

**EXPRESIÓN MORFOLÓGICA DE LAS ESTRUCTURAS MUSCULARES Y
BIOMETRÍA DE LOS PUNTOS MOTORES DEL COMPARTIMENTO
POSTERIOR DEL MIEMBRO SUPERIOR**

EDGAR ADRIÁN TORRES SEPÚLVEDA

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE SALUD
ESCUELA DE MEDICINA
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS BÁSICAS BIOMÉDICAS
MAESTRIA EN CIENCIAS BÁSICAS BIOMÉDICAS
BUCARAMANGA**

2015

**EXPRESIÓN MORFOLÓGICA DE LAS ESTRUCTURAS MUSCULARES Y
BIOMETRÍA DE LOS PUNTOS MOTORES DEL COMPARTIMENTO
POSTERIOR DEL MIEMBRO SUPERIOR**

EDGAR ADRIÁN TORRES SEPÚLVEDA

**Trabajo de investigación para optar por el título de:
MAGISTER EN CIENCIAS BÁSICAS BIOMÉDICAS**

Director

LUIS ERNESTO BALLESTEROS ACUÑA

MD. MSc. Morfología Humana.

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE SALUD
ESCUELA DE MEDICINA
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS BÁSICAS BIOMÉDICAS
MAESTRIA EN CIENCIAS BÁSICAS BIOMÉDICAS
BUCARAMANGA**

2015

DEDICATORIA

A Javier, de quien siempre nos quedará su alegría desbordada, el amor sin límites por su madre y todas las vidas que cambió con su partida.

AGRADECIMIENTOS

A mi orientador, el doctor Luis Ernesto Ballesteros Acuña, por todo lo aprendido y por su comprensión y colaboración durante el desarrollo de este trabajo.

A Martha, Natalia, Felipe, Óscar y Gerardo, por su colaboración en la recolección de la información y arreglo de muestras.

A los profesores Pedro Luis Forero y Vladimir Saldarriaga, por su contribución en la ubicación e intervención de los especímenes de estudio.

CONTENIDO

	Pág
1. INTRODUCCIÓN.....	18
2. OBJETIVOS.....	21
2.1. OBJETIVO GENERAL.....	21
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	21
3. MARCO TEÓRICO.....	22
3.1. ASPECTOS MORFOFUNCIONALES Y DESCRIPCIÓN USUAL DE LOS COMPONENTES TENDINOSOS DEL COMPARTIMENTO POSTERIOR DEL MIEMBRO SUPERIOR.....	22
3.2. VARIABILIDAD TENDINOSA DEL COMPARTIMENTO POSTERIOR DEL MIEMBRO SUPERIOR.....	27
3.3. ASPECTOS MORFOFUNCIONALES, DESCRIPCIÓN USUAL Y VARIABILIDAD MORFOLÓGICA DE LOS COMPONENTES NERVIOSOS DEL COMPARTIMENTO POSTERIOR DEL MIEMBRO SUPERIOR.....	32
4. DISEÑO METODOLÓGICO.....	37
4.1. POBLACIÓN ACCESIBLE.....	37
4.2. MUESTRA.....	37
4.3. CRITERIOS DE INCLUSIÓN.....	37
4.4. CRITERIOS DE EXCLUSIÓN.....	38
4.5. PROCEDIMIENTO.....	38
4.6. RECOLECCIÓN DE DATOS Y PLAN DE ANÁLISIS.....	39
5. CONSIDERACIONES ÉTICAS.....	42
6. RESULTADOS.....	43
6.1. MEDICIONES ANTROPOMÉTRICAS.....	43
6.2. MORFOMETRÍA TENDOMUSCULAR Y BIOMETRÍA DE LOS PUNTOS MOTORES POR SEGMENTO Y MÚSCULO ESTUDIADO.....	44
6.2.1. Compartimento posterior del brazo.....	44

6.2.1.1. Tríceps Braquial.....	44
6.2.2. Compartimento posterior del antebrazo.....	48
6.2.2.1. Braquiradial.....	48
6.2.2.2. Extensor radial largo del carpo y extensor radial corto del carpo.....	50
6.2.2.3. Extensor ulnar del carpo.....	52
6.2.2.4. Abductor largo del pulgar.....	53
6.2.2.5. Extensor corto del pulgar.....	56
6.2.2.6. Extensor largo del pulgar.....	59
6.2.2.7. Extensor del segundo dedo.....	59
6.2.2.8. Extensor del dedo mínimo.....	61
6.2.2.9. Extensor de los dedos.....	61
6.3. CORRELACIÓN ENTRE LAS MEDIDAS ANTROPOMÉTRICAS, MORFOMETRÍA Y PUNTOS MOTORES.....	63
7. DISCUSION.....	66
8. CONCLUSIONES.....	81
BIBLIOGRAFÍA.....	82
REFERENCIAS BIBIOGRAFICAS.....	83
ANEXO.....	90

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
<p>Figura 1. Presencia de septo tendinoso separando los tendones del extensor corto del pulgar y abductor largo del pulgar La flecha superior señala el abductor largo del pulgar y la inferior el extensor corto del pulgar. Adaptado de: Gonzalez MH, Sohlberg R, Brown A, Weinzweig N. The first dorsal extensor compartment: An anatomic study. J Hand Surg Am. 1995;20(4):657–60.....</p>	29
<p>Figura 2: Bifurcación del tendón del extensor radial largo del carpo: (A1-A2) tendones del extensor radial corto del carpo; (B) tendón del extensor radial corto del carpo; (C) inserción común de los tendones del extensor radial largo del carpo; (D) inserción del tendón del extensor radial corto del carpo; (E) base del primer metacarpiano. Tomado de: Ferreira Caetano M, Manna Albertoni W, Benedito Caetano E, Montaña Pérez R. Estudio Anatómico De Las Inserciones De Los Músculos Extensores Radiales Largo Y Corto Del Carpo. Int J Morphol. 2004;22(4):245–51.....</p>	31
<p>Figura 3: Hendidura de separación de los tendones del extensor radial largo del carpo: (A1-A2) tendones del extensor radial largo del carpo; (B) tendón del extensor radial largo del carpo; (C) inserción común de los tendones del extensor radial largo del carpo; (D) inserción del tendón del extensor radial corto del carpo. Tomado de: Ferreira Caetano M, Manna Albertoni W, Benedito Caetano E, Montaña Pérez R. Estudio Anatómico De Las Inserciones De Los Músculos Extensores Radiales Largo Y Corto Del Carpo. Int J Morphol. 2004;22(4):245–51.....</p>	32
<p>Figura 4. Posición de medición de las estructuras tendomusculares del brazo derecho. CL: cabeza lateral. CM: cabeza medial. CLat: cabeza larteral. PMt: porción miotendinosa distal. (*) tronco principal del NR.....</p>	39
<p>Figura 5. Tríceps braquial izquierdo, disección en cadáver embalsamado. El ramo motor ingresa a la cabeza lateral por el aspecto medial de la misma. A: cabeza larga del tríceps braquial. B: porción miotendinosa proximal. Flecha continua: ramo motor para la cabeza larga. (*) puntos motores para la cabeza larga.....</p>	45
<p>Figura 6. Tríceps braquial izquierdo, disección en cadáver fresco. MD: músculo deltoides. PMt: porción miotendinosa proximal. CL: cabeza larga. Flecha: ramo motor del nervio radial. (*) puntos motores.....</p>	46
<p>Figura 7. Miembro superior derecho, disección profunda en cadáver fresco. Distribución de los ramos motores del radial para las tres cabezas del tríceps</p>	

braquial. CL: cabeza larga. CM: cabeza medial. CLat: cabeza lateral. Una flecha continua: ramo motor para la cabeza larga. Dos flechas continuas: ramo motor para la cabeza medial. Flecha discontinua: ramo motor para la cabeza lateral.....47

Figura 8. Miembro superior izquierdo, disección profunda en cadáver fresco. Debido al ángulo de registro no se observan el ramo ni los PM de la cabeza larga. CL: cabeza larga. CM: cabeza medial. (*) puntos motores para la cabeza lateral. (x) puntos motores para la cabeza medial.....47

Figura 9. Antebrazo izquierdo, disección superficial y profunda. MBr: braquiradial. ERLC: extensor radial largo del carpo. ERCC: extensor radial corto del carpo. (*) uniones miotendinosas.....49

Figura 10. Vista anterolateral al nivel de la muñeca izquierda; disección en cadáver formolado. (A) abductor largo del pulgar. (B) bandeleta tendinosa adicional del abductor largo del pulgar. (C): tendones del flexor superficial de los dedos. (D): túnel fibroso del primer compartimento extensor (cortado).....53

Figura 11. Disección profunda del antebrazo y muñeca izquierda en cadáver fresco, vista lateral con antebrazo en pronación. Los tendones del abductor largo del pulgar fueron liberados de su cápsula fibrosa junto con el extensor corto del pulgar. (A) abductor corto del pulgar. (B) porción muscular del abductor largo del pulgar. (C) tendón inserto en la base del primer metacarpiano. (D) tendón insertándose en el vientre muscular del abductor corto del pulgar.....54

Figura 12. Plano profundo de la muñeca y el antebrazo derecho, en cadáver formolado. Vista lateral con antebrazo en supinación. (*) cuatro fascículos tendinosos del abductor largo del pulgar. (A) extensor corto del pulgar. (B) tendones del flexor superficial de los dedos y flexor largo del pulgar.....54

Figura 13. Gráfico de barras para el número de tendones del abductor largo del pulgar.....55

Figura 14. Segmento distal de antebrazo y muñeca izquierda, vista lateral. (A) articulación metacarpofalángica del pulgar. (B) tendón del extensor corto del pulgar. (C) tendones del extensor largo del pulgar. (D) tendones del abductor largo del pulgar.....57

Figura 15. Superficie postero lateral del tercio distal del antebrazo izquierdo. (A) tendones del abductor largo del pulgar. (B) tendones del extensor corto del pulgar. (C) tendón del extensor largo del pulgar. (*) vientre muscular típico del extensor corto del pulgar. (**) variación del vientre muscular del extensor corto del pulgar originándose en el vientre muscular del abductor largo del pulgar.....58

Figura 16. Plano profundo del compartimento posterior del antebrazo izquierdo. (MS) músculo supinador. (ESD) extensor del segundo dedo. Una flecha continua: NIP. Dos flechas continuas: ramo motor para el plano profundo del antebrazo. Una flecha discontinua: ramo motor profundo hacia el abductor largo del pulgar y el extensor del segundo dedo.....60

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1: Músculos del compartimento posterior del antebrazo. Se relacionan: origen (inserción proximal), inserción (inserción distal), inervación y funciones. En la casilla de inervación se describen los segmentos medulares de los que proviene la información motora. Adaptado de: Moore KL, Dalley AF, Agur AMR. Anatomía con orientación clínica. 6a ed. Barcelona: Wolters Kluwer Health España SA; 2011.....	23
Tabla 2. Comparación entre la distribución más prevalente del orden de ramificación del NIP, en los estudios de Elgafy y Missankov. Adaptado de: Missankov AA, Sehgal AK, Mennen U. Variations of the posterior interosseous nerve. J Hand Surg Br. 2000;25(3):281–2; Elgafy H, Ebraheim NA., Yeasting RA. The anatomy of the posterior interosseous nerve as a graft. J Hand Surg Am. 2000;25(5):930–5.....	34
Tabla 3. Estadísticos descriptivos para longitud de brazo y de antebrazo. Las mediciones son expresadas en milímetros.....	43
Tabla 4. Estadísticos descriptivos para las variables morfométricas del tríceps braquial. Los valores se expresan en milímetros.....	44
Tabla 5. Estadísticos descriptivos para las variables del músculo braquiradial. Los datos se expresan en milímetros.....	48
Tabla 6. Estadísticos descriptivos para las variables del extensor radial largo del carpo. Las medidas se expresan en milímetros.....	50
Tabla 7. Estadísticos descriptivos para las variables estudiadas en el ECP. Las medidas se presentan en milímetros.....	57
Tabla 8. Estadísticos descriptivos para las longitudes tendinosas y miotendinosas de los fascículos del extensor de los dedos, desde el segundo al quinto dedo. Las medidas se expresan en milímetros.....	62
Tabla 9. Correlación de Spearman para variables morfométricas, antropométricas y puntos motores.....	64
Tabla 10. Área de dispersión y número de puntos motores en el compartimento posterior del antebrazo. Las medidas de área de dispersión se presentan en milímetros y la de puntos motores en número de puntos motores. Adaptado de: Abrams R a, Ziets RJ, Lieber RL, Botte MJ. Anatomy of the radial nerve motor branches in the forearm. J Hand Surg Am. 1997;22(2):232–7.....	76

Tabla 11. Área de dispersión (en milímetros de distancia desde el origen muscular) y patrón de número de puntos motores (en número de puntos motores) para los músculos estudiados. El patrón de número de puntos motores corresponde al valor (o los valores) más prevalentes en la muestra estudiada.....77

LISTA DE ANEXOS

	Pág
Anexo A. Formato de recolección de datos.....	84

RESUMEN

Título: EXPRESIÓN MORFOLÓGICA DE LAS ESTRUCTURAS MUSCULARES Y BIOMETRÍA DE LOS PUNTOS MOTORES DEL COMPARTIMENTO POSTERIOR DEL MIEMBRO SUPERIOR*

Autor: EDGAR ADRIÁN TORRES SEPÚLVEDA**

Palabras clave: puntos motores, morfometría, estudio anatómico, miembro superior, nervio radial.

Descripción: el estudio morfológico y biométrico de las estructuras musculares y nerviosas del compartimento posterior del brazo y antebrazo ha cobrado relevancia en las últimas décadas en razón a la necesidad de su ubicación precisa, requerida en diferentes procedimientos quirúrgicos y terapéuticos. El conocimiento científico construido en Morfología Humana se ha basado en la descripción de un número limitado de especímenes cadavéricos, por lo que muchas de las características que se consideraban históricamente como ya determinadas, son debatidas cada vez con más frecuencia.

Las estructuras nerviosas y tendomusculares del compartimento posterior del miembro superior son reconocidas por su amplia variabilidad, reflejada en los reportes de variaciones anatómicas realizados en diversos grupos poblacionales. Estas variaciones no han sido estudiadas de forma sistemática y generalmente los hallazgos son reportados en muestras poco representativas.

Con el fin de evaluar la variabilidad morfológica y biométrica de los componentes tendomuscular y de puntos motores del compartimento posterior del miembro superior, se realizó un estudio descriptivo en especímenes cadavéricos frescos no reclamados, en el Instituto de Medicina Legal y Ciencias Forenses. La propuesta determinó los diversos patrones de variación morfológica en la zona estudiada, para contrastar la información con la disponible en la literatura y proveer un marco de referencia propio para la población mestiza colombiana.

Los hallazgos obtenidos permitirán enriquecer la información requerida para los procedimientos quirúrgicos de reconstrucción nerviosa, tendinosa y muscular, en la evaluación de la función nerviosa con el uso de electrodiagnóstico, así como en el uso de herramientas terapéuticas como la infiltración de fenol y toxina botulínica en el tratamiento de la espasticidad en niños con parálisis cerebral y la terapia de estimulación eléctrica neuromuscular en rehabilitación.

* Proyecto de Grado: Expresión morfológica de las estructuras musculares y biometría de los puntos motores del compartimento posterior del miembro superior

** Facultad de Salud. Escuela de Medicina. Maestría en Ciencias Básicas Biomédicas. Director: MD, MSc. Luis Ernesto Ballesteros Acuña.

ABSTRACT

Title: MORPHOLOGICAL EXPRESSION OF THE MUSCULAR STRUCTURES AND BIOMETRICS OF THE MOTOR POINTS OF THE POSTERIOR COMPARTMENT OF THE UPPER LIMB*.

Author: EDGAR ADRIÁN TORRES SEPÚLVEDA**

Keywords: motor points, morphometrics, anatomical study, upper limb, radial nerve.

Descripción: the morphological and biometrical study of the muscular and peripheral nervous structures of the posterior compartment of the arm and forearm have been taking relevance in the last decades, due to the need of precise location of these structures, required in different surgical and therapeutical procedures. The scientific knowledge in human morphology has been based on the description of a limited number of cadavera, which is why many of the characteristics that were historically considered already determined, are now debate issue.

The nervous and muscle-tendinous structures of the posterior compartmento of the upper limb are known for its wide variability, which is reflected on the anatomical variations reports carried on in different population groups. These variations have not been studied in a systematic way and, generally, the findings are reported in non-representative samples.

We conducted a descriptive study in non-reclaimed cadaveric specimens of the National Institute of Legal Medicine and Forensic Sciences, assessing the morphological variability and biometrics of the muscle-tendinous components and the motor points of the posterior compartment of the upper limb. The research consisted on the determination of the morphological variation patterns in the study zone, seeking the comparison with that available in the literature and provide a reference document of on the mixed-race colombian population.

The findings will allow us to enrich the information required for the surgical procedures of nerve, tendon and muscle reconstruction, in the assesment of the nerve function with the use of electrodiagnosis, as well as in the use of therapeutic tools such as the phenol and botillium toxin administration in the management of the spasticity in cerebral palsy patients, and neuromuscular electrical stimulation therapy in rehabilitation.

* Post-graduate research work: morphological expression of the muscular structures and biometrics of the motor points of the posterior compartment of the upper limb.

** Health Sciences Faculty. School of Medicine. Basic Biomedical Sciences MSc program. Director: MD, MSc. Luis Ernesto Ballesteros Acuña.

1. INTRODUCCIÓN

¿Existe diferencia entre la expresión morfológica de los músculos del compartimento posterior del miembro superior y la biometría de sus puntos motores reportados en la literatura científica, y los hallazgos de éstas estructuras en una muestra poblacional mestiza colombiana?

Son múltiples los aspectos de la Morfología Humana que se desconocen en la actualidad. Llama la atención, especialmente, la poca información disponible en la literatura con respecto a la descripción morfométrica de los componentes motores, ramos y puntos motores (PM) de los nervios periféricos. Sunderland, un autor clásico presenta detalladamente las distribuciones de ramos motores de los nervios periféricos de miembros superiores e inferiores, pero la descripción de los ramos no tiene en cuenta algunas características que pueden influir en la distribución biométrica de estos nervios, como las variables morfométricas presentadas por otros autores. Desde este punto de vista cabe resaltar que la información obtenida por Sunderland no tiene en cuenta la variabilidad entre razas, por lo cual su aplicabilidad a nuestra población debe aún ser demostrada(1).

Para los investigadores en ciencias básicas, el principal argumento a favor de los estudios de descripción morfométrica diferencial y detallada, es la construcción de conocimiento con respecto a la estructura del cuerpo humano. De allí se derivan múltiples aportes que desde las ciencias morfológicas se realizan al área clínica de diferentes profesiones(2).

Morfológicamente, el punto motor corresponde al punto en el que el ramo motor de un nervio ingresa al vientre muscular(3). Esta definición difiere de la aplicada a la electroterapia en rehabilitación, expuesta por Gobbo et al(3), en que ésta última hace referencia a la zona de la piel en la cual se puede lograr contracción

muscular con una mínima estimulación eléctrica. Al ingresar al músculo, el ramo motor se distribuye de forma amplia – recorrido intrafascicular – estableciendo conexiones con las fibras musculares, formando así la unidad motora y la placa neuromuscular, unidad funcional que permite la transmisión del impulso sináptico desde el nervio hacia el tejido contráctil objetivo(4). La ubicación de los ramos y PM representan entonces un referente anatomofuncional importante para el uso de herramientas diagnósticas o de intervención en Fisioterapia y Medicina.

Es posible concluir que ambos conceptos de PM se correspondan, es decir, el punto anatómico de ingreso del ramo motor al músculo debe ser también el punto en el que se localice el punto motor fisiológico; esto se controvierte con la presencia de más de un PM anatómico(1–3), mientras que fisiológicamente se acepta solo uno. El presente estudio contempla la definición de PM anatómico, dado su carácter descriptivo y énfasis morfológico.

Los estudios de electromiografía – EMG, neuroconducción y electrodiagnóstico requieren de la ubicación del PM, con el fin de establecer patrones de activación de unidades motoras y definir niveles de compromiso de la función motora. Para tal fin se utilizan cartas de localización de PM, conocidas por su falta de precisión y por haber sido elaborados utilizando como referentes estudios con muestra limitada(5).

El apoyo en técnicas de intervención, quirúrgica y no quirúrgica, ha sido tal vez uno de los principales motores para los estudios publicados en el tema. Procedimientos como la infiltración con fenol o toxina botulínica para el manejo de la espasticidad muscular en pacientes con parálisis cerebral, requieren de la ubicación del PM para su aplicación(6–8); existe evidencia que respalda la necesidad de estandarizar el procedimiento de aplicación de ambas sustancias, dentro de lo que se incluye la ubicación del punto motor(9).

Quirúrgicamente, el conocimiento de la distribución y características morfométricas de los nervios periféricos, así como los músculos con los que se relacionan, proveen las bases estructurales de múltiples procedimientos, como los reemplazos tendinosos y nerviosos, que utilizan músculos supernumerarios de conocida variación o la denervación parcial de un grupo muscular para la recuperación funcional, parcial también, de un grupo muscular denervado(10,11). La aplicación de técnicas de intervención en Fisioterapia, como la estimulación eléctrica neuromuscular, también requiere de la localización de PM, dada la variabilidad en la respuesta muscular relacionada con la distancia entre el sitio de estimulación y el PM(3,12).

Por otro lado, se debe considerar un aspecto adicional: las lesiones de origen iatrogénico en procedimientos quirúrgicos. Zang et al(13) realizaron una revisión sistemática de las lesiones iatrogénicas de nervio periférico a causa de procedimientos quirúrgicos. Los autores concluyen que, si bien existe un número de lesiones iatrogénicas que no son evitables debido a la particularidad de cada caso, la gran mayoría de los casos son prevenibles con base en el profundo conocimiento de la anatomía quirúrgica de la zona, así como del estudio de los procedimientos que pueden comprometer la integridad de los nervios periféricos(14).

Los estudios en especímenes cadavéricos han aportado la mayor parte del conocimiento validado en la Morfología Humana, debido a la posibilidad de descripción y registro directo de las estructuras en seres humanos; sin embargo, estos estudios se ven limitados por diversos aspectos metodológicos. Dadas las razones expuestas, el estudio presentado propone describir la expresión morfológica los componentes neuromusculares y puntos motores del compartimento posterior del miembro superior, en una muestra poblacional mestiza colombiana.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GENERAL:

Evaluar la expresión morfológica y biométrica tendomuscular y de los puntos motores del compartimento posterior del miembro superior en una muestra de especímenes cadavéricos frescos de un grupo poblacional mestizo colombiano.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Evaluar la expresión morfológica de las estructuras tendomusculares que constituyen el compartimento posterior del miembro superior
- Determinar la biometría de los puntos motores del compartimento posterior del miembro superior y su ubicación con respecto a puntos de referencia anatómicos.
- Evaluar la relación entre las medidas antropométricas y la distribución espacial de los puntos motores del compartimento posterior del miembro superior.

3. MARCO TEÓRICO

3.1. ASPECTOS MORFOFUNCIONALES Y DESCRIPCIÓN USUAL DE LOS COMPONENTES TENDOMUSCULARES DEL COMPARTIMENTO POSTERIOR DEL MIEMBRO SUPERIOR.

El compartimento posterior del miembro superior aloja los músculos encargados, principalmente, de la extensión de sus componentes intermedio y distal, agrupados a nivel del brazo y el antebrazo respectivamente(15). Macroscópicamente, el compartimento posterior del brazo está compuesto en su totalidad por el tríceps braquial, una prominente masa muscular formada por tres vientres denominados cabezas: lateral, larga y medial. La cabeza larga se origina a nivel del tubérculo infraglenoideo de la escápula, desde donde describe una porción miotendinosa proximal, emergiendo entre los músculos redondo mayor y menor; en su trayectoria se relaciona, proximalmente, con el paquete neurovascular circunflejo humeral posterior, ubicado entre ésta cabeza y la cabeza lateral del mismo músculo. Las cabezas lateral y medial se originan en la superficie posterior de la diáfisis humeral, en un nivel superior e inferior al surco del nervio radial (NR), respectivamente(16).

Los tres vientres musculares confluyen entre los tercios medio y proximal del brazo en el potente tendón del tríceps braquial, que se inserta en la porción más proximal del olecranon de la ulna y en la fascia del antebrazo, conformando así el más importante extensor de la articulación del codo(16). La inserción del tendón conjunto es acompañada por la presencia de una bolsa subtendinosa, que previene la fricción sobre la superficie posterior de la epífisis distal del húmero. Complementariamente, el ancóneo, un vientre muscular pequeño de forma triangular, ubicado en la cara posterior del epicóndilo lateral del húmero, hace las veces de extensor accesorio del codo(16).

El proceso de extensión del codo se explica por la acción sinergista de ambos músculos, con la evidente mayor contribución del tríceps braquial. En todas las posiciones del codo, con o sin la resistencia al movimiento, se encuentra activa la cabeza medial del tríceps braquial. Sin embargo, es su cabeza lateral la que imprime mayor potencia al movimiento de extensión del codo en contra de resistencia. Por su parte, la cabeza larga, además de participar en el movimiento en conjunto con los otros dos vientres, se involucra débilmente en los movimientos de extensión y aducción del hombro; además, evita el desplazamiento inferior de la cabeza humeral(16,17).

Dada la complejidad y diversidad de los movimientos del componente distal del miembro superior, se observan una mayor cantidad de músculos a nivel del antebrazo, comparativamente con el brazo. En este nivel se ubican músculos encargados de los movimientos de extensión de muñeca y dedos, así como de la supinación del antebrazo. Los músculos a este nivel se caracterizan, desde el punto de vista macroscópico, por poseer prolongaciones tendinosas, por medio de las cuales alcanzan sus puntos de inserción para ejercer su función específica. Las principales características macroscópicas y funcionales de los músculos de este compartimento se resumen en la tabla 1(15,16).

Tabla 1: Músculos del compartimento posterior del antebrazo. Se relacionan: origen (inserción proximal), inserción (inserción distal), inervación y funciones. En la casilla de inervación se describen los segmentos medulares de los que proviene la información motora.

Músculo	Origen (Inserción proximal)	Inserción (Inserción distal)	Inervación	Acción
Braquioradial	Dos tercios proximales de la cresta supracondílea lateral del húmero	Cara lateral del extremo distal del radio proximal al proceso estiloides	NR (C5, C6, C7)	Flexión relativamente débil del antebrazo; máxima cuando el antebrazo está en posición semipronada

Extensor radial largo del carpo	Cresta supracondílea lateral del húmero	Cara dorsal de la base del segundo metacarpiano	NR (C6, C7)	Extienden y abducen la mano en el carpo; el extensor radial largo del carpo es activo durante el cierre del puño.
Extensor radial corto del carpo	Epicóndilo lateral del húmero (origen común de los extensores)	Cara dorsal de la base del tercer metacarpiano	Ramo profundo del NR (C7, C8)	Extiende los cuatro dedos mediales, inicialmente en las articulaciones metacarpofalángicas; secundariamente en las interfalángicas.
Extensor de los dedos		Expansiones extensoras de los cuatro dedos mediales		
Extensor del dedo mínimo		Expansión extensora del dedo mínimo		Extiende el dedo mínimo, inicialmente en la articulación metacarpofalángica secundariamente en la interfalángica
Extensor ulnar del carpo	Epicóndilo lateral del húmero; borde posterior de la ulna por medio de una aponeurosis compartida	Cara dorsal de la base del quinto metacarpiano		Extiende y aduce la mano en el carpo (también activo durante el cierre del puño)
Supinador	Epicóndilo lateral del húmero; ligamentos colateral radial y	Caras lateral, posterior y anterior del tercio proximal del radio		Supina el antebrazo; rota el radio para girar la palma anteriormente o superiormente (si el

	anular; fosa del supinador; cresta de la ulna			codo está flexionado)
Extensor del segundo dedo	Cara posterior del tercio distal de la ulna y membrana interósea	Expansión extensora del segundo dedo	NIP (C7, C8) continuación del ramo profundo del NR	Extiende el segundo dedo (facilitando su extensión independiente); ayuda a extender la mano a nivel del carpo
Abductor largo del pulgar	Cara posterior de las mitades proximales de la ulna, radio y membrana interósea	Base del primer metacarpiano		Abduce el pulgar y lo extiende en la articulación carpometacarpiana
Extensor largo del pulgar	Cara posterior del tercio medio de la ulna y membrana interósea	Cara dorsal de la base de la falange distal del pulgar	NIP (C7, C8), continuación del ramo profundo del NR	Extiende la falange distal del pulgar en la articulación interfalángica; extiende las articulaciones metacarpofalángic-a y carpometacarpiana.
Extensor corto del pulgar	Cara posterior del tercio distal del radio y membrana interósea	Cara dorsal de la base de la falange proximal del pulgar		Extiende la falange proximal del pulgar en la articulación metacarpofalángic-a; extiende la articulación carpometacarpiana

Adaptado de: Moore KL, Dalley AF, Agur AMR. Anatomía con orientación clínica. 6a ed. Barcelona: Wolters Kluwer Health España SA; 2011.

El componente distal del miembro superior, conformado por la mano y los dedos, está dotado de numerosos músculos intrínsecos y extrínsecos que le proveen la facultad de llevar a cabo movimientos de gran amplitud, complejidad y alcance funcional. Inicialmente, la articulación radiocarpiana (de la muñeca), une el antebrazo con la mano en una unión articular sinovial de tipo elipsoidea. Esto le permite ejecutar movimientos de flexo-extensión y abducción-aducción; de igual forma, permite una circunducción no completa y una serie de movimientos combinados. De esta forma, la extensión de la muñeca simultánea con abducción (desviación radial) representa el movimiento de extensión radial. El mismo concepto aplica para la extensión con aducción (desviación ulnar) en cuyo caso representa la extensión ulnar. En cada caso, el principal agonista resulta el músculo homónimo al movimiento realizado: extensor ulnar del carpo, para la extensión ulnar de la muñeca, por ejemplo(15,16,18).

El movimiento de los dedos resulta más complejo y es el producto de la activación sinérgica de los músculos del primer compartimento extensor (extensor largo, extensor corto y abductor largo) para el caso del pulgar, y del extensor de los dedos (ED) y extensor del dedo mínimo (EM) para los cuatro restantes. Todos ellos se insertan en las expansiones extensoras correspondientes a cada dedo, ejerciendo su acción extensora primariamente sobre la articulación metacarpofalángica y secundariamente sobre las interfalángicas.

Los largos tendones de los músculos que mueven los dedos están desprovistos de las largas correderas tendinosas presentes en el componente flexor; es probable que esto se deba al mayor desarrollo de fuerza durante la flexión potente de los dedos durante el agarre, comparativamente con la tensión desarrollada extensión de los dedos cotidianamente. Debido a esto, existen mecanismos de estabilidad tendinosa adicionales a la presencia del retináculo extensor, ubicado en el tercio distal del antebrazo al paso de los tendones por la articulación de la muñeca(19).

La superficie dorsal de la muñeca y la mano, entonces, aloja algunas vainas fibrosas estratégicamente ubicadas, que ejercen su función como poleas, adicional a su función protectora. La de los músculos extensor corto y abductor largo del pulgar es tal vez la más importante funcionalmente y en la comprensión de procesos fisiopatológicos por trauma repetitivo, como la enfermedad de De Quervain(20). La inervación de estos componentes musculares es dada por el NR y sus diversas ramificaciones, según ha sido descrito por textos clásicos en Morfología Humana(15–18). El NR es el más grande de los ramos terminales del plexo braquial, formándose junto con el nervio axilar (NA) desde el fascículo posterior del plexo, conteniendo raíces nerviosas provenientes de los segmentos medulares cervicales quinto al octavo y el primer torácico (C5-C8, T1).

En su punto de formación se ubica posterior a la arteria axilar y anterior a los músculos subescapular, redondo mayor y latísimo del dorso, para luego abandonar la axila en sentido posterior con respecto al húmero, discurriendo entre las cabezas larga y medial del tríceps braquial, para entrar al surco para el NR, en la superficie posterior de la diáfisis humeral(16).

3.2. VARIABILIDAD TENDOMUSCULAR DEL COMPARTIMENTO POSTERIOR DEL MIEMBRO SUPERIOR.

Las referencias disponibles en la literatura que contradicen o complementan los textos clásicos de anatomía son cada vez más. Diversos autores reportan múltiples variaciones anatómicas en la conformación del compartimento posterior del miembro superior. Las variaciones reportadas incluyen todo tipo de estructuras anatómicas: nerviosas, musculares, tendinosas, fasciales y óseas y varios de éstos señalan diferencias importantes con la descripción usual(2,21–27).

En el brazo, existe documentación producto de hallazgos incidentales y en estudios descriptivos que soportan la existencia de una cuarta cabeza del tríceps

braquial con una baja prevalencia: 4% en el estudio de Sawant(28). Nayak et al(29) recopilan una serie de variantes anatómicas de la configuración inicial, descritas en estudios clásicos (Wood, 1867, 1868; Blumenthal, 1871; Macalister, 1875; Anson, 1966; Williams et al., 1989) y material recopilatorio más reciente (Bergman et al., 2005); todos estos autores se basan en la descripción básica de la presencia de bandas tendinosas comunicantes entre la cabeza larga del tríceps braquial y otros componentes osteomusculares y articulares, como el proceso coracoideo de la escápula, el músculo latísimo del dorso o la cápsula articular del complejo del hombro, por mencionar algunos.

En línea con lo anteriormente mencionado, los reportes de caso sobre variaciones anatómicas para el tríceps braquial no son numerosos. Cheema (2011), Fabrizio y Clemente (1997) y Tubbs (2006) describen la presencia de una cuarta cabeza del músculo tríceps braquial, por medio de reportes de caso individuales. La existencia de este componente muscular supernumerario puede favorecer el desarrollo de síndromes compresivos, dada la ubicación del vientre muscular en la cercanía del trayecto del NR en el brazo(30–32).

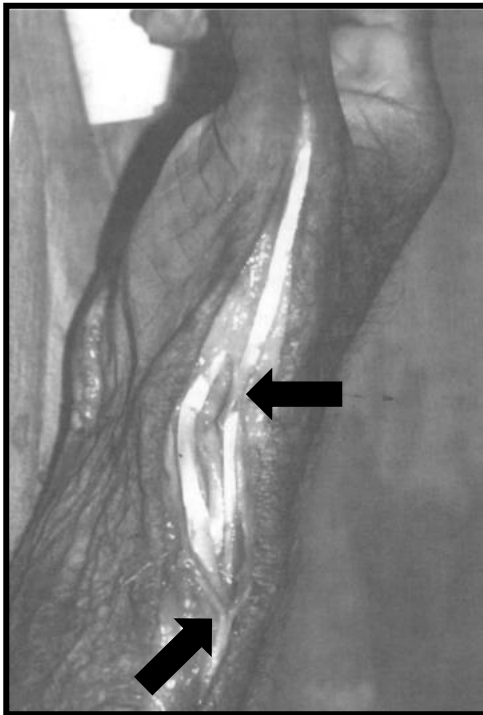
Como es de esperar, dado el mayor número de músculos en el compartimento posterior del antebrazo, existe mayor posibilidad de variabilidad tendomuscular. Del compartimento, destaca la amplia variabilidad tendinosa presente en el primer compartimento extensor, compuesto por los músculos extensor largo del pulgar – ELP, extensor corto del pulgar – ECP y abductor largo del pulgar – ALP(24,33).

Con referencia a este grupo muscular, Jackson et al(24) evaluaron la variabilidad morfológica de sus estructuras tendomusculares, con el fin de contrastar sus resultados con lo descrito en la literatura disponible. Interesantemente, sólo el 25% de las muestras y pacientes estudiados siguen la distribución típica descrita en muchos libros de texto: un tendón para cada músculo. La cantidad de tendones del ALP varió entre, uno y cinco siendo dos tendones del ALP acompañando un

tendón del EPBD la distribución más prevalente (57%). Al comparar y categorizar por patrones de distribución, los autores encontraron diferentes tipos de distribución, dentro de los cuales destaca la prevalencia de distribución de dos tendones del ALP acompañados de un tendón del ECP

Gonzalez et al realizaron un estudio similar, con el fin de evaluar la variabilidad morfológica del primer compartimento extensor, específicamente ECP y ALP. Los tendones estudiados, en su recorrido hacia el pulgar, cabalgan los tendones y uniones miotendinosas de los músculos extensor radial largo del carpo (ERLC) y extensor radial corto del carpo (ERCC) para ingresar posteriormente en un túnel fibroso ubicado en la superficie lateral de la epífisis distal del radio (figura 1). Esta estructura midió en promedio 2 cms (rango de 1,1 a 3,0 cms), ubicándose su extremo distal aproximadamente a 2 mm del proceso estiloides del radio(33).

Figura 1. Presencia de septo tendinoso separando los tendones del extensor corto del pulgar y abductor largo del pulgar La flecha superior señala el abductor largo del pulgar y la inferior el extensor corto del pulgar.



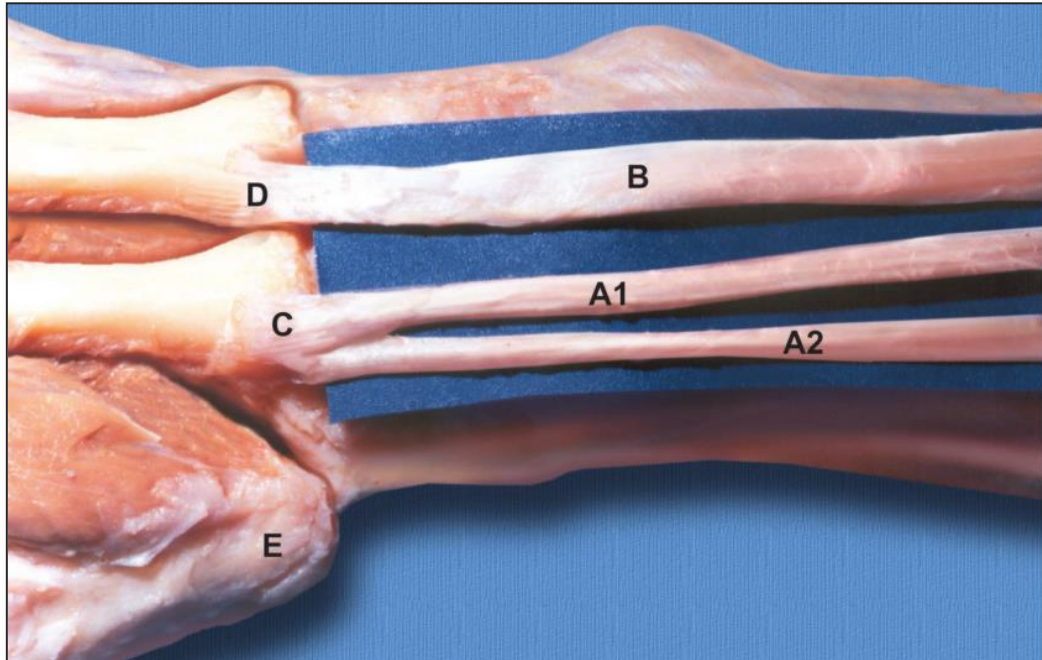
Adaptado de: Gonzalez MH, Sohlberg R, Brown A, Weinzweig N. The first dorsal extensor compartment: An anatomic study. J Hand Surg Am. 1995;20(4):657-60.

Debido a la cantidad de tendones que deben pasar a través de la superficie lateral de la epífisis radial, algunos autores han propuesto una posible relación entre el desarrollo de la tenosinovitis estenosante de De Quervain con el número de tendones del ALP y un factor adicional, la presencia de un septo fibroso en la corredera propia del conjunto ALP-EPBD(20).

La prevalencia del septo tendinoso mencionado previamente ha sido pobremente estudiada. Los estudios de Jackson et al y Gonzalez et al son los referentes más importantes y a la vez antiguos con los que se cuenta actualmente. El primero de ellos encontró una prevalencia de 40% de miembros superiores estudiados(24). Gonzalez, por su parte, reporta una prevalencia global de 47% de los miembros disecados, incluyendo en la clasificación sólo los septos que ocuparan por lo menos el 50% del total del canal fibroso del compartimento extensor. Ambos estudios fueron realizados en población norteamericana. Más recientemente, Nayak et al reportaron una prevalencia del 34,6% en una muestra poblacional de cadáveres del sur de la India(34). En concordancia con otros estudios, López et al encontraron una mayor prevalencia de presencia de dos tendones del ALP (53%), seguido por tres tendones (31.3%) y un tendón (93,8%), con predominancia de un solo tendón en ECP(20).

La variabilidad del compartimento posterior del antebrazo también atañe a la distribución y número de tendones presentes en cada músculo. En ese sentido el estudio de Ferreira et al(35) estudió la presencia de variaciones anatómicas en la inserción y configuración de los músculos ERLC y ERCC, encontrando variaciones en la configuración de sus tendones. De los miembros superiores disecados, el 5% presentó bifurcación total del tendón del ERLC de inserción común en la superficie dorsal, cara radial, de la base del segundo metacarpiano (Figura 2).

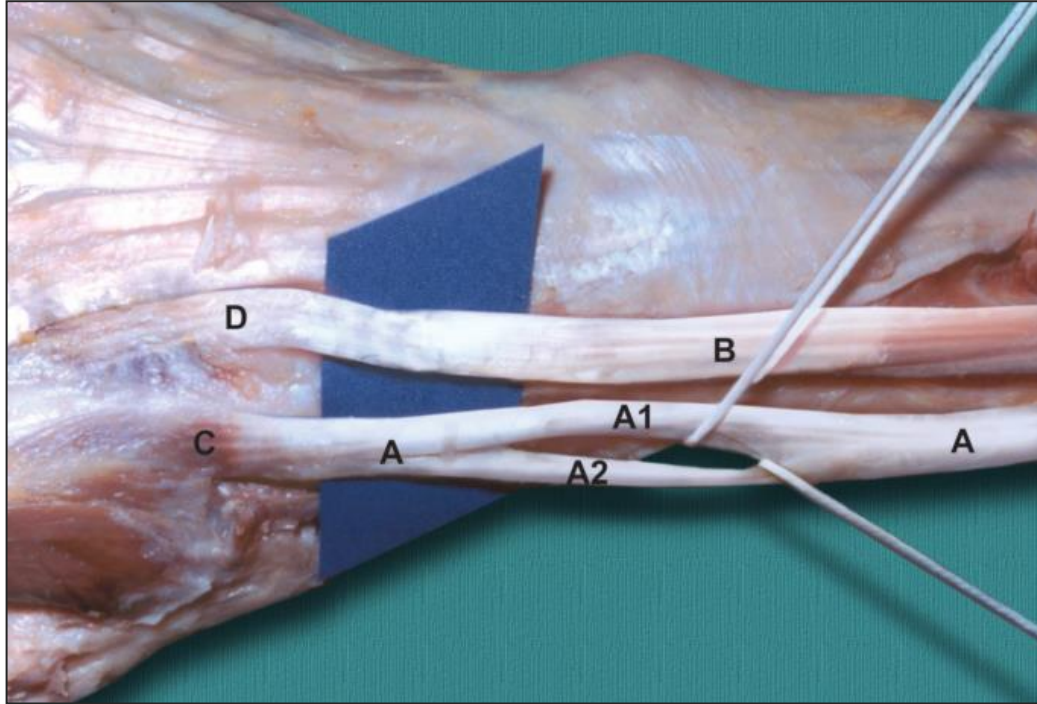
Figura 2: Bifurcación del tendón del extensor radial largo del carpo: (A1-A2) tendones del extensor radial corto del carpo; (B) tendón del extensor radial corto del carpo; (C) inserción común de los tendones del extensor radial largo del carpo; (D) inserción del tendón del extensor radial corto del carpo; (E) base del primer metacarpiano.



Tomado de: Ferreira Caetano M, Manna Albertoni W, Benedito Caetano E, Montaña Pérez R. Estudio Anatómico De Las Inserciones De Los Músculos Extensores Radiales Largo Y Corto Del Carpo. *Int J Morphol.* 2004;22(4):245–51.

De igual forma, observaron la presencia de una hendidura que separa los dos tendones en el 23% del extensor radial largo del carpo y el 10% del extensor radial corto del carpo (Figura 3). Las observaciones con respecto a otras variaciones, como la presencia de vínculos gruesos o más delgados de unión entre ambos tendones, se presentaron en 28% de las piezas disecadas, descartando adicionalmente las variaciones en la inserción de ambos músculos(35).

Figura 3: Hendidura de separación de los tendones del extensor radial largo del carpo: (A1-A2) tendones del extensor radial largo del carpo; (B) tendón del extensor radial largo del carpo; (C) inserción común de los tendones del extensor radial largo del carpo; (D) inserción del tendón del extensor radial corto del carpo.



Tomado de: Ferreira Caetano M, Manna Albertoni W, Benedito Caetano E, Montaña Pérez R. Estudio Anatómico De Las Inserciones De Los Músculos Extensores Radiales Largo Y Corto Del Carpo. *Int J Morphol.* 2004;22(4):245–51.

3.3. ASPECTOS MORFOFUNCIONALES, DESCRIPCIÓN USUAL Y VARIABILIDAD MORFOLÓGICA DE LOS COMPONENTES NERVIOSOS DEL COMPARTIMENTO POSTERIOR DEL MIEMBRO SUPERIOR

La inervación del compartimento posterior del miembro superior es dada por el NR exclusivamente. Procedente del fascículo posterior del plexo braquial, el NR recibe contribuciones de los segmentos medulares C5 a T1, siendo el de más amplia distribución en el miembro superior, pero sin proveer información motora a los músculos intrínsecos de la mano. Una vez formado, emerge de la fosa axilar para

relacionarse con la superficie posterior de la diáfisis humeral entre los orígenes de las cabezas lateral y medial del músculo tríceps braquial(15–17).

En la superficie lateral del tercio distal del brazo perfora el septo intermuscular del tríceps braquial y a su salida da origen a dos ramos: uno superficial sensitivo, que da origen a los nervios cutáneo braquial lateral inferior y cutáneo antebraquial posterior, y uno motor, denominado el ramo profundo del NR. Éste último inerva a los músculos braquiradial, ERLC y ERCC, para luego ingresar al túnel osteomuscular del músculo supinador en la superficie proximal del antebrazo (arcada de Frohse), provee inervación al mismo músculo y emerge como nervio interóseo posterior (NIP), el cual provee la inervación motora a los músculos posteriores del antebrazo restantes(16).

La variabilidad del compartimento posterior del antebrazo, en estructuras neuromusculares, es amplia, dada la cantidad de estructuras ubicadas en esta zona. Morfométricamente es aceptada y reconocida la variación de las estructuras nerviosas, las cuales han sido descritas por medio de estudios anatómicos que evalúan la distribución motora del radial(2,36–38) o de sus ramos en el antebrazo, principalmente el NR superficial(39,40) y el interóseo posterior(27,41).

De forma similar a los estudios sobre variabilidad tendomuscular, es posible identificar otras descripciones distintas a los textos clásicos, desde la distribución del NR, sus ramas y sus relaciones anatómicas. El patrón de inervación del NR para el músculo tríceps braquial también ha sido controvertido. De Sèze et al(42) reportaron que la inervación de este vientre muscular estuvo dada por el NA y no por el radial, en concordancia con un reporte de caso reciente de Nanjundaiah et al(43)

Uerpairojkitt et al (44) estudiaron la distribución de los ramos motores del NR hacia el músculo tríceps braquial, evidenciando la presencia de una constante en la

totalidad de la muestra: el primer ramo motor para el tríceps se encarga de la inervación de la cabeza larga en el 100% de los casos. La cantidad de ramos motores desprendidos desde el NR hacia las cabezas del tríceps varió en este estudio entre uno y cinco siendo cuatro ramos la distribución más prevalente (48,1%). Tanto este reporte como el estudio de Al-meshal et al(45) evidenciaron que el origen de la inervación de la cabeza larga del tríceps braquial se da en el NR, a partir del primer ramo motor del mismo nervio, en concordancia con el estudio de Bertelli et al(46).

La inervación de las estructuras posteriores del antebrazo inicia con los músculos más laterales, braquiradial, ERLC y ERCC, quienes reciben sus ramos motores antes del ingreso del ramo motor del radial al túnel osteomuscular del músculo supinador, aunque algunos autores sugieren que la inervación del ERCC se da posterior al músculo supinador(16,21). A nivel de la epífisis distal del húmero el NR se hace anterior y es cubierto por un grupo de fibras del músculo braquial(47) al cual aporta, ocasionalmente, la inervación de su porción más lateral e inferior(48). Luego de su entrada y posterior salida, a nivel del borde inferior del músculo supinador, el patrón de inervación puede ser variable. Elgafy et al(49) y Missankov et al(21) concuerdan en que, contrario a lo expuesto en los textos clásicos de anatomía, el patrón de inervación inicia con el extensor común de los dedos. La tabla 3 muestra comparativamente los resultados de ambos estudios, en cuanto a orden de ramificación.

Tabla 2. Comparación entre la distribución más prevalente del orden de ramificación del NIP, en los estudios de Elgafy y Missankov.

Elgafy et al(49)	Missankov et al(21)
1. Extensor común de los dedos	1. Extensor común de los dedos
2. Extensor ulnar del carpo	2. Extensor ulnar del carpo
3. Extensor propio del dedo mínimo	3. Extensor propio del dedo mínimo
4. Extensor largo del pulgar	4. Abductor largo del pulgar

5. Extensor propio del segundo dedo	5. Extensor corto del pulgar
6. Extensor corto del pulgar	6. Extensor largo del pulgar
7. Abductor largo del pulgar.	7. Extensor propio del segundo dedo

Adaptado de: Missankov AA, Sehgal AK, Mennen U. Variations of the posterior interosseous nerve. *J Hand Surg Br.* 2000;25(3):281–2; Elgafy H, Ebraheim NA., Yeasting RA. The anatomy of the posterior interosseous nerve as a graft. *J Hand Surg Am.* 2000;25(5):930–5.

Los PM de éste compartimento son el aspecto de más escasa evaluación en los estudios disponibles en la literatura. Actualmente, los referentes para la ubicación de los PM sigue siendo el texto clásico de Sunderland, quien esquematiza la ramificación de los distintos nervios periféricos y los presenta en esquemas de ramificación. El autor muestra morfometría de los ramos motores para cada uno de los músculos inervados por el NR, teniendo en cuenta los PM que ingresan a cada uno. En este caso, Sunderland pudo indentificar entre 9 y 19 puntos motores para el músculo tríceps braquial.

La identificación de la ramificación hacia el tríceps plantea poca claridad con respecto a las distancias y puntos de referencia, dejando como dato importante la amplia variabilidad de distribución de cantidad de PM para cada cabeza del músculo: en un primer espécimen encontró 9 puntos motores para la cabeza larga, lo cual no se corresponde con la mínima cantidad evidenciada en las demás muestras. Los datos morfométricos de Sunderland son los únicos referentes actuales del área de interés del presente estudio; no existen, en el momento de la búsqueda realizada por el autor, referentes de biometría tendomuscular ni de PM que soporten el conocimiento anatómico actual(1).

La evidencia disponible muestra discordancias tanto en los componentes tendomusculares, como en los nerviosos; el origen de estas diferencias no ha sido claramente establecido y existe escasa o nula información disponible sobre la

variabilidad morfológica de estas estructuras en la población colombiana. Por esta razón, el presente estudio se plantea como respuesta a la evidente necesidad de establecer una fuente confiable de información en este aspecto para la población local y su comparación con los estudios disponibles.

4. DISEÑO METODOLÓGICO

4.1. POBLACIÓN ACCESIBLE

Cadáveres frescos no reclamados del Instituto de Medicina Legal y Ciencias Forenses, que se encontraban bajo custodia del estado. Cadáveres sometidos a maniobras de fijación tradicional, a base de solución de formaldehído y alcohol, no intervenidos, disponibles en el laboratorio de Morfología Humana de la Universidad Industrial de Santander.

4.2. MUESTRA

El cálculo del tamaño de muestra corresponde a la comparación con otros trabajos de investigación, determinando en este caso la prevalencia de las estructuras de estudio y la muestra en la que se obtuvo tal prevalencia. Debido a que el presente estudio evalúa un número grande de variables, cada una debería ser considerada individualmente para el cálculo de la muestra, con lo cual se obtendrían múltiples valores de muestra no aplicables al estudio, por lo cual no es posible realizar el cálculo de tamaño de muestra.. Se realizaron mediciones en 48 miembros superiores. Dado que rara vez la distribución de los componentes neuromusculares se da de forma simétrica, es posible tomar cada segmento como una muestra(1). Sin embargo, el análisis estadístico se realizó considerando ambos escenarios: cada pieza como una muestra y cada individuo como una muestra con dos datos.

4.3. CRITERIOS DE INCLUSIÓN

- Miembros superiores de especímenes cadavéricos frescos, no reclamados, en congelamiento a temperatura de -4°C o menor, no sometidos a maniobras de fijación o embalsamamiento, procedentes del área metropolitana de Bucaramanga que ingresaron al Instituto de Medicina Legal para la correspondiente necropsia.

- Miembros superiores fijados con el método tradicional de conservación, no intervenidos previamente.

4.4. CRITERIOS DE EXCLUSIÓN

- Muestras de sujetos menores de 22 años, con el fin de reducir la variabilidad morfométrica y antropométrica producto del proceso de crecimiento.
- Trauma de diferente etiología remanente o cicatrizal que afecte el miembro superior; el proceso inflamatorio o la pérdida de continuidad de los tejidos puede inducir a sesgos de medición. Adicionalmente, el trauma cicatrizal puede comprometer la morfología de la zona.
- Amputaciones en cualquier nivel del miembro superior; limita las mediciones tomadas en cada muestra
- Síndromes dismórficos congénitos o adquiridos.

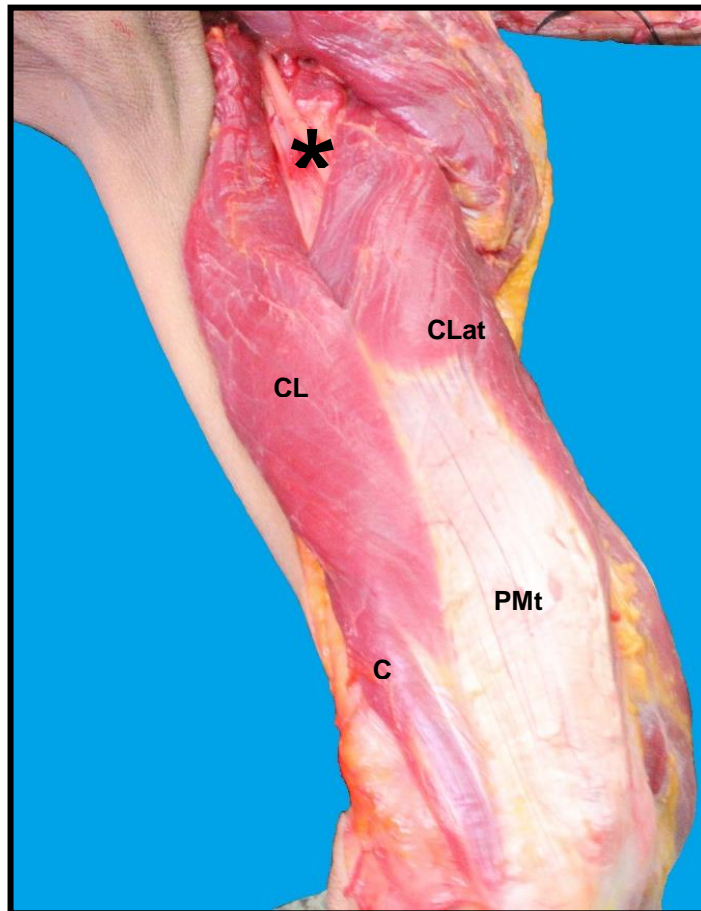
4.5. PROCEDIMIENTO

El procedimiento siguió las medidas de bioseguridad, con relación al uso de implementos desechables de seguridad: bata, polainas, gorro, careta de protección facial, tapabocas y guantes. La disección consistió en un abordaje medio posterior en dos niveles que se describen a continuación:

- Nivel proximal (escapulo – humeral): a partir de la espina de la escápula hasta falange distal del tercer dedo que comprometió piel, tejido celular subcutáneo, fascias braquial, antebraquial, liberando colgajos fasciocutáneos hacia medial y hacia lateral. Una vez expuestos los planos musculares, se procedió a la desinserción de los orígenes del deltoides en la espina de la escápula y acromion y posterior disección del NA a partir de su paso por el espacio humero tricipital, hasta sus puntos motores en la cara profunda del deltoides. Posteriormente, se expusieron las tres cabezas del tríceps, a partir de sus orígenes en tubérculo infraglenoideo de la escápula, superficies postero superior y postero inferior del

húmero. En este punto se realizó la toma de medidas morfométricas de los vientres de las cabezas del tríceps (longitud de la cabeza larga, longitud miotendinosa proximal, longitud miotendinosa distal, longitud de la cabeza medial y longitud de la cabeza lateral); se practicó liberación del punto de origen de la cabeza larga del tríceps en el tubérculo infraglenoideo y se reclinó para permitir la disección del NR en su trayectoria por el compartimento posterior del brazo. De igual forma, se realizaron mediciones morfométricas y de puntos motores con relación al borde lateral del acromión y línea bi-epicondílea del húmero. La figura 4 muestra la posición de medición de las estructuras tendomusculares del compartimento posterior del brazo.

Figura 4. Posición de medición de las estructuras tendomusculares del brazo derecho. CL: cabeza lateral. CM: cabeza medial. CLat: cabeza lateral. PMt: porción miotendinosa distal. (*) tronco principal del NR.



Al nivel distal (antebrazo): disección de cada una de las estructuras musculares que constituyen el compartimento posterolateral del antebrazo, y realización de las mediciones morfométricas correspondientes (longitud total, longitud miotendinosa, longitud tendinosa y anchos proximal y distal) de los vientres musculares y de sus prolongaciones tendinosas. De éstas últimas se referencia sitio de inserción y patrón de distribución. Se reclinó el plano superficial para identificar la rama profunda del NR, sus ramas al compartimento lateral y trayectoria en el músculo supinador; se tomaron medidas morfométricas y de puntos motores.

Puntos de referencia para mediciones morfométricas: para el caso de los PM en brazo, se ha utilizado el ángulo postero-lateral del acromion²⁰. Con el fin de minimizar la variabilidad en las mediciones, se dispuso que el punto de referencia para los PM de cada músculo sean sus propios puntos de origen (inserción proximal). Las posibles correlaciones entre mediciones se facilitan con la medición de la longitud total del húmero, tal como describen Carlan et al, para lo cual se utilizaron como referentes el ángulo acromial ya descrito y el punto más prominente del epicóndilo lateral del húmero(47).

Una vez realizados los abordajes, se procedió a tomar registro de las variables de estudio con calibrador electrónico Mitutoyo y cinta métrica; adicionalmente se tomó registro fotográfico de las estructuras estudiadas, con el fin de aportar evidencia y ejemplos durante el desarrollo del presente documento.

4.6. RECOLECCIÓN DE DATOS Y PLAN DE ANÁLISIS

Se elaboró un instrumento de registro para todas las variables morfológicas estudiadas. Las mediciones fueron realizadas por parte del investigador principal y registradas por auxiliares de investigación instruidos previamente en los registros correspondientes (formato anexo 1). Las dificultades técnicas y de acceso a la

muestra (tiempo limitado para los abordajes) limitó la posibilidad de evaluación de la reproducibilidad de las mediciones.

En el análisis descriptivo se presentan medidas de tendencia central y dispersión para las variables biométricas estudiadas, de acuerdo con la distribución de las variables (normal o no-normal) para lo cual se ejecutaron pruebas para la evaluación del supuesto de normalidad: Shapiro-Wilk y con métodos gráficos (histogramas). Las diferencias entre lados (derecha vs izquierda) fueron evaluadas por medio de la prueba t de Student para variables con distribución normal, y por medio de la prueba de rangos con signo de Wilcoxon para las variables con distribución no normal. El análisis de correlación entre variables se realizó por medio de las pruebas r de Pearson y Rho de Spearman, para variables con distribución paramétrica y no paramétrica respectivamente, aceptando nivel de significancia estadística con valor de P menor a 0.05.

5. CONSIDERACIONES ÉTICAS

La presente propuesta de investigación se enmarcó en lo postulado en la Ley 10 de 1990(50), Título II “de la investigación en seres humanos”, capítulo VI “de la investigación en órganos, tejidos y sus derivados, productos y cadáveres de seres humanos”, artículos 47 y 48, que establece los lineamientos básicos para la investigación en cadáveres humanos. Las piezas anatómicas en las que se realizó esta investigación pertenecen a cadáveres frescos no reclamados de la morgue del Instituto de Medicina Legal de Bucaramanga; al ser aprobado el proyecto, se envió la correspondiente solicitud de permiso a la dirección del instituto, acompañado de un resumen del proyecto, según lo estipulado en el convenio vigente entre el instituto de medicina legal y la UIS.

El estudio de las piezas requeridas en el proyecto se realizó con estricto cumplimiento de las normas relacionadas con extracción y estudios de muestras de especímenes cadavéricos con fines docentes y de investigación, contempladas en el Capítulo VIII de la resolución 002640 de 2005(51). Debido a que se trataba de estudio de piezas anatómicas internas, no se requirió solicitar consentimiento informado a los familiares.

El proyecto obtuvo el correspondiente el aval del Comité de Ética en Investigación Científica - CEINCI, de la Universidad Industrial de Santander.

6. RESULTADOS

Se evaluaron 48 miembros superiores de 24 especímenes cadavéricos, por medio de disección en abordaje posterior del miembro superior, como se describió previamente. Los resultados se describen por ítems, en los cuales se exponen los hallazgos para cada músculo y estructura evaluada, con sus respectivos datos de biometría de PM.

6.1. MEDIDAS ANTROPOMÉTRICAS.

La medición de la longitud del brazo se realizó tomando como referente el punto más prominente del acromion de la escápula a nivel proximal y el punto más prominente del epicóndilo lateral del húmero, distalmente. Para el antebrazo se consideraron como puntos de referencia las superficies más prominentes del epicóndilo lateral y del proceso estiloideo del radio. Los estadísticos descriptivos de los resultados para ambas variables se muestran en la tabla 3.

Tabla 3. Estadísticos descriptivos para longitud de brazo y de antebrazo. Las mediciones son expresadas en milímetros.

	Longitud de brazo	Longitud de antebrazo
Media	297,8	259,6
Mediana	299	263
Desv. estándar.	16,6	14,4
Mínimo	250	213
Máximo	334	283

La longitud de brazo fue en promedio 297,8 mm con desviación estándar (DE) 16,6 mm, mientras que la de antebrazo fue de 259,6 mm DE 14,4 mm, sin diferencias significativas entre hemicuerpos ($p = 0,086$ para brazo y $0,164$ para antebrazo).

6.2. MORFOMETRÍA TENDOMUSCULAR Y BIOMETRÍA DE PUNTOS MOTORES POR SEGMENTO Y MÚSCULO ESTUDIADO.

6.2.1. Compartimento posterior del brazo

6.2.1.1. Músculo tríceps braquial.

Para cada músculo evaluado se presentan los estadísticos descriptivos respectivos resumidos en la tabla 4 todas las variables del músculo tríceps braquial. La longitud de la cabeza medial, la cual es la más corta de las tres, representa el 80% de la longitud total de la cabeza larga del tríceps braquial; a su vez, la longitud de la cabeza lateral representa el 88% de la de la larga. No existió diferencia estadísticamente significativa entre las mediciones derechas e izquierdas ($p=0,159$). Tanto el origen de cada una de las cabezas del tríceps braquial, como la inserción distal, presentaron la distribución usual descrita en el marco teórico en el 100% de la muestra.

Tabla 4. Estadísticos descriptivos para las variables morfométricas del tríceps braquial. Los valores se expresan en milímetros.

	Longitud cabeza larga	Longitud miotendinosa proximal	Longitud cabeza medial	Longitud cabeza lateral	Longitud miotendinosa distal
Media	288,3	122,4	230	255,6	139,5
Mediana	286,5	130	227	253	136
Desv. Estándar	29,3	22,3	20,3	21,5	18,3
Mínimo	208	52	179	195	105
Máximo	338	156	266	289	184

Las longitud tendinosa distal fue significativamente mayor en el nivel proximal, con un promedio de 1,7 cms de diferencia ($p 0,0001$). No se presentaron casos de vientre muscular adicional en el tríceps braquial u otras variaciones anatómicas. El

valor para la cabeza larga fue muy cercano a la longitud del brazo, representando el 97% de la longitud del mismo, mientras que las cabezas medial y lateral el 77,3% y 86% respectivamente.

El tríceps braquial fue inervado en el 100% de las muestras por el NR (ningún aporte del NA), a través de ramos motores emergentes desde la axila hasta el primer tercio del antebrazo. El radial emitió entre 2 y 5 ramos motores, siendo la distribución más prevalente la de 4 ramos en el 50% de la muestra, seguida por 3 ramos en el 25%. El primer ramo inervó la cabeza larga en el 100% de los casos. En el 93% de las muestras se observó el origen del primer ramo a una distancia promedio de 35,6 mm DE 13,5 proximal al punto de referencia (borde inferior de la banda tendinosa de la inserción del músculo latísimo del dorso). El 7% restante se originó a 16,1 mm DE9.9 distal al punto de referencia. Destacó la presencia en el 3% de la muestra de un PM, originado en el primer ramo, inervando la cabeza lateral. Las figuras 5 y 6 muestran dos patrones de ramificación del ramo para la cabeza larga del tríceps braquial

Figura 5. Tríceps braquial izquierdo, disección en cadáver embalsamado. El ramo motor ingresa a la cabeza lateral por el aspecto medial de la misma. A: cabeza larga del tríceps braquial. B: porción miotendinosa proximal. Flecha continua: ramo motor para la cabeza larga. (*) puntos motores para la cabeza larga.

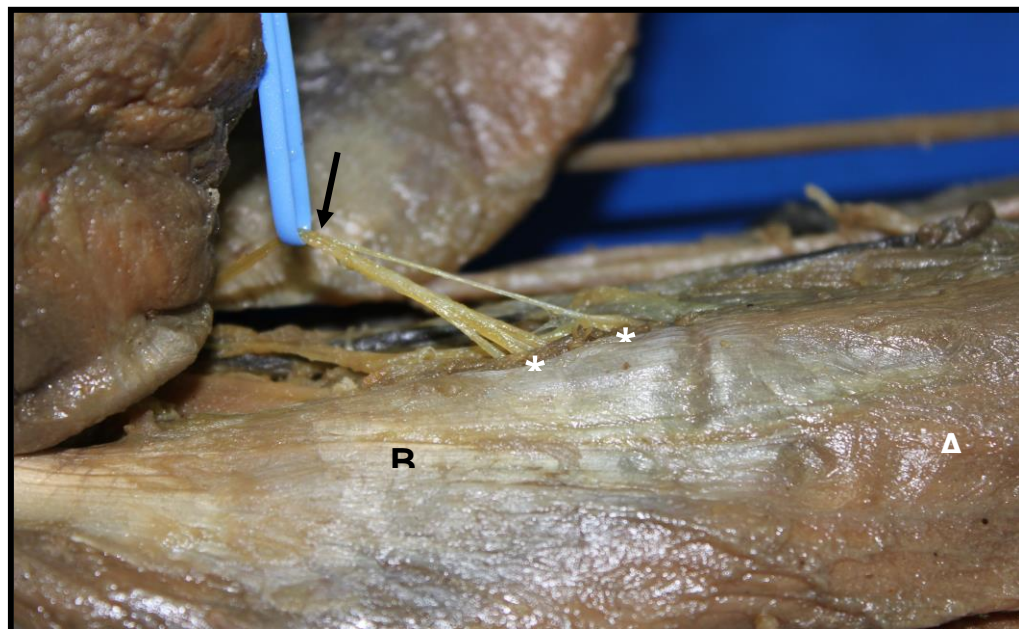
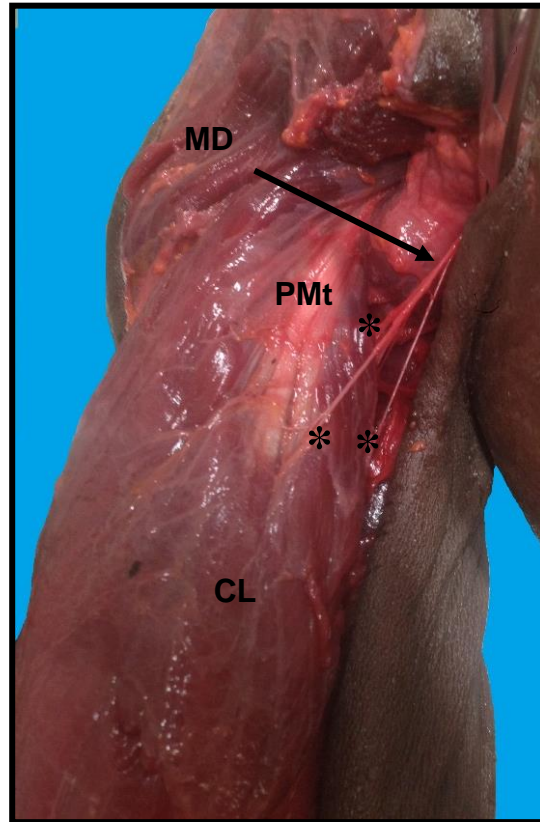


Figura 6. Tríceps braquial izquierdo, disección en cadáver fresco. MD: músculo deltoides. PMt: porción miotendinosa proximal. CL: cabeza larga. Flecha: ramo motor del nervio radial. (*) puntos motores.



La distribución de los PM se dio en un área de dispersión pequeña. La figura 5 muestra un grupo de 4 PM con una distribución espacial cercana, mientras que la figura 6 muestra una distribución más heterogénea. En ambos casos, así como en todas las demás muestras evaluadas, los PM ingresan en el tercio proximal del músculo, específicamente en su cara medial.

La distribución de la inervación a partir de los siguientes ramos fue menos característica: los ramos subsiguientes podían inervar una u otra cabeza o inervarlas ambas al tiempo. En el 50% de las muestras la cabeza lateral obtuvo la inervación más proximalmente, mientras que en el 50% restante fue la cabeza medial la que recibió primero la inervación. Las figuras 7 y 8 muestran los ramos de inervación para las tres cabezas del tríceps braquial

Figura 7. Miembro superior derecho, disección profunda en cadáver fresco. Distribución de los ramos motores del radial para las tres cabezas del tríceps braquial. CL: cabeza larga. CM: cabeza medial. CLat: cabeza lateral. Una flecha continua: ramo motor para la cabeza larga. Dos flechas continuas: ramo motor para la cabeza medial. Flecha discontinua: ramo motor para la cabeza lateral.

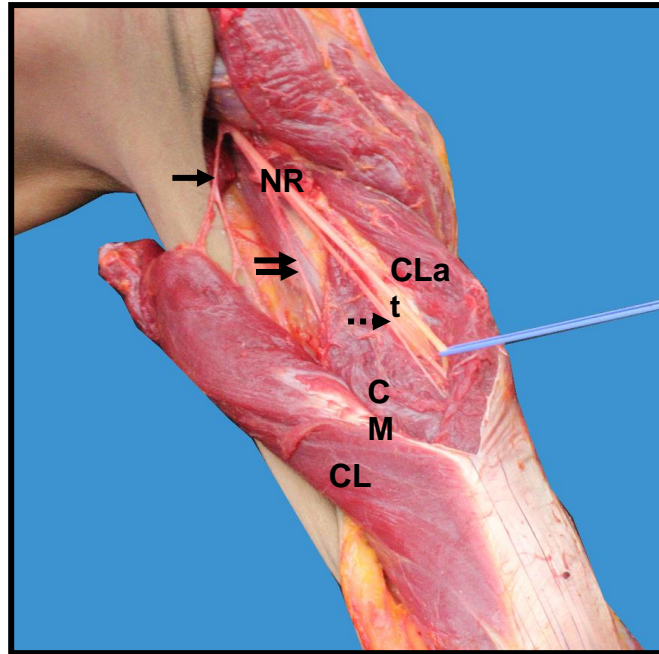
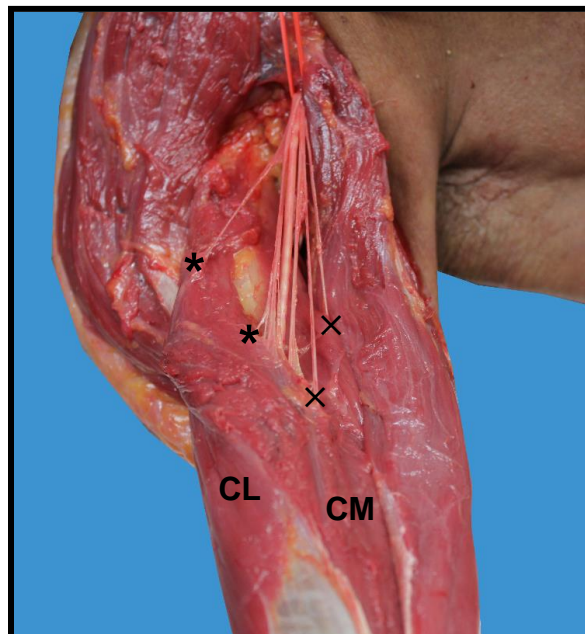


Figura 8. Miembro superior izquierdo, disección profunda en cadáver fresco. Debido al ángulo de registro no se observan el ramo ni los PM de la cabeza larga. CL: cabeza larga. CM: cabeza medial. (*) puntos motores para la cabeza lateral. (x) puntos motores para la cabeza medial



Se obtuvo gran variabilidad en la presencia de PM. La cabeza larga recibió entre uno y once, la medial entre uno y siete y la lateral entre dos y ocho PM. La cabeza larga recibió con mayor frecuencia tres PM (31,8%), ubicados en el 85% de los especímenes a 4 - 10 cms del origen muscular; la cabeza lateral recibe tres PM en el 52% de la muestra, ubicados en 85% de los casos en un área de 4 -11 cms a su origen; la cabeza medial recibe dos PM en el 36% de los casos, ubicados entre 4- 10 cms del origen en la mayoría de los casos. El número total de PM, es decir la sumatoria de todos los PM de las tres cabezas sumadas para cada muestra, varió entre ocho y veinte, con un promedio de 11 DE 3 PM. No se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre el número de PM evaluados por hemicuerpo ($p=0,578$).

6.2.2. Compartimento posterior del antebrazo.

6.2.2.1. Músculo braquiradial.

Los resultados de todas las variables tendomusculares evaluadas en el músculo braquiradial se presentan en la tabla 5. El promedio de longitud total fue el mayor de todos los músculos evaluados, con un promedio de 342,1 mm DE 56,5, sin diferencias entre hemicuerpos. El músculo se extendió desde el tercio medio del brazo hasta el proceso estiloides del radio, sin presentar variaciones en su origen e inserción.

Tabla 5. Estadísticos descriptivos para las variables del músculo braquiradial. Los datos se expresan en milímetros.

	Longitud total	Longitud miotendinosa	Longitud tendinosa	Ancho tendinoso proximal	Ancho tendinoso distal
Media	342,1	138,4	92,2	12,8	5,4
Mediana	347	136	89,	12,6	5,4
Desv. Estándar	56,5	25,4	12	2,3	,97
Mínimo	26	81	69	8,3	3,3
Máximo	387	200	124	20,1	7,5

La unión miotendinosa representa el 40,5% de la longitud total del músculo, mientras que el tendón representa sólo el 27% del mismo. El ancho tendinoso distal fue consistentemente menor al proximal, existiendo una diferencia de más del 50% entre ambos. La figura 9 muestra la diferencia entre la longitud miotendinosa del braquiradial y el músculo más cercano, el extensor radial largo del carpo, en la que se hace evidente la diferencia de longitudes.

La inervación se derivó en el 100% de los casos del NR, a su paso por el tercio distal, aspecto lateral del brazo, originando entre uno y cuatro PM en esta región. Los PM se ubicaron entre 41,11 y 156,6 mm del origen muscular. No se observaron formas de variabilidad tendinosa en este músculo

Figura 9. Antebrazo izquierdo, disección superficial y profunda. MBr: braquiradial. ERLC: extensor radial largo del carpo. ERCC: extensor radial corto del carpo. (*) uniones miotendinosas.



6.2.2.2. Extensor radial largo del carpo y extensor radial corto del carpo.

Los orígenes e inserciones de ambos músculos fueron determinados, sin encontrar ningún caso de variabilidad en este aspecto: el ERLC se originó sobre la cresta epicondílea lateral, inferior al braquiradial, insertándose en la superficie dorsal de la base del primer metacarpiano, mientras que el ERCC se originó en parte de la cresta epicondílea lateral y la masa muscular común extensora de la muñeca, insertándose en la superficie dorsal del tercer metacarpiano, lo cual representa origen e inserción típicos para ambos músculos. En promedio, el ERLC obtuvo una mayor longitud que el ERCC, con una diferencia aproximada de 6,8 cms.

La tabla 6 presenta los estadísticos descriptivos para las variables del músculo ERLC. El análisis entre hemicuerpos demostró que no existe diferencia significativa entre las mediciones izquierdas y derechas. El ancho tendinoso distal es significativamente menor que el proximal ($p < 0.0001$). La longitud miotendinosa representa el 63% de la extensión completa del músculo, mientras que la tendinosa representa el 55% de la longitud muscular total.

Tabla 6. Estadísticos descriptivos para las variables del extensor radial largo del carpo. Las medidas se expresan en milímetros

	Longitud total	Longitud miotendinosa	Longitud tendinosa	Ancho tendinoso proximal	Ancho tendinoso distal
Media	324,8	204,4	178,2	13,7	6,5
Mediana	325	206	176	13,7	6,4
Desv. típ.	14,4	21,4	20,5	2,4	1,01
Mínimo	290	135	97	9,9	4,8
Máximo	347	238	215	19,2	9,2

La mayor variabilidad se encontró en la longitud tendinosa, que varía en un rango desde los 97 a los 215 mm. El ancho del proximal del tendón resulta ser uno de los más significativos y consistentes de los músculos de la zona: 13,7 DE 2,4 mm. El ancho tendinoso distal es aproximadamente la mitad del proximal, con un pequeño rango de variabilidad observado.

Los datos del ERCC se comportaron de manera similar, con un promedio de longitud total de 286,3 DE 18,8 mm, longitud miotendinosa de 190,4 DE 13,4 mm. La longitud tendinosa fue menor comparativamente con la del ERLC: 113,2 DE 13,8 mm. El ancho tendinoso proximal también fue menor que el del ERLC (10,04 DE 5,26); sin embargo, el ancho tendinoso distal fue mayor que el músculo previo, con un promedio de 5,9 DE 4,1 mm. Se detectó una diferencia estadísticamente significativa al comparar las variables de longitud total y ancho proximal entre hemisferios ($p=0,001$); para las variables longitud miotendinosa, longitud tendinosa y ancho tendinoso distal las diferencias no fueron estadísticamente significativas ($p=0,379$)

Los músculos ERCC y ERLC no presentaron variabilidad en su origen o inserción. Sin embargo, existieron algunos casos de variabilidad, representados en bandas tendinosas comunicantes entre ambos músculos, sin que éstas afectaran su inserción distal. Se observaron comunicaciones tendinosas en el 8% de las muestras estudiadas, 4% de las cuales fueron comunicación desde el tendón del ERLC hacia el tendón del ERCC, con una longitud total que varió desde 17,4 a 37 mm, ancho proximal común de 1,1 mm y ancho distal entre 0,96 - 0,98 mm. El 4% restante fueron comunicaciones bidireccionales: un fascículo tendinoso desde el ERLC hacia el ERCC y otro en la misma muestra, del mismo lado, desde el ERCC hacia el ERLC.

La comunicación tendinosa desde el ERLC en este caso varió en longitud total desde 134,8 a 138,8 mm, el ancho proximal entre 4,14 y 7,02 mm y el ancho distal

entre 2,36 y 2,63 mm. El fascículo tendinoso desde el ERCC hacia el ERLC obtuvo de forma consistente menores valores que la anterior, con longitud distal entre 18,8 y 38,3 mm, ancho proximal entre 1,47 y 4,36 mm y ancho distal entre 0,86 y 2,43 mm. La presencia de las variaciones tendinosas descritas fue de carácter unilateral.

El patrón de inervación de ambos músculos sigue la descripción usual: proviene del NR antes de su ingreso al túnel del músculo supinador. El primero en recibir aporte motor fue el ERLC, el cual tuvo entre uno y cinco PM. El patrón más común presentó dos PM en el 39,2% de la muestra, seguida por el 36% para un PM y 21,4% para tres PM; con menor frecuencia se presentó inervación por cuatro y cinco PM (3,6% cada una). Los PM se ubicaron en promedio a 78,3 mm del punto de referencia, con un rango entre 8 y 63, 86 mm.

6.2.2.3. Extensor ulnar del carpo.

La evaluación de las variables morfométricas dio como resultado la obtención de datos de un músculo de mayor longitud promedio que la del antebrazo, con media de 263,1 DE 40,5 mm. La longitud miotendinosa fue de 140,9 DE 23,1 mm, lo cual representa el 53,6% de la longitud total del músculo. La longitud tendinosa fue mucho menor, comparativamente con las demás variables estudiadas: 65,2 DE 20,8 mm, lo cual representa sólo el 24% del total muscular. Este corto tendón cursa posterior a la epífisis distal de la ulna, con un ancho tendinoso proximal en promedio de 6,2 DE 1,29 mm; el ancho tendinoso distal de 5,3 DE 1,03 mm. No se evidenciaron casos de variabilidad tendomuscular; el origen e inserción encontrados coinciden con la descripción típica del músculo: no existieron variaciones en origen e inserción.

La inervación del extensor ulnar del carpo fue dada en el 100% de los casos por el NIP, ramo del NR, a su salida del túnel osteomuscular del músculo supinador. El

número de PM varió entre uno y cuatro, con predominancia del patrón de dos PM (40%), seguido de un PM con una prevalencia de 32%; finalmente los patrones menos prevalentes fueron los de 3 PM en el 24% de la muestra y 4 PM en el 4% del total. Los PM ingresaron al vientre muscular a una distancia promedio de 66,2 DE 11,7 mm de la inserción muscular proximal.

6.2.2.4. Abductor largo del pulgar.

De forma general, se encontró coincidencia entre el origen muscular descrito en los textos clásicos y en el presente estudio. Debido a la amplia variabilidad en número de tendones para éste músculo, la inserción típica se presentó solo en el 2,6% de la muestra. Los tendones adicionales se insertaron en la vecindad del tendón principal: aspecto anterior de la base del primer metacarpiano, base del origen del músculo abductor corto del pulgar (ACP) y superficie posterior de la base del primer metacarpiano (figuras 10, 11 y 12). En el 100% de los casos los múltiples tendones tuvieron origen muscular común.

Figura 10. Vista anterolateral al nivel de la muñeca izquierda; disección en cadáver formolado. (A) abductor largo del pulgar. (B) bandeleta tendinosa adicional del abductor largo del pulgar. (C): tendones del flexor superficial de los dedos. (D): túnel fibroso del primer compartimento extensor (cortado)

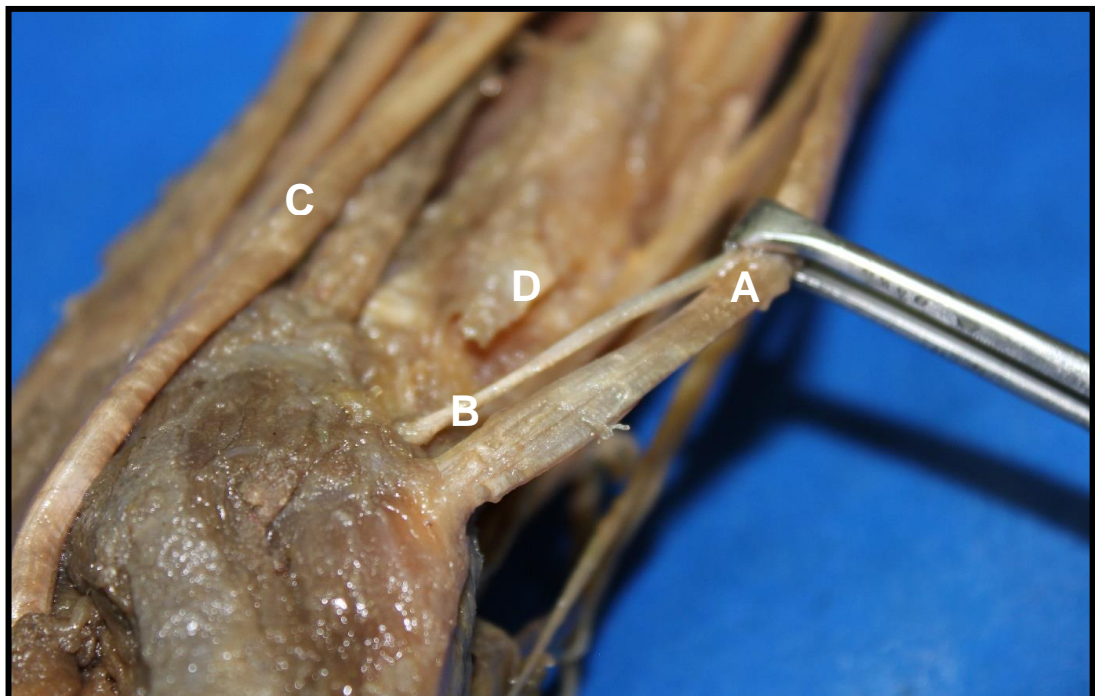


Figura 11. Disección profunda del antebrazo y muñeca izquierda en cadáver fresco, vista lateral con antebrazo en pronación. Los tendones del abductor largo del pulgar fueron liberados de su cápsula fibrosa junto con el extensor corto del pulgar. (A) abductor corto del pulgar. (B) porción muscular del abductor largo del pulgar. (C) tendón inserto en la base del primer metacarpiano. (D) tendón insertándose en el vientre muscular del abductor corto del pulgar.

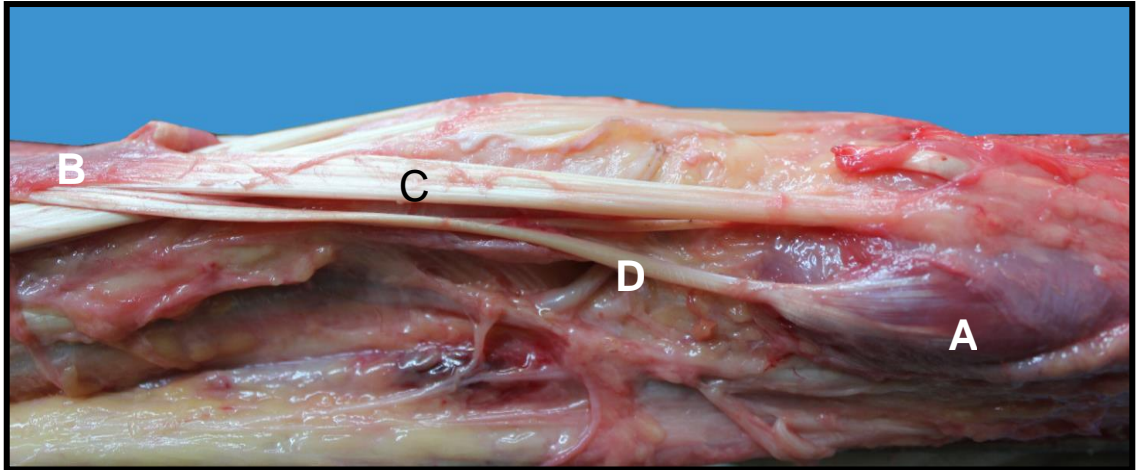
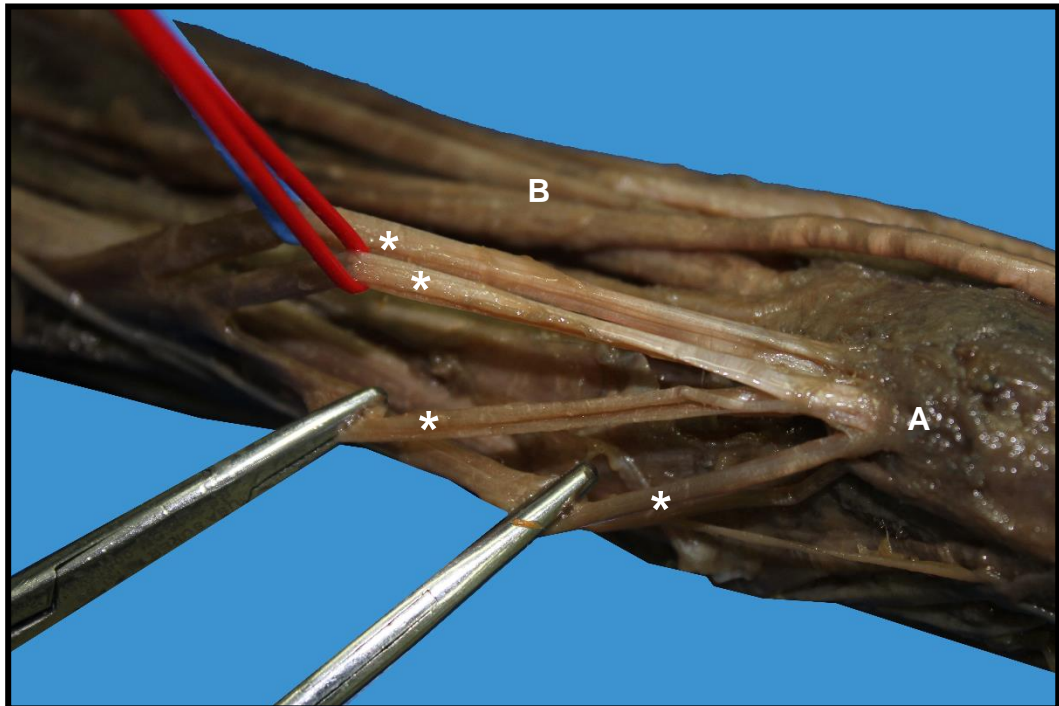
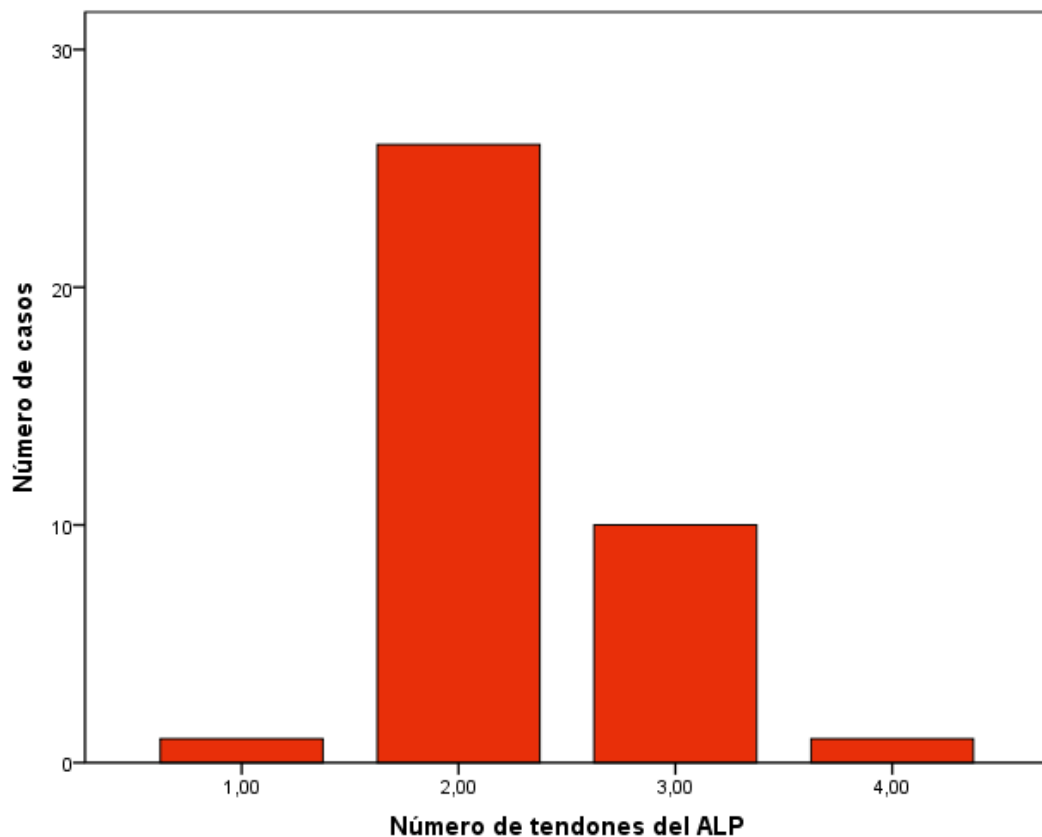


Figura 12. Plano profundo de la muñeca y el antebrazo derecho, en cadáver formolado. Vista lateral con antebrazo en supinación. (*) cuatro fascículos tendinosos del abductor largo del pulgar. (A) extensor corto del pulgar. (B) tendones del flexor superficial de los dedos y flexor largo del pulgar.



El número de tendones varió entre uno y cuatro, siendo la distribución más prevalente la de dos tendones en un 68,4% de la muestra, seguida de tres tendones en el 26%. La distribución típica descrita en los textos clásicos, de un tendón para el músculo ALP, se presentó solo en el 2,6% de los casos, con la misma prevalencia que la de cuatro tendones. La variabilidad en número de tendones representa entonces otro rasgo que involucra la medición de la longitud de cada tendón adicional. La figura 13 muestra un gráfico de barras para el número de tendones del ALP.

Figura 13. Gráfico de barras para el número de tendones del abductor largo del pulgar.



La longitud total del ALP fue de 199,5 DE 15,7 mm. Las longitudes miotendinosas variaron entre 96 y 101,7 mm, en cuyo caso ésta representa entre un 48 y 51% de

la longitud total. La longitud tendinosa osciló entre 65,8 y 80,5 mm. Los anchos tendinosos proximales variaron entre 3,8 y 4,8 mm, mientras que las mediciones para los anchos tendinosos distales estuvieron entre 3,1 y 3,7 mm. No se evidenció un patrón de mayor ancho o longitud en los diferentes tendones. Al evaluar las diferencias entre cada los anchos proximales y posteriormente entre los anchos distales, no se observaron diferencias estadísticamente significativas ($p=0,355$); de la misma forma, no se encontraron diferencias en la comparación entre hemicuerpos ($p=0,378$).

La inervación provino en todos los casos del NIP. El número de PM varió entre uno y cinco, siendo las más prevalentes las distribuciones de tres PM (39,2%) y de dos PM (35,7%). Los patrones demás patrones obtuvieron prevalencias de 14,2% (un PM), 10,7% (cuatro PM) y 3,6% (cinco PM). El ingreso de los PM al musculo se presentó a un promedio 32,6 DE 16,9 mm, en un rango entre 5,5 y 70,9 mm desde el punto de referencia.

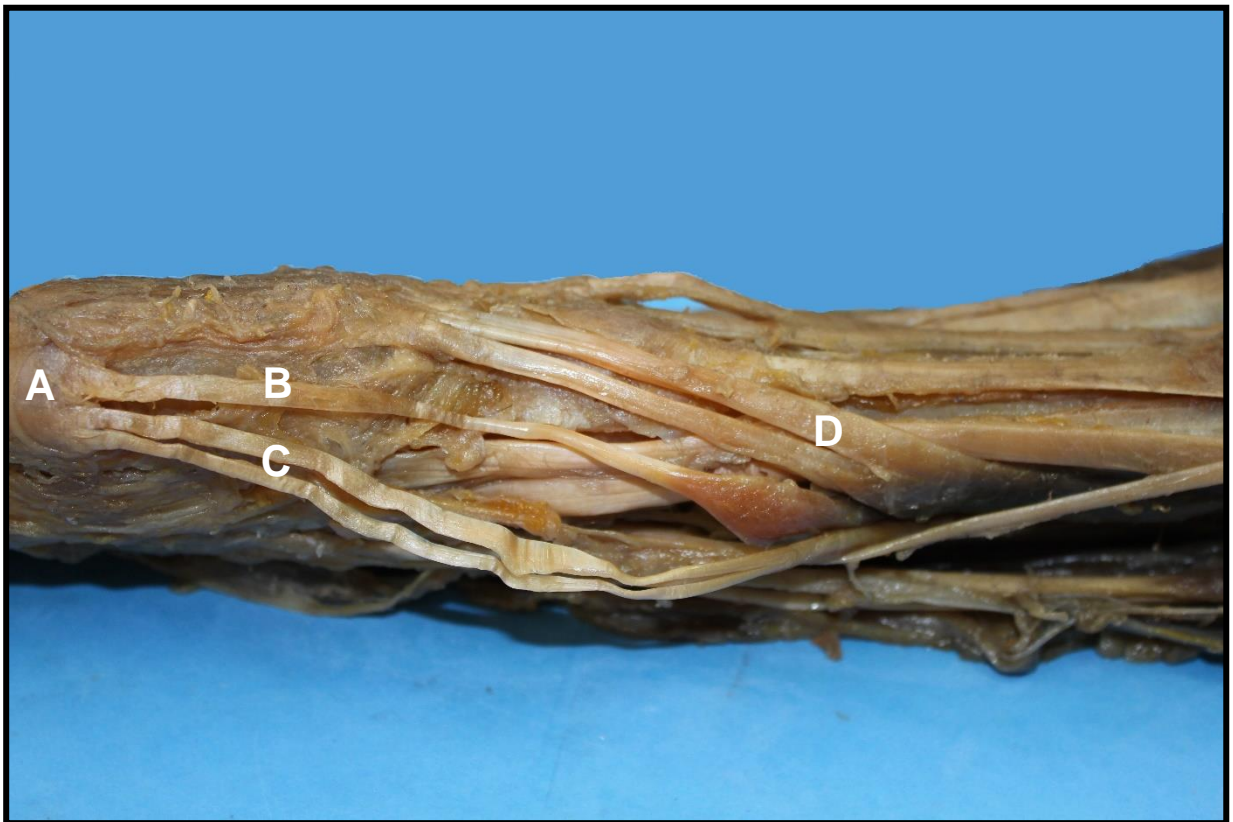
6.2.2.5. Extensor corto del pulgar.

Los estadísticos descriptivos para el ECP se presentan en la tabla 7. Los orígenes e inserciones del músculo siguieron los patrones típicos descritos en el marco teórico del presente trabajo, con excepción de una pequeña variación en el 2,8% de la muestra, en la cual se observó la presencia de doble tendón proximal, los cuales confluyeron distalmente para insertarse conjuntamente en la expansión extensora del primer dedo. La figura 14 muestra un ejemplo de distribución tendinosa de los músculos del primer compartimento extensor, dentro de los que se observa el ECP. El músculo posee una longitud miotendinosa importante (120,9 DE 15,7 mm), que representa en promedio el 71,5% de la longitud total (169,2 DE 24,1 mm).

Tabla 7. Estadísticos descriptivos para las variables estudiadas en el ECP. Las medidas se presentan en milímetros

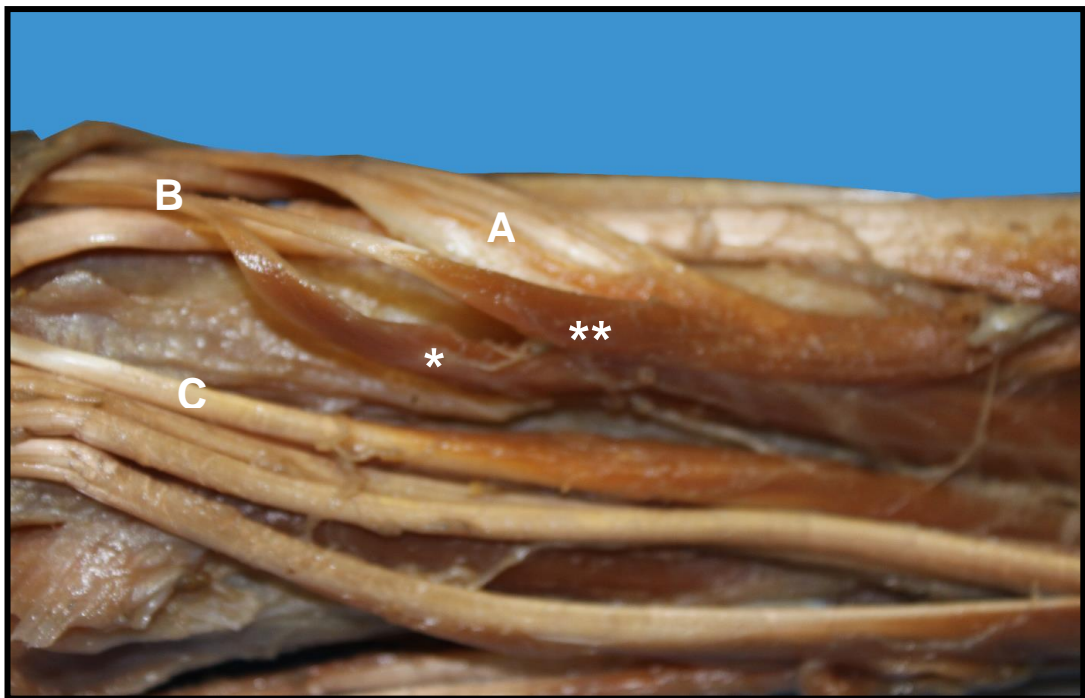
	Longitud total	Longitud miotendinosa	Longitud tendinosa	Ancho tendinoso proximal 1	Ancho tendinoso proximal 2	Ancho tendinoso distal
Media	169,2	120,9	94,5	3,3	2,03	2,8
Mediana	169	120	91	3,2	2,03	2,7
Desv. estándar	24,1	15,7	12,1	1,1		,9
Mínimo	130	97	74	1,5	2,03	1,6
Máximo	217	153	135	5,9	2,03	4,8

Figura 14. Segmento distal de antebrazo y muñeca izquierda, vista lateral. (A) articulación metacarpofalángica del pulgar. (B) tendón del extensor corto del pulgar. (C) tendones del extensor largo del pulgar. (D) tendones del abductor largo del pulgar.



Los anchos tendinosos son de los menores de los músculos estudiados: el ancho tendinoso proximal fue de 3,3 DE 1,1 mm, mientras que el distal fue de 2,8 DE 0.9 mm. La variación en el origen muscular descrita previamente corresponde a un doble vientre muscular de origen: el primero de ellos siguió la descripción usual de origen, mientras el segundo se originó desde la masa muscular del ALP, como se observa en la figura 15.

Figura 15. Superficie postero lateral del tercio distal del antebrazo izquierdo. (A) tendones del abductor largo del pulgar. (B) tendones del extensor corto del pulgar. (C) tendón del extensor largo del pulgar. (*) vientre muscular típico del extensor corto del pulgar. (**) variación del vientre muscular del extensor corto del pulgar originándose en el vientre muscular del abductor largo del pulgar.



El origen de la inervación provino del NIP en el 100% de los casos, el cual alcanzó el vientre muscular por medio de uno o dos PM, ubicados en promedio a 26,7 DE 11,7 mm desde el punto de referencia. La distribución más prevalente fue la de un PM en el 83% de la muestra, mientras que la de dos PM ocurrió en el 17% restante. No se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre la inervación y PM con relación al lado de presentación ($p=0,154$).

6.2.2.6. Extensor largo del pulgar

Se obtuvieron mediciones para las variables de longitud y ancho tendinoso evaluadas. La longitud total fue en promedio de 211,9 DE 39,1 mm, mientras que las longitudes miotendinosa y tendinosa fueron de 164,5 DE 17,6 mm y 102 DE 12,5 mm respectivamente. La longitud miotendinosa representa un 77,7% de la longitud total, mientras que la tendinosa representa un 48%.

Los anchos tendinosos proximal y distal obtuvieron el mismo promedio; sin embargo, el ancho distal obtuvo una menor desviación estándar, lo que indica una menor variabilidad comparativamente con el ancho proximal. El promedio para el ancho proximal fue de 3,4 DE 2,02 mm, mientras que el del distal fue de 3,4 DE 0,73 mm. Se obtuvo un caso de bifurcación tendinosa, que determinó un segundo ancho distal de 2,5 mm, con la misma inserción típica (expansión extensora del pulgar). No se presentaron variaciones en orígenes e inserciones comparativamente con los típicos descritos previamente.

Los datos de inervación coinciden con los de los demás músculos de la zona, a partir de ramos motores provenientes del NIP, recibiendo entre uno y cuatro PM. La mayor prevalencia se presentó en el patrón de un PM con 46.1% de la muestra total, seguida por dos PM con 38%. Las distribuciones menos prevalentes fueron las de tres y cuatro PM, representadas en un 7,7% de la muestra cada una de estas expresiones morfológicas. Éstos PM se distribuyeron espacialmente entre los 7 y 67,7 mm de distancia, desde el punto de referencia.

6.2.2.7. Extensor del segundo dedo.

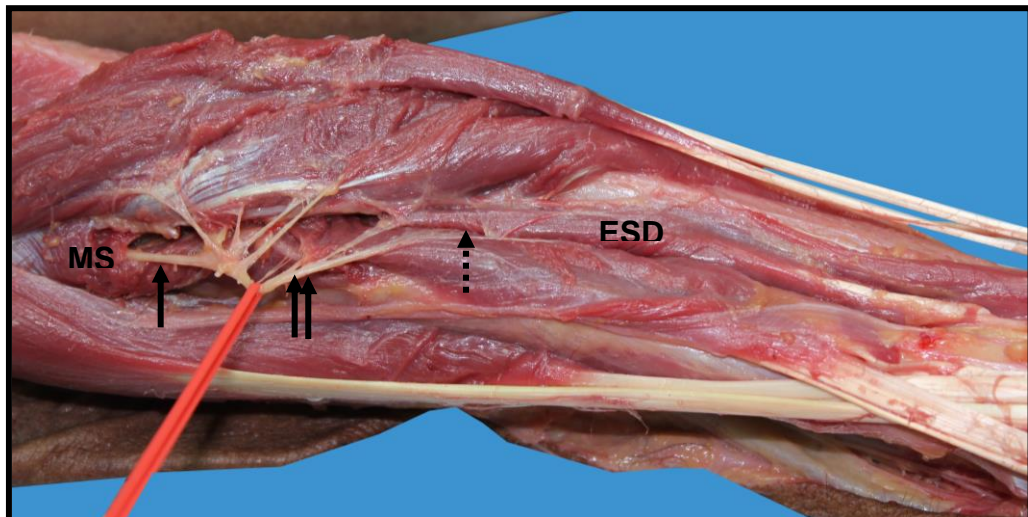
Este músculo se presentó como un vientre muscular, de origen típico según lo descrito previamente, con una prolongación tendinosa que varió entre uno y tres fascículos, para insertarse en todos los casos en la expansión extensora del segundo dedo. Su longitud total fue de 211,1 DE 22,01 mm; el promedio de la longitud miotendinosa fue de 142,3 DE 23,8 mm, y correspondió a un 67% de la

longitud muscular total. La longitud tendinosa fue la misma para los casos de uno, dos o tres fascículos, siendo de 97,3 DE 10,6 mm y representó el 46% del total muscular.

La distribución más común en cuanto a número de tendones fue la de un tendón en el 88,6% de la muestra; los patrones de dos y tres tendones presentaron prevalencias de 8,6 y 2,6% respectivamente. Los anchos tendinosos presentaron valores consistentes en ambos casos (proximal y distal), con valores de desviación estándar bajos, sin diferencias significativas entre los tres tipos de patrón de fascículos tendinosos. En el patrón más común (el de un tendón) el ancho proximal fue en promedio 4,17 DE 1,2 mm, mientras que el distal fue de 3,5 DE 1,2 mm.

El NIP proveyó inervación en todos los casos estudiados. La figura 16 muestra un ejemplo de ramificación del NIP para inervar los músculos del compartimento posterior. Éste músculo recibió entre dos y cuatro PM: dos PM en el 79,1% de los casos, tres PM en el 12,5% y cuatro PM en el 8,3%. Los PM ingresaron en promedio a 69,4 DE 23,17 mm del origen muscular.

Figura 16. Plano profundo del compartimento posterior del antebrazo izquierdo. (MS) músculo supinador. (ESD) extensor del segundo dedo. Una flecha continua: NIP. Dos flechas continuas: ramo motor para el plano profundo del antebrazo. Una flecha discontinua: ramo motor profundo hacia el abductor largo del pulgar y el extensor del segundo dedo.



6.2.2.8. Extensor del dedo mínimo.

El extensor del dedo mínimo se originó en el 100% de los casos en la masa muscular extensora del antebrazo, en conjunto con el extensor de los dedos. La longitud total fue de 305,8 DE 35,4 mm. Las longitudes miotendinosa y tendinosa fueron de 169,2 DE 22,9 mm y 115,2 DE 22,49 mm respectivamente. La longitud muscular representa un 55,3% de la longitud total, mientras que la tendinosa representa 37,6% de la misma.

En el 75% de los casos se encontró un doble fascículo tendinoso, con inserción común en la expansión extensora del quinto dedo. El doble fascículo tendinoso correspondió a una bifurcación de un tendón único inicial en el 69,4% de la muestra; el 5,6% restante se originó por dos tendones independientes que emergieron del vientre muscular del EM.

Los resultados de los anchos tendinosos fueron similares entre distales y proximales y presentaron poca variabilidad (DE pequeñas). El ancho tendinoso proximal fue en promedio 3,1 DE 0,8 mm, mientras que el del ancho distal fue de 3,4 DE 0,08 mm. Al compararlas, se determinó que no existió diferencia estadísticamente significativa entre los valores de ancho proximal y distal ($p=0,203$).

El NIP confirió la inervación de este músculo en el 100% de las muestras, presentando entre uno y tres PM. La mayoría de las muestras (85,7%) recibieron un PM; los patrones menos prevalentes fueron los de dos y tres PM, con prevalencias del 9,5 y 4,7% respectivamente. Los PM ingresaron en promedio a 92,3 mm de distancia (DE 29,4) del punto de referencia.

6.2.2.9. Extensor de los dedos.

En este músculo se analizaron las variables de longitud miotendinosa y tendinosa; adicionalmente se exploró la longitud total definida como la distancia desde el punto del origen muscular hasta el punto de unión del tendón del tercer dedo a la expansión extensora, es decir, la articulación metacarpofalángica del tercer dedo. El músculo presentó de forma variable entre 3 y 4 tendones, insertos en la expansión extensora del segundo al cuarto o quinto dedo.

No se presentaron variaciones en origen o inserción muscular. La longitud total correspondió a 331,5 DE 21,8 mm. Las dimensiones miotendinosas y tendinosas se clasifican por tendones y se presentan en la tabla 8. Se observaron tres fascículos tendomusculares, para los dedos dos, tres y cuatro, en el 71% de los casos, mientras que en el 29% restante se presentaron cuatro, para todos los dedos con excepción del pulgar. El fascículo musculotendinoso hacia el tercer dedo fue el de mayor longitud, con un promedio de 236,9 DE 28,1 mm, seguido por el del cuarto dedo con una longitud de 219,5 DE 25,8 mm.

En cuanto a las longitudes tendinosas, la más prolongada fue la del cuarto dedo, con 204,9 DE 34,4 mm, seguida por la del tendón para el segundo dedo, con 162,4 DE 22,9 mm. Las longitudes tendinosas de segundo, tercer, cuarto y quinto dedo corresponden respectivamente al 49%, 62%, 44% y 38,5% de la longitud total del extensor de los dedos.

Tabla 8. Estadísticos descriptivos para las longitudes tendinosas y miotendinosas de los fascículos del extensor de los dedos, desde el segundo al quinto dedo. Las medidas se expresan en milímetros

	Miotendinosa 2	Tendinosa 2	Miotendinosa 3	Tendinosa 3	Miotendinosa 4	Tendinosa 4	Miotendinosa 5	Tendinosa 5
Media	214,2	162,4	236,9	204,9	219,5	144,4	169,8	126,8
Mediana	213	161,5	243	217,5	220	134	157	129
Desv. Estand.	24,2	22,9	28,1	34,4	25,8	31,4	32	23,8
Mínimo	159	125	142	117	179	101	136	92
Máximo	265	232	278	246	310	219	218	161

La inervación provino de un ramo motor del NIP, representado en PM que variaron en número entre tres y doce. El patrón de PM de mayor prevalencia fue el de cuatro PM, presente en el 44,4% de la muestra, seguido de cinco PM con una prevalencia de 26%. El mayor número de PM se encontró en el 3,7% de la muestra, que presentaron 12 PM.

En todas las muestras se observaron puentes tendinosos comunicantes entre los tendones del extensor de los dedos, uniendo de forma típica los tendones de segundo y tercer dedo y los de tercer y cuarto dedo. En menor cantidad se observó la presencia de comunicación tendinosa entre cuarto y quinto dedo (22% de la muestra).

6.3. CORRELACIÓN ENTRE MEDICIONES ANTROPOMÉTRICAS, MORFOMÉTRICAS Y PM.

Luego de obtener las mediciones morfométricas se procedió a comparar las longitudes de cada músculo con su número de puntos motores, con el fin de evaluar la posible correlación existente. Se evaluó la hipótesis de normalidad con la prueba de Shapiro-Wilk, encontrando que, entre las variables de longitud, sólo la longitud total del extensor largo del pulgar y el extensor ulnar del carpo siguieron una distribución no normal. Todas las variables de número de PM siguieron una distribución no normal, por lo cual se decidió aplicar la prueba de correlación de Spearman.

La tabla 9 muestra las correlaciones evaluadas con sus respectivos valores de significancia estadística para la prueba Rho de Spearman. Se evaluó la correlación entre la longitud del segmento y el número de PM de cada músculo, así como la correlación entre la longitud total del músculo y el número de PM correspondiente.

Tabla 9. Correlación de Spearman para variables morfométricas, antropométricas y puntos motores.

Correlación	P
Longitud de brazo vs. Número total de PM tríceps braquial	0,422
Longitud de la cabeza larga tríceps braquial vs. Número de PM cabeza larga tríceps braquial	0,763
Longitud de la cabeza medial tríceps braquial vs. Número de PM cabeza medial tríceps braquial	0,864
Longitud de la cabeza lateral tríceps braquial vs. Número de PM cabeza lateral tríceps braquial	0,011
Longitud de brazo vs. número de PM cabeza larga tríceps braquial	0,866
Longitud de brazo vs. Número de PM cabeza medial tríceps braquial	0,734
Longitud de brazo vs Número de PM cabeza lateral tríceps braquial	0,074
Longitud de antebrazo vs. Número de PM braquiradial	0,197
Longitud de antebrazo vs. Número de PM extensor radial largo del carpo	0,571
Longitud de antebrazo vs. Número de PM extensor radial corto del carpo	0,924
Longitud de antebrazo vs. Número de PM extensor ulnar del carpo	0,077
Longitud de antebrazo vs. Número de PM extensor de los dedos	0,375
Longitud de antebrazo vs. Número de PM abductor largo del pulgar	0,639
Longitud de antebrazo vs. Número de PM extensor corto del pulgar	0,343
Longitud de antebrazo vs. Número de PM extensor largo del pulgar	0,279
Longitud de antebrazo vs. Número de PM extensor del dedo mínimo	0,956
Longitud de antebrazo vs. Número de PM extensor del segundo dedo	0,159
Longitud total braquiradial vs. Número de PM braquiradial	0,745
Longitud total extensor radial largo del carpo vs. Número de PM extensor radial largo del carpo	0,950
Longitud total extensor radial corto del carpo vs. Número de PM extensor radial corto del carpo	0,880
Longitud total extensor ulnar del carpo vs. Número de PM extensor ulnar del carpo	0,539
Longitud total extensor de los dedos vs. Número de PM extensor de los	0,931

dedos	
Longitud total abductor largo del pulgar vs. Número de PM abductor largo del pulgar	0,811
Longitud total extensor corto del pulgar vs. Número de PM extensor corto del pulgar	0,270
Longitud total extensor largo del pulgar vs. Número de PM extensor largo del pulgar	0,786
Longitud total extensor del dedo mínimo vs. Número de PM extensor del dedo mínimo	0,989
Longitud total extensor del segundo dedo vs. Número de PM extensor del segundo dedo	0,631

De las posibles correlaciones analizadas, sólo se evidenció significancia estadística para la correlación entre longitud total de la cabeza lateral y el número de PM del mismo vientre ($p=0,011$).

7. DISCUSIÓN

El presente estudio tuvo como objetivo evaluar la expresión morfológica y biométrica tendomuscular y de los puntos motores del compartimento posterior del miembro superior en una muestra de especímenes cadavéricos frescos de un grupo poblacional mestizo colombiano. El estudio morfométrico propuesto permite asegurar que la morfología de los componentes tendomusculares y PM del compartimento posterior presenta variabilidad importante en la población estudiada.

A nivel proximal, los resultados obtenidos en nuestra muestra poblacional no evidenciaron diferencias estadísticamente significativas al comparar los hemicuerpos. Es decir, los datos de morfometría se mantienen consistentes entre derecha e izquierda. Fue posible obtener datos de variabilidad tendomuscular y biometría de PM; sin embargo, en muchas de las variables estudiadas no es posible establecer comparaciones entre la muestra de referencia y la estudiada en otras partes del mundo o de Colombia, dado que no existen estudios morfométricos similares para estas estructuras.

El tríceps braquial, el más prominente músculo apendicular y el principal extensor de la articulación del codo, siguió en términos generales la estructura típica descrita en los textos clásicos de morfología humana: tres vientres musculares que concluyen para insertarse en el olecranon de la ulna. Sus orígenes fueron determinados y se concluyó que no existió variabilidad en los mismos, por lo cual estos también se ciñen a lo descrito en el capítulo cuatro del presente trabajo (15–17).

La existencia de vientres musculares adicionales para el tríceps braquial ha sido reportada ocasionalmente(30–32,52). Una cuarta cabeza de este músculo puede estar relacionada con una mayor capacidad de generación de torque en extensión,

por lo cual establecer su prevalencia en nuestra población es de especial interés. Sin embargo, los reportes de investigación revisados en este campo corresponden a reportes de casos, lo cual indicaría una baja prevalencia de la variación. En los resultados mostrados no se presentaron casos de cuatro cabezas de tríceps.

La morfometría del tríceps braquial reveló que, de forma consistente, la cabeza larga tiene una longitud mayor que las otras dos. Al aplicar la prueba de rangos con signo de Wilcoxon para comparación entre variables relacionadas, no paramétricas, se evidenció que la diferencia entre la longitud de la cabeza larga comparativamente con la medial y la lateral fue estadísticamente significativa ($p < 0,0001$). Los datos de longitud de la cabeza larga fueron cercanos a los de la longitud del brazo; sin embargo, los resultados de la prueba t de Student para comparación de medias entre ambas variables mostró que ésta diferencia es estadísticamente significativa ($p = 0,001$).

Los datos de morfometría de los componentes miotendinosos se describen en el capítulo seis. La longitud miotendinosa proximal representó aproximadamente el 42% de la longitud total del músculo (considerando el dato del vientre de mayor longitud: la cabeza larga), mientras que la miotendinosa distal representó el 48% de la misma. La morfometría de los segmentos miotendinosos del tríceps no ha sido reportada en la literatura. El conocimiento de las longitudes miotendinosas son de importancia en los procesos de reparación y cicatrización muscular, considerando que la reparación del tejido muscular magro puede tener niveles y procesos diferentes a los de las porciones en las que se ubican tejido tendinoso de recubrimiento. Los modelos de estudio de reparación del músculo enfatizan en la capacidad de recuperación de las fibras musculares, así como en las moléculas que se involucran en el proceso, sin considerar la diferencia estructural y funcional de la unión tendinosa propia del tríceps que puede generar un residuo cicatrizal que interfiere funcionalmente con el músculo post lesión(53–55).

El origen de la inervación del tríceps braquial ha sido sujeto de estudios morfológicos, dada la publicación de reportes de caso en los que se describe la inervación proveniente de un ramo motor del NA(43,56). De Sèze et al(42) reportaron que la inervación de este vientre muscular estuvo dada por el NA y no por el NR, como está tradicionalmente descrito y en concordancia con un reporte de caso reciente de Nanjundaiah et al evidenciado biltateralmente en un cadáver de origen Indio(43).

El estudio de De Séze et al fue realizado en dos grupos: cadáveres embalsamados disecados y pacientes sometidos a procedimiento quirúrgico que requería intervención del plexo braquial para neurólisis o neurorafia por lesión de los ramos anteriores de C5 a C6. En ambos casos se realizó abordaje proximal del plexo braquial, siguiendo los troncos nerviosos de interés: radial y axilar. En el grupo II del estudio (pacientes sometidos a cirugía de plexo braquial) se realizó confirmación de la distribución muscular de los ramos nerviosos por medio de la estimulación de los mismos y la observación de la contracción muscular resultante. En ambos casos se obtuvieron prevalencias altas de inervación de la cabeza larga por parte del NA, siendo de 65% en el grupo I y 73% en el grupo dos, con una prevalencia total de 68,5%(42).

El presente estudio evaluó el origen de la inervación motora de las cabezas del tríceps braquial desde el NR. En todos los casos se evidenció un ramo motor desde el NR inervando la cabeza larga, sin inervación por parte del NA, lo cual contradice los resultados de De Séze et al. Los resultados no concordantes pueden atribuirse a varios factores. Desde el punto de vista instrumental, los abordajes fueron distintos. Este trabajo se realizó desde un abordaje posterior, con incisión en línea media del brazo y ubicación de los componentes nerviosos a partir de la disección profunda del tríceps y las estructuras relacionadas, mientras que el trabajo de De Séze se realizó por medio de un abordaje superior, de proximal a distal. En ambos casos es posible identificar de forma errónea un ramo

muscular, así como no identificar estructuras que pueden ser seccionadas o ignoradas durante la disección.

Adicionalmente, los autores evaluaron la respuesta muscular a la estimulación eléctrica. Si bien esta estimulación confirma la existencia de inervación desde el NA, no descarta la inervación por parte del radial. Las características de la estimulación también pueden influir en la respuesta muscular, sea por localización del estímulo (muy cercano al NR puede traducirse en un falso positivo) o por la intensidad de mismo, que puede activar ramos motores que no pertenezcan al NA pero se encuentren en la zona de posible estimulación.

El patrón de inervación del NR hacia el tríceps fue determinado. En un 50% de los casos se observaron 4 ramos motores, mientras que en el 50% restante se encontraron dos, tres o cinco ramos. De estos ramos, el primero fue constantemente el que aportó la inervación para la cabeza larga. La llegada del ramo motor fue a la cara medial de la cabeza larga en el 100% de los casos.

La localización y distribución de las ramas del NR hacia el tríceps braquial son determinantes en la determinación de las posibles transferencias nerviosas hacia músculos lesionados, puesto que al retirar uno de los ramos (para proveer inervación al músculo deltoides, por ejemplo), es posible mantener la función en extensión de brazo gracias a la acción de los dos vientres musculares indemnes. Dada la proximidad en la zona, el punto de referencia de elección puede ser el borde inferior de la inserción del latísimo del dorso, tal como fue utilizado en el presente estudio, o el borde inferior del músculo redondo mayor(44,47)

El punto de origen del ramo motor para cada vientre muscular puede ser determinante al elegir un ramo donante en la recuperación de la función del músculo deltoides, en los casos de lesión alta del plexo braquial. Otros factores a considerar son el número de ramos motores que recibe cada vientre muscular y el

aporte que cada cabeza realiza a la extensión del codo. Dado que la cabeza lateral recibe usualmente un solo ramo motor, algunos autores han señalado que es preferible utilizar alguno de los ramos que inervan a la cabeza medial(11). Sin embargo, considerando que el aporte de la cabeza larga a la extensión del codo resulta ser la menos significativa en comparación con los otros dos vientres(46) y que el origen del ramo motor para la cabeza larga es el más superior en comparación con los demás ramos motores, otros autores recomiendan el uso de este ramo motor en transferencia nerviosa(44–46,57).

La amplia variabilidad en cuanto a número de PM y su distribución llamaron especialmente la atención en el presente trabajo. El tríceps braquial obtuvo en total entre ocho y veinte PM, siendo la cabeza larga la que recibió mayor cantidad de PM. La diferencia entre la cantidad de PM para la cabeza larga, comparativamente con las cabezas lateral y medial, fue estadísticamente significativa ($p= 0,005$ y $0, 001$). El área de dispersión de los PM resulta un dato de relevancia en el contexto clínico.

La ubicación de los PM es esencial en la adecuada aplicación de terapia de estimulación eléctrica. La aplicación de corriente eléctrica de alto voltaje es utilizada como modalidad física de rehabilitación en lesiones nerviosas, musculares o neuromusculares en las que existe compromiso primario o de la función motora; varios autores han resaltado la necesidad de localizar los PM con el fin de optimizar el tratamiento, razón por la cual los resultados presentados destacan por su relevancia, al permitir localizar el área de dispersión de los PM en una muestra poblacional colombiana(3,12,58,59)

Los resultados del análisis de correlación para el tríceps braquial muestran que sólo en el caso de la cabeza lateral se evidencia una posible correlación entre la longitud muscular y el número de PM, lo cual podría indicar que en este músculo, una mayor longitud puede indicar una mayor cantidad de PM. En los demás

músculo no se evidenció correlación. Debido a que este estudio se limita a la descripción de los PM, sin evaluar el recorrido nervioso intrafascicular, no es posible profundizar en la discusión con respecto a este tema. Una mayor área transversal, así como otras variables de la morfología muscular, se correlacionan con la mayor generación de torque y por ende mejor rendimiento muscular(53).

Los estudios morfológicos sobre inervación del tríceps no presentan análisis de correlación entre variables, con lo cual se confirma la necesidad de una mayor rigurosidad en el aspecto metodológico y de análisis estadístico de esta clase de estudios. Adicional a esto, el presente reporte de investigación llama la atención en la necesidad de evaluar otros factores relacionados con la anatomía y fisiología muscular, con el fin de determinar si existe correlación positiva entre el número de PM que puedan tener implicaciones funcionales.

El análisis morfométrico de las estructuras estudiadas permitió establecer un referente anatómico para docencia e investigación. Los datos de los músculos del antebrazo son de especial importancia en la determinación de los límites de normalidad para las características macroscópicas tendomusculares y sus patrones de inervación nerviosa. No se encontraron estudios en la literatura revisada en los que se realizara morfometría muscular para los músculos del antebrazo. Esto implica que este estudio representa uno de los primeros referentes en el tema.

Las proporciones miotendinosas y tendinosas en relación con la longitud total muscular permiten establecer un referente para la comprensión de la morfología de la zona y las aplicaciones que esta tiene desde el punto de vista clínico y quirúrgico. Para el músculo braquiradial, por ejemplo, se identificó una longitud tendinosa corta, que representa aproximadamente el 27% de la longitud muscular total. Dado que no se evidenciaron fascículos tendinosos o musculares adicionales, es posible que el braquiradial no sea la primera elección para la sustracción de tejido para injertos o tenorrafias en cirugía de mano.

De forma similar fueron evaluados los músculos ERLC y ERCC. En estos casos, la longitud tendinosa representa más de la mitad de la longitud muscular. Jang et al evaluaron la morfometría tendinosa de varios músculos en el antebrazo, con el fin de determinar si alguno de ellos pudiera servir como donante en la reconstrucción del ligamento radioulnar. Los autores concluyeron que era necesario un injerto de 138 mm y otro de 89 mm de longitud; los músculos evaluados no cumplieron el criterio para la longitud de 138 mm. Sin embargo, estos autores no evaluaron la morfometría de ERLC y ERCC, la cual en nuestro estudio fue de 178 mm para el ERLC. Puesto que ambos músculos ejecutan la misma función (extensión de la muñeca), el ERLC podría perfilarse como candidato en esta clase de procedimientos(60)

En la muestra estudiada no se evidenciaron variaciones en las inserciones de ERLC ni ERCC, lo cual va en concordancia con lo reportado por Ferreira Caetano et al. Los autores señalaron la presencia de una hendidura tendinosa en ERLC en el 23% de la muestra estudiada; nuestro estudio no reporta ningún caso de hendidura tendinosa. Finalmente, Ferreira Caetano et al registran una prevalencia del 28% de vínculos tendinosos entre ERLC – ERCC; dicha prevalencia fue de sólo el 8% en el presente estudio, lo cual podría deberse a variabilidad propia de la raza, puesto que el estudio mencionado utilizó muestras de cadáveres de raza blanca(35).

Una de las zonas de mayor interés en este estudio es la del primer compartimento extensor, sobre el cual se ha reportado importante variabilidad, de implicación clínica y en la patogénesis de síndromes de trauma repetitivo. En este aspecto, la amplia variabilidad morfológica del abductor largo del pulgar es la que más llama la atención. Algunos reportes de caso han llamado la atención en la variación en la estructura e inserción de los tendones del ALP, registrando inserciones en el escafoides, en la base de los músculos de la eminencia tenar y variabilidad en el

número de tendones(61–64). En nuestro estudio el ALP presentó entre uno y cuatro, indicando que sólo en el 2,6% de la muestra se evidenció un solo tendón y siendo la distribución de dos tendones la más común, presente en el 68,4% de los casos estudiados. De forma similar, los estudios de Jackson et al y de López et al reportan como el patrón más común la de dos tendones, con prevalencias entre 52% y 57%(20,24).

Los tendones de este compartimento discurren por el aspecto lateral del antebrazo para dirigirse hacia el primer dedo. En su trayecto, pasan a través de un túnel fibroso que contiene los tendones del ALP y el ECP. Algunos autores han llamado la atención en la relación de este conjunto de variables, la variabilidad en el número de tendones y la anatomía del túnel fibroso, con la patogénesis de la enfermedad de De Quervain(20).

En cuanto a la morfología del túnel fibroso, la presencia de un septo que separa los tendones del ALP y del ECP ha llamado especialmente la atención de los investigadores. Los estudios revisados muestran una amplia variabilidad en cuanto a prevalencias: mientras en el estudio de Jackson et al la prevalencia es de tan solo el 9%, Gonzalez et al reportan un 47% y López et al llegan hasta un 66%(20,24,33). En nuestro estudio la prevalencia total fue de 56%, en los que se presentaron casos de septo completo o parcial en el túnel fibroso, separando los tendones de ambos músculos. La presencia de un componente adicional en el túnel fibroso podría asociarse como un factor de riesgo para el desarrollo de enfermedad de De Quervain, puesto que supone una mayor compresión ejercida en los tendones de ALP y ECP; sin embargo, son necesarios estudios complementarios que contribuyan a confirmar o descartar esta hipótesis(20,24)

De forma similar se ha reportado variaciones en el número de tendones del ECP, las cuales son menos prevalentes comparativamente con el ALP. En el presente estudio se encontró una prevalencia de 2,8% de ECP con dos tendones, siendo el

restante 97,2% correspondiente al patrón de un solo tendón. Esto va en línea con lo reportado por otros autores: González et al reportan dos tendones en 1,6% de los casos, López et al señalan la presencia de dos tendones en el 6,2%, Jackson et al en el 5% y Nayak et al presenta la mayor variabilidad, encontrando dos tendones en el 11% y tres tendones en el 2,8% de la muestra(20,24,29,33).

Una fuente de variabilidad tendinosa adicional en los músculos del compartimento posterior del antebrazo se observó en el extensor del segundo dedo, el cual varió en número de tendones entre uno y tres, con prevalencias de 88,6% para el patrón de un solo tendón y de 8,6% y 2,6% para dos y tres tendones respectivamente. Un reporte de caso revisado encontró un caso de doble tendón del extensor del segundo dedo, señalándolo como una variación inusual para este músculo(22). Otro reporte de caso muestra la ausencia del extensor del segundo dedo en conjunto con una variación del extensor de los dedos(65); estos hallazgos no se evidenciaron en el presente estudio. No se encontraron otros reportes de investigación que permitan contrastar nuestros hallazgos.

Una fuente adicional de variabilidad tendinosa estuvo representada en el tendón del extensor del quinto dedo. Un total de 75% de la muestra de estudio presentó un doble tendón propio del quinto dedo (aparte del tendón del músculo extensor de los dedos). En la literatura revisada no se encontraron estudios que reporten datos de morfología o morfometría de este músculo, por lo cual no fue posible realizar contraste de resultados. El tendón del extensor del quinto dedo puede considerarse una opción para la extracción de material para injertos tendinosos, sin embargo debe considerarse que es posible encontrar un grupo pequeño de individuos que no reciban aporte tendinoso del extensor de los dedos y cuyo extensor del dedo mínimo esté conformado por sólo un tendón, en cuyo caso es deseable mantener la función extensora del quinto dedo (60).

La variabilidad morfológica del extensor de los dedos se vio representada en el número de sus prolongaciones tendinosas, los dedos que abarcan los mismos y la presencia de comunicaciones tendinosas. La existencia del puente tendinoso entre el cuarto dedo y el dedo mínimo fue registrada en el 22% de los casos. Cabe recordar que la existencia del extensor del dedo mínimo suple la función de extensión del dedo en sus articulaciones, en el caso de inexistencia del tendón desde el extensor de los dedos. Un reporte de caso publicado en 2009 presentó la ocurrencia de un extensor de los dedos “hipoplásico”, el cual envió prolongaciones tendinosas a los dedos tres y cuatro(65). En nuestra experiencia, no se evidenciaron casos de modificación del patrón usual o de la presentación de cuatro tendones del extensor de los dedos. Las comunicaciones tendinosas fueron reportadas, sin embargo no se realizaron mediciones morfométricas, las cuales podrían aportar al conocimiento morfológico y la comprensión de la biomecánica de la mano en futuras investigaciones.

El patrón de inervación del compartimento posterior ha sido estudiado con poca frecuencia. Elgafy et al, así como Missankov et al realizaron registros morfológicos sobre la distribución de los ramos motores del NIP, así como el orden en que el mismo provee inervación a los músculos del compartimento posterior del antebrazo(21,49). Por otro lado, Abrams et al estudiaron el número de PM para cada músculo, con referencia a un punto ubicado a 100 mm proximal al epicóndilo lateral del húmero(2). El presente reporte de investigación registró la forma en la que los músculos estudiados fueron inervados por ramos motores del NIP y el número de puntos motores.

Los resultados sobre orden de emergencia de los ramos motores del NIP reportados por los estudios de Elgafy y Missankov fueron presentados en el marco teórico del presente trabajo. En ambos casos no se evaluó la inervación de los músculos antes del supinador: braquiradial, ERLC y ERCC. El patrón de distribución encontrado con mayor frecuencia en el presente estudio coincide con

lo reportado por Missankov et al; las diferencias con el orden planteado por Elgafy son pocas, por lo cual es posible concluir que la variabilidad entre las muestras poblacionales de los tres estudios(21,49).

La tabla 10 presenta los resultados de distancias de dispersión y PM de los músculos estudiados por Abrams et al. El número de PM está expresado en media y el área de dispersión en milímetros con respecto al punto de referencia (100 mm por encima del epicóndilo humeral lateral)(2). En la experiencia del análisis de datos del presente estudio se pudo corroborar que los números de PM siguieron una distribución no normal. Considerando adicionalmente el bajo número de la muestra estudiada, es posible que los resultados del estudio de Abrams et al se hayan comportado de forma similar a los del presente estudio. En tal situación, no sería conveniente la presentación de promedios, puesto que no representan de forma fiel la distribución de los datos en muestras con distribución no normal. No se cuenta con los valores de mediana de los datos, por lo cual la comparación de estos resultados con los del presente estudio se ven limitados.

Tabla 10. Área de dispersión y número de puntos motores en el compartimento posterior del antebrazo. Las medidas de área de dispersión se presentan en milímetros y la de puntos motores en número de puntos motores.

Músculo	Área de dispersión	Media de puntos motores
Braquiradial	97,2 – 112,6	2,9
Extensor radial largo del carpo	117,4 – 136,2	3,8
Supinador	157,3-172,8	3,9
Extensor radial corto del carpo	182,1-206,4	3,4
Extensor de los dedos	215,8 – 237,4	4,6
Extensor ulnar del carpo	219,5 – 228,2	2,8

Extensor del dedo mínimo	229,2 – 236,0	1,6
Abductor largo del pulgar	235,0 - 253,0	2,7
Extensor largo del pulgar	253,3 – 278,4	2,5
Extensor corto del pulgar	285,8 – 289,0	1,3
Extensor del segundo dedo	299,8 – 300,7	1,1

Adaptado de: Abrams R a, Ziets RJ, Lieber RL, Botte MJ. Anatomy of the radial nerve motor branches in the forearm. J Hand Surg Am. 1997;22(2):232–7.

El estudio de la ramificación del NIP dio como resultado el establecimiento del número de PM para cada músculo estudiado, así como su área de dispersión, tomando como referencia el origen de cada músculo medido. Los resultados se resumen en la tabla 11. Los datos han sido presentados en el apartado de “resultados” del presente documento; al considerar las características de distribución de los datos de medición de PM, como se mencionó previamente, se optó por presentar en la tabla la distribución más prevalente, con su respectivo porcentaje.

Tabla 11. Área de dispersión (en milímetros de distancia desde el origen muscular) y patrón de número de puntos motores (en número de puntos motores) para los músculos estudiados. El patrón de número de puntos motores corresponde al valor (o los valores) más prevalentes en la muestra estudiada.

Músculo	Área de dispersión	Patrón de número de puntos motores
Cabeza larga del tríceps braquial	40 – 141	3 (26%) y 4 (23%)
Cabeza medial del tríceps braquial	15 – 154	2 (33%) y 3 (33%)
Cabeza lateral del tríceps braquial	19 – 130	3 (45%)
Braquiradial	41 - 156	2 (44%)

Extensor radial largo del carpo	8 – 63	2 (39%) y 1 (36%)
Extensor radial corto del carpo	3 – 70	2 (56%)
Extensor de los dedos	34 - 108	4 (44%) y 5 (26%)
Abductor largo del pulgar	5 – 71	3 (39%) y 2 (36%)
Extensor corto del pulgar	7 – 46	1 (83%)
Extensor largo del pulgar	7 – 68	1 (46%) y 2 (38%)
Extensor del dedo mínimo	13 – 129	1 (86%)
Extensor del segundo dedo	14 - 102	2 (79%)
Extensor ulnar del carpo	41 – 81	2 (40%) y 1 (32%)

Cumpliendo con uno de los objetivos planteados, se evaluó la posible correlación entre los datos de longitud muscular y los datos antropométricos con el número de PM. La ejecución de la prueba de Rho de Spearman comprobó la no existencia de correlación entre las variables estudiadas, con excepción de la correlación entre la longitud de la cabeza lateral del tríceps braquial y el número de puntos motores de éste vientre muscular ($p=0,011$). Este tipo de correlaciones no se ha establecido en otros estudios que puedan servir de referencia. El número de PM, así como el área transversal de la fibra muscular, podría relacionarse con mayor capacidad de generación de torque, sin embargo, esta relación aún está por plantearse y confirmarse. En cuanto a la longitud muscular, no se ha descrito hasta el momento alguna correlación de la misma con aspectos morfológicos, como el número de PM(4), por lo cual dicha correlación estadística debe ser explorada en futuras investigaciones.

Los datos presentados proveen información de aplicabilidad en múltiples áreas clínicas y del conocimiento. La falencia en el conocimiento sobre los puntos

motores es un común denominador entre los libros de texto clásicos (15–19) y cuenta con pocos reportes de investigación disponibles(2). Desde el punto de vista clínico, el acercamiento al mapeo de los PM de cada músculo aporta en la aplicación de terapia de corriente eléctrica de alto voltaje. Gobbo et al, así como otros autores, llaman la atención en la importancia de la localización del PM para la optimización de la electroterapia de estimulación neuromuscular(3,12,58,59).

Otra aplicación clínica se basa igualmente en la localización del PM, en este caso para su inyección con medicamentos que busque aliviar la hipertonía o espasticidad, en casos severos de enfermedad neurológica. La aplicación de fenol y botulina tóxica en los músculos afectados por espasticidad severa ha probado contribuir a la disminución del tono muscular, con lo cual se provee al paciente de la movilidad necesaria para participar dentro de los procedimientos de rehabilitación física(6,7,9,66,67).

Finalmente, el conocimiento sobre la ubicación de los PM permite refinar los procedimientos de electrodiagnóstico y electromiografía. La estimulación del vientre muscular con fines evaluativos permite la clasificación, diagnóstico y esclarecimiento de pronóstico de múltiples afecciones neurológicas, neuromusculares y musculares. En el caso de la electromiografía, el estudio de la actividad muscular debe evitar, de preferencia, la localización de los electrodos sobre la zona de dispersión de los PM. Esto con el fin de evitar la “señal ruidosa”, es decir la interferencia, sobre el patrón de ondas obtenidos durante la evaluación(68).

El estudio de la morfología humana, en especial la del sistema muscular y nervioso periférico, no ha recibido atención en las décadas recientes, debido a la percepción de “área de estudio agotada” entre los investigadores en ciencias de la salud. No obstante, estudios como el presente y muchos otros referenciados en este trabajo, confirman la necesidad de estudio en el área, dada la amplia

variabilidad evidenciada y la importancia que desde la aplicabilidad clínica tiene este conocimiento.

8. CONCLUSIONES

- La variabilidad morfológica y morfométrica del compartimento posterior del miembro superior debe ser estudiada con profundidad, considerando la variabilidad ya expuesta en nuestra muestra poblacional.
- Los estudios morfológicos deben considerar la aplicación rigurosa de las herramientas estadísticas, sin perder de vista el componente de descripción anatómica detallada, con el fin de obtener resultados confiables y comparables entre estudios.
- La determinación del número de PM tomando como referencia metodológica el abordaje posterior, representa un método económico, aunque dispendioso en términos de tiempo, que permite la evaluación de la anatomía de la zona, con base en la habilidad del evaluador para la identificación de los mismos.
- Los datos de morfometría de tendones de la zona estudiada permiten obtener información de relevancia clínica y quirúrgica, en especial en lo que respecta al primer compartimento extensor, teniendo en cuenta su gran variabilidad morfológica.

BIBLIOGRAFÍA

GOBBO, Massimiliano; MAFFIULETTI, Nicola; ORIZIO, Claudio; MINETTO, Marco. Muscle motor point identification is essential for optimizing neuromuscular electrical stimulation use. En: J Neuroeng Rehabil. Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation. 2014. vol. 11, no. 1, p. 11-17.

JACKSON, William; VIEGAS, Steven; COON, Thomas. Anatomical First Variations Compartment in the of the Wrist. En: J Bone Joint Surg Am. 1986. vol. 68, no. 6, p. 923–926.

KRETSCHMER, Thomas; HEINEN, Christian; ANTONIADIS, Gregor; RITCHER, Hans-Peter. Iatrogenic nerve injuries. En: Neurosurg Clin N Am. 2009. vol. 20, p. 73–90.

MOORE, Keith, DALLEY, Agur. Anatomía con orientación clínica. Sexta Edic. Barcelona: Wolters Kluwer Health España SA; 2011.

SUNDERLAND, Sydney. Nervios periféricos y sus lesiones. Salvat Editores S.A.; 1985.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. SUNDERLAND, Sydney. Nervios periféricos y sus lesiones. Salvat Editores S.A.; 1985.
2. ABRAMS, Reid; ZIETS, Robert; LIEBER, Rrichard; BOTTE, Michael. Anatomy of the radial nerve motor branches in the forearm. En: J Hand Surg Am. 1997. vol. 22, no. 98, p. 232–237.
3. GOBBO, Massimiliano; MAFFIULETTI, Nicola; ORIZIO, Claudio; MINETTO, Marco. Muscle motor point identification is essential for optimizing neuromuscular electrical stimulation use. En: J Neuroeng Rehabil. Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation. 2014. vol. 11, no. 1, p. 11-17.
4. LIEBER Richard. Capítulo 2: Fisiología del músculo esquelético. En: Estructura del músculo esquelético, función y plasticidad. 2 ed. Madrid: McGraw-Hill – INTERAMERICANA DE ESPAÑA; 2004. p. 46-112.
5. BOWDEN, Jocelyn; MCNULTY, Penelope. Mapping the motor point in the human tibialis anterior muscle. En: Clin Neurophysiol. 2012. vol. 123, no. 2, p.386–392.
6. KOMAN, Andrew; PATERSON, Beth. Spasticity associated with cerebral palsy in children: guidelines for the use of botulinum A toxin Title. En: Paediatr Drugs. 2003. vol. 5, no. 1, p. 11–23.
7. HOARE, Brian; WALLEN, Margaret; IMMS Christine; VILLANUEVA, Elmer, RAWICKI, Hyam; CAREY, Leeanne. Botulinum toxin A as an adjunct to treatment in the management of the upper limb in children with spastic cerebral palsy (UPDATE) (Internet). Cochrane Database Syst Rev. (citado: 25-05-2014). Disponible en internet: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/14651858.CD003469.pub4/epdf>
8. LUKBAN, Marissa; ROSALES, Roberto; DRESSLER, Dirk. Effectiveness of botulinum toxin A for upper and lower limb spasticity in children with cerebral palsy: a summary of evidence. En: Neural Transm. 2009. vol. 116, no. 3, p. 319–331.
9. SMANIA, Nicola; COLOSIMO, Carlo; BENTIVOGLIO, Rita; SANDRINI, Giorgio; PICELLI, Alessandro. Use of botulinum toxin type a in the management of patients with neurological disorders: A national survey. En: Funct Neurol. 2014. vol. 28, no. 4, p. 253–258.

10. FRIDÉN, Jan; GOHRITZ, Andreas. Brachialis-to-extensor carpi radialis longus selective nerve transfer to restore wrist extension in tetraplegia: Case report. En: J Hand Surg Am. 2012. vol. 37, no. 8, p. 1606–1608.
11. TUNG, Thomas; MACKINNON, Susan. Nerve Transfers: Indications, Techniques, and Outcomes. J Hand Surg Am. En: 2010. vol. 35, no. 2, p. 332–341.
12. OKUMA, Yoshino; BERGQUIST, Austin; HONG, Mandy; CHAN, Ming; COLLINS, David. Electrical stimulation site influences the spatial distribution of motor units recruited in tibialis anterior. En: Clin Neurophysiol. 2013. vol. 124, no.11, p. 2257– 2263.
13. ZHANG, John; MOORE, Abigail; STRINGER, Mark. Iatrogenic upper limb nerve injuries: A systematic review. En: ANZ J Surg. 2011. vol. 81, no. 4, p.227–236.
14. KRETSCHMER, Thomas; HEINEN, Christian; ANTONIADIS, Gregor; RITCHER, Hans-Peter. Iatrogenic nerve injuries. En: Neurosurg Clin N Am. 2009. vol. 20, p. 73–90.
15. PRÓ, Eduardo. Anatomía Clínica. Buenos Aires: Editorial Médica Panamericana; 2012.
16. MOORE, Keith, DALLEY, Agur. Anatomía con orientación clínica. Sexta Edic. Barcelona: Wolters Kluwer Health España SA; 2011.
17. SCHUNKE, Michael; SCHULTE, Erick; SCHUMACHER, Udo. Prometheus: texto y atlas de anatomía. Madrid: Editorial Médica Panamericana; 2006.
18. WILLIAMS, Peter. Anatomía de Gray. Bases anatómicas de la medicina y la cirugía. 38va ed. Madrid: Harcourt Brace de España; 1998.
19. NETTER, Frank. Atlas de Anatomía. Quinta. Barcelona: Wolters Kluwer Health España SA; 2011.
20. LÓPEZ, Javier; BARÓN, Carlos; ORVAÑANOS, Carlos. Repercusión de la variabilidad anatómica del primer compartimento extensor de la mano en la enfermedad de De Quervain. En: Cir Plast Ibero-Latinoamericana. 2011. vol. 37, no. 3, p. 289–293.
21. MISSANKOV, Alexander; SEHGAL, Arkvind; MENNEN, Ulrich. Variations of the posterior interosseous nerve. En: J Hand Surg Br. 2000. vol. 25, no. 3, p. 281–282.

22. VENUGOPAL, Satya; MALLULA, Sree. Unusual variation of the extensor indicis muscle tendon. En: Int J Anat Var. 2009. vol. 2, p. 17–19.
23. PRAKASH, Rai; RANADE, Anu; PRABHU, Latha; PAI, Mangala; SINGH, Gajendra. Multiple Variations of Extensor Muscles of Forearm in Relation to the Radial Nerve: a Case Report and Review. En: Int J Morphol. 2008. vol. 26, no. 2, p. 447–449.
24. JACKSON, William; VIEGAS, Steven; COON, Thomas. Anatomical First Variations Compartment in the of the Wrist. En: J Bone Joint Surg Am. 1986. vol. 68, no. 6, p. 923–926.
25. JABIR, Shebab; LYALL, Harry; IWUAGW, Fortune. The Extensor Pollicis Brevis : A Review of Its Anatomy and Variations. En: Eplasty. 2013. vol. 13, p. 267–277.
26. GUPTA, Richa; AGGARWAL, Anjali; SAHNI, Daisy; HARJEET Kaur; BARNWAL Manisha. Anatomical survey of terminal branching patterns of superficial branch of radial nerve in fetuses. En: Surg Radiol Anat. 2012. vol. 34, no. 5, p. 415–420.
27. MCCARTHY, Clare; BREEN, Thomas. Arborization of the distal posterior interosseous nerve. J Hand Surg Am. 1995. vol. 20, no. 2, p. 218–220.
28. SAWANT, Sharadkumar. Study of variant heads of triceps muscle with its developmental basis. En: Int J Anal Pharm Biomed Sci. 2013. vol. 2, p. 23–26.
29. NAYAK, Soubhagya; KRISHNAMURTHY, Ashwin; PRABHU, Latha, RAI, Rajalakshmi; RANADE, Anu; MADHYASTHA, Sampath. Anatomical variation of radial wrist extensor muscles: a study in cadavers. En: Clinics (Sao Paulo). 2008. vol. 63, no. 1, p. 85–90.
30. CHEEMA, Prabhjot; SINGLA, Rajan. Four headed triceps brachii muscle. En: Int J Anat Var. 2011. vol. 4, p. 43–44.
31. TUBBS, Shane; SALTER, George; OAKES, Jerry. Triceps brachii muscle demonstrating a fourth head. En: Clin Anat. 2006. vol. 19, no. 7, p. 657–660.
32. FABRIZIO, Phillip; CLEMENTE, Richard. Variation in the triceps brachii muscle: a fourth muscular head. En: Clin Anat. 1997. vol. 10, no. 4, 259–263.

33. GONZALEZ, Mark; SOHLBERG, Rolf; BROWN, Anthony; WEINZWEIG, Norman. The first dorsal extensor compartment: An anatomic study. En: J Hand Surg Am. 1995. vol. 20, no. 4, p. 657–660.
34. NAYAK, Soubhagya; HUSSEIN, Muktyaz; KRISHNAMURTHY, Ashwin; MANSUR, Dil; PRABHU, Latha; D’SOUZA, Prima, et al. Variation and clinical significance of extensor pollicis brevis: a study in South Indian cadavers. En: Chang Gung Med J. 2009. vol. 32, no. 6, p. 600–604.
35. FERREIRA, Mauricio; MANNA, Wilter; BENEDITO, Edie; MONTAÑO, Rodrigo. Estudio Anatómico De Las Inserciones De Los Músculos Extensores Radiales Largo Y Corto Del Carpo. En: Int J Morphol. 2004, vol. 22, no. 4, p. 245–251.
36. ARTICO, Marco; TELERA, Stefano; TIENGO, Cesare; STECCO, Carla; MACCHI, Veronica; PORZIONATO, Andrea, et al. Surgical anatomy of the radial nerve at the elbow. En: Surg Radiol Anat. 2009. vol. 31, no. 2, p. 101–106.
37. BERTONE, Vicente; OTONNE, Nicolás; LO TARTARO, Maximiliano; GARCÍA, Nicolás; ARROETA, Agustin; DOMINGUEZ, Mario, et al. Consideraciones anátomo-clínicas sobre el nervio radial en el codo. En: Int J Morphol. 2008. vol. 26, no. 2, p. 437–444.
38. BRANOVACKI, George; HANSON, M; CASH, R; GONZALEZ, Mark. The innervation pattern of the radial nerve at the elbow and in the forearm. En: J Hand Surg Am. 1998. vol. 23, no. 2, p. 167–169.
39. CHENTANEZ, Vilai; AGTHONG, Sithiporn; HUANMANOP, Thanasil; PAIROH, Sompit; KAEWSEMA, Athitaya. Morphometric analysis of the human superficial radial nerve. En: Anat Sci Int. 2010. vol. 85, no. 3, p. 167–170.
40. IKIZ, Asli; ÜÇERLER, Hulya. Anatomic characteristics and clinical importance of the superficial branch of the radial nerve. En: Surg Radiol Anat. 2004. vol. 26, no. 6, p. 453–458.
41. LAWTON, Jeffrey; CAMERON-DONALDSON, Michelle; BLAZAR, Phillip; MOORE, Russell. Anatomic considerations regarding the posterior interosseous nerve at the elbow. En: J Shoulder Elb Surg. 2007. vol. 16. no. 4. p.502–507.
42. DE SÈZE, Marianne; REZZOUK, Joel; UZEL, Max; LAVIGNOLLE, Benoit; MIDY, Dominique, et al. Does the motor branch of the long head of the

- triceps brachii arise from the radial nerve? En: Surg Radiol Anat. 2004. vol. 26, no. 6, p. 459–461.
43. NANJUNDAIAH, Komala; JAYADEVAIAH, Shashanka; CHOWDAPURKAR, Sheshgiri. Long head of triceps supplied by axillary nerve. En: Int J Anat Var. 2012. vol, 5, p. 35–37.
 44. UERPAIROJKIT, Chairaj; KETWONGWIRIYA, Sitipong; LEECHAVENGVONGS, Somsak; MALUNGPAISHROPE, Kanchai; WITTOONCHART, Kiat; MEKRUNGCHARAS, Natdhadej, et al. Surgical anatomy of the radial nerve branches to triceps muscle. En: Clin Anat. 2013. vol. 26, no. 3, p. 386–391.
 45. AL-MESHAL, Obaid; GILBERT, Alain. Triceps Innervation Pattern: Implications for Triceps Nerve to Deltoid Nerve Transfer. En: BioMed Research International. 2013, p. 5–7.
 46. BERTELLI, Jayme; SANTOS, Marcos; KECHELE, Paulo; GHIZONI, Marcos; DUARTE, Hamilton. Triceps Motor Nerve Branches as a Donor or Receiver in Nerve Transfers. En: Neurosurgery. 2007. vol. 61, p. 333–339.
 47. CARLAN, Douglas; PRATT, Jeffrey; PATTERSON, Megan; WEILAND, Andrew; BOYER, Martin; GELBERMAN, Richard. The Radial Nerve in the Brachium: An Anatomic Study in Human Cadavers. En: J Hand Surg Am. 2007. vol. 32, no. 8, p. 1177–1182.
 48. OH, Chang-Seok; WON, Hyung-Sun; LEE, Kyu-Seok; CHUNG, In-Hyuk. Origin of the radial nerve branch innervating the brachialis muscle. En: Clin Anat. 2009. vol. 22, no. 4, p. 495–499.
 49. ELGAFY, Hossein; EBRAHEIM, Nabil; YEASTING, Richard. The anatomy of the posterior interosseous nerve as a graft. En: J Hand Surg Am. 2000. vol. 25, no. 5, p. 930–935.
 50. Ministerio de la Protección Social. Resolución 2378 de 2008 [Internet]. 2008. [cited 2014 Jan 1]. Disponible en: http://www.unisabana.edu.co/fileadmin/Documentos/Investigacion/comite_de_etica/Decreto2378de2008_Buenas_practicas_clinicas.pdf
 51. Ministerio de la Protección Social. Resolución 002640 de 2005 [Internet]. 2014 [cited 2014 May 1]. Disponible en: <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=17328>

52. NAYAK, Soubhagya; KRISHNAMURTHY, Ashwin; KUMAR, Madhan; PRABHU, Latha; SARALAYA, Vasudha; THOMAS, Merin. Four-headed biceps and triceps brachii muscles, with neurovascular variation. En: Anat Sci Int. 2008. vol. 83, no. 2, p. 107–111.
53. LIEBER, Richard; JACOBSON, Mark; FAZELI, Babak; ABRAMS, Reid; BOTTE, Michael. Architecture of selected muscles of the arm and forearm: anatomy and implications for tendon transfer. En: J Hand Surg Am. 1992. vol. 17, no. 5, p. 787–798.
54. FILIPPIN, Lidiane; CUEVAS, Maria; LIMA, Elena; MARRONI, Norma; GONZALEZ-GALLEGO, Javier; MACHADO, Ricardo. Nitric oxide regulates the repair of injured skeletal muscle. En: Nitric Oxide. 2011. vol. 24, p. 43–49.
55. LAGROTA-CANDIDO, Jussara; CANELLA, Isabella; PINHEIRO, Douglas; SANTOS-SILVA, Luana; FERREIRA, Rafael; GUIMARÃES-JOCA, Francisco, et al. Characteristic pattern of skeletal muscle remodelling in different mouse strains. En: Int J Exp Pathol. 2010. vol. 91, no. 6, p. 522–529.
56. ÖZER, Hamza; AÇAR, Ibrahim; CÖMERT, Ayhan; TEKDEMİR, Ibrahim; ELHAN, Alaittin; TURANLI, Sacit. Course of the innervation supply of medial head of triceps muscle and anconeus muscle at the posterior aspect of humerus (anatomical study). En: Arch Orthop Trauma Surg. 2006. vol. 126, no. 8, p. 549–553.
57. BOTTER, Alberto; OPRANDI, Gianmose; LANFRANCO, Fabio; ALLASIA, Stefano; MAFFIULETTI, Nicola; MINETTO, Marco. Atlas of the muscle motor points for the lower limb: Implications for electrical stimulation procedures and electrode positioning. En: Eur J Appl Physiol. 2011. vol. 111. no. 10, p. 2461–2471.
58. GOBBO, Massimiliano; GAFFURINI, Paolo; BISSOLOTTI, Luciano; ESPOSITO, Fabio; ORIZIO, Claudio. Transcutaneous neuromuscular electrical stimulation: Influence of electrode positioning and stimulus amplitude settings on muscle response. En: Eur J Appl Physiol. 2011. vol. 111, no. 10, p- 2451–2459.
59. JANG, Eugene; DY, Christopher; WOLFE, Scotte. Selection of tendon grafts for distal radioulnar ligament reconstruction and report of a modified technique. En: J Hand Surg Am. 2014. vol. 39, no. 10, p. 2027–2032.

60. ROH, Michael; STRAUCH, Robert; LIANGFENG, Xu; ROSENWASSER, Melvin; PAWLUK, Robert; MOW, Van. Thenar insertion of abductor pollicis longus accessory tendons and thumb carpometacarpal osteoarthritis. En: J Hand Surg Am. 2000. vol. 25, no. 3, p. 458–463.
61. CELIK, Hamdi; SENDEMIR, Erdogan; SIMŞEK, Cevat. Anomalous insertion of abductor pollicis longus: case report. En: J Anat. 1994. vol.184, p. 643–645.
62. KOCABIYIK, Necdet; TATAR, Ilkan; YALCIN, Bulent; YAZAR, Fatih; OZAN, Hasan. Tendon variations of extensor digitorum and abductor pollicis longus muscles. En: Int J Anat Var. 2009, vol. 2, p. 54–56.
63. AKAN, Mithat; GIDEROGU, Kaan; CAKIR, Baris. Multiple tendons of the abductor pollicis longus muscle. En: Hand Surg. 2002. vol. 7, no. 2, p. 289–291.
64. DHURIA, Ruchi; MUKAR, Hitendra; MEHTA, Vandama; YADAV, Yogesh; SURI, Rajesh; RATH, Gayatri. Variant composition of extensor digitorum co-existent with the absence of extensor indicis. En: Int J Anat Var 2009. vol. 2, p. 116–118.
65. SMANIA, Nicola; COLOSIMO, Carlo; BENTIVOGLIO, Anna; SANDRINI, Giorgio; PICELLI, Alessandro. Use of botulinum toxin type A in the management of patients with neurological disorders: a national survey. En: Funct Neurol. 2013. vol. 28, no. 4, p. 252–258.
66. VALENCIA, Doris; MENDOZA, Andriu. Experiencia en el manejo de toxina botulínica de 500 unidades en niños con parálisis cerebral. Revista Colombiana de Medicina Física y Rehabilitación. 2012. vol. 22, no. 2, p. 129–141.
67. CIFREK, Mario; TONKOVIĆ, Stanko; MEDVED, Vladimir. Measurement and analysis of surface myoelectric signals during fatigued cyclic dynamic contractions. Meas J Int Meas Confed. 2000. vol. 27, no. 2, p. 85–92.

ANEXO A

Expresión morfológica de las estructuras musculares y biometría de los puntos motores del compartimento posterior del miembro superior.			
Morfometría muscular			
Identificación			
Hemicuerpo			
Longitud de brazo		Longitud de antebrazo	
MORFOMETRÍA TENDOMUSCULAR			
TRICEPS BRAQUIAL			
<i>Cabeza larga</i>			
Longitud total		Longitud miotendinosa proximal	
Longitud miotendinosa distal			
<i>Cabeza medial</i>			
Longitud total			
<i>Cabeza lateral</i>			
Longitud total			
Observaciones			
Braquiradial			
Longitud total			
Longitud miotendinosa		Longitud tendinosa	
Ancho del tendón prox		Ancho de tendón distal	
Observaciones			
Extensor radial largo del carpo			
Longitud total			
Longitud miotendinosa		Longitud tendinosa	
Ancho del tendón prox		Ancho de tendón distal	
Observaciones			
Extensor radial corto del carpo			
Longitud total			
Longitud miotendinosa		Longitud tendinosa	
Ancho del tendón prox		Ancho de tendón distal	
Observaciones			
Extensor ulnar del carpo			
Longitud total			
Longitud miotendinosa		Longitud tendinosa	
Ancho del tendón prox		Ancho de tendón distal	
Observaciones			
Extensor del segundo dedo			
Longitud total			
Longitud miotendinosa		Longitud tendinosa	
Ancho del tendón prox		Ancho de tendón distal	
Observaciones			
Extensor del dedo mínimo			
Longitud total			
Longitud miotendinosa		Longitud tendinosa	
Ancho del tendón prox		Ancho de tendón distal	
Observaciones			
			HOJA 1

Expresión morfológica de las estructuras musculares y biometría de los puntos motores del compartimento posterior del miembro superior.			
Morfometría muscular			
Identificación			
Hemicuerpo			
Abductor largo del pulgar			
Longitud total			
Longitud miotendinosa 1		Longitud tendinosa 1	
Ancho del tendón prox 1		Ancho de tendón distal 1	
Longitud miotendinosa		Longitud tendinosa	
Ancho del tendón prox		Ancho de tendón distal	
Longitud miotendinosa		Longitud tendinosa 2	
Ancho del tendón prox		Ancho de tendón distal	
Longitud miotendinosa		Longitud tendinosa 2	
Ancho del tendón prox		Ancho de tendón distal	
Longitud miotendinosa		Longitud tendinosa 2	
Ancho del tendón prox		Ancho de tendón distal	
Observaciones			
Extensor corto del pulgar			
Longitud total			
Longitud miotendinosa		Longitud tendinosa	
Ancho del tendón prox		Ancho de tendón distal	
Observaciones			
Extensor largo del pulgar			
Longitud total			
Longitud miotendinosa		Longitud tendinosa	
Ancho del tendón prox		Ancho de tendón distal	
Observaciones			
Extensor de los dedos			
Longitud total			
Longitud miotendinosa		Longitud tendinosa	
Longitud miotendinosa		Longitud tendinosa	
Longitud miotendinosa		Longitud tendinosa	
Longitud miotendinosa		Longitud tendinosa	
Observaciones			
Observaciones generales			

Expresión morfológica de las estructuras musculares y biometría de los puntos motores del compartimento posterior del miembro superior.					
Puntos y ramos motores					
Identificación					
Hemicuerpo					
TRICEPS BRAQUIAL					
Número total de puntos motores					
Cabeza larga		Cabeza lateral			
Cabeza medial					
Distancia desde el origen					
P1		P7		P13	
P2		P8		P14	
P3		P9		P15	
P4		P10		P16	
P5		P11		P17	
P6		P12		P18	
Distancia de los ramos hasta el punto de referencia					
R1		R3		R5	
R2		R4		R6	

Expresión morfológica de las estructuras musculares y biometría de los puntos motores del compartimento posterior del miembro superior.					
Puntos y ramos motores					
Identificación					
Hemicuerpo					
Orden de ramificación de puntos motores					
Distancia desde el origen					
Braquiradial			Abductor largo del pulgar		
P1		P3		P1	
P2		P4		P2	
Extensor radial largo del carpo			P3		
P1		P3		P4	
P2		P4		Extensor corto del pulgar	
Extensor radial corto del carpo			P1		
P1		P3		P2	
P2		P4		P3	
Extensor ulnar del carpo			P4		
P1		P3		Extensor largo del pulgar	
P2		P4		P1	
Extensor del segundo dedo			P2		
P1		P3		P3	
P2		P4		P4	
Extensor del dedo mínimo					
P1		P3			
P2		P4			
Extensor de los dedos					
P1		P4			
P2		P5			
P3		P6			
Observaciones generales					