

Evaluación de las estructuras neurovasculares para la osteosíntesis con placas en fracturas del tercio medio de la clavícula. Un estudio anatómico directo.

Dra. Edna Rocío Buitrago Quiñonez

Trabajo de grado para optar por el título de Especialista en Ortopedia y Traumatología

Director

Dr. Luis Ernesto Ballesteros Acuña

Médico Magister en Morfología

Codirector

Dr. Cesar Augusto Abril Gaona

Médico Ortopedista Cirujano de Hombro y Codo

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Salud

Escuela de Medicina

Especialización en Ortopedia y Traumatología

Bucaramanga

2021

**Dedicatoria**

A Dios y a todas las personas que hicieron posible este trabajo.

*En todo tiempo ama el amigo,  
es como un hermano en tiempo de angustia.*

*Proverbios 17:17*

### **Agradecimientos**

A mis padres Dilia y Fernando y mis hermanos Andrea y Julián, por su eterno amor, permanente apoyo, paciencia y comprensión.

Dr. Luis Ernesto Ballesteros Acuña, por su incansable y permanente trabajo y apoyo en este proyecto. En especial por su confianza, por siempre creer.

Dr. Pedro Luis Forero Porras (Q.E.P.D), por su confianza, acompañamiento, consejo y motivación constante durante el desarrollo práctico de este trabajo.

Dr. Iván Darío Quintero Pabón, por su acompañamiento, apoyo y amistad incondicional. Por no dejar de creer.

A todos mis amigos integrantes del grupo de investigación Variaciones Anatómicas y Biomecánica Tendomuscular, quienes me brindaron el mejor escenario para mi desarrollo como persona y profesional durante pregrado y postgrado.

Al Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses, y todos sus funcionarios por la permanente y mejor disposición para el desarrollo de este trabajo.

A Promed Quirúrgicos, facilitador del instrumental quirúrgico y material de osteosíntesis para llevar a cabo este proyecto.

**Tabla de Contenido**

Introducción .....	11
1. Planteamiento del problema .....	12
1.1 Pregunta de investigación.....	12
2. Justificación.....	12
3. Objetivos.....	13
3.1 Objetivo General .....	13
3.2 Objetivos Específicos .....	13
4. Marco Referencial .....	14
5. Métodos .....	22
5.1 Diseño del Estudio .....	22
5.2 Población.....	22
5.3 Muestra.....	22
5.4 Criterios de selección .....	23
5.4.1 Criterios de Inclusión .....	23
5.4.2 Criterios de Exclusión.....	23
5.5 Variables.....	23
5.6 Procedimiento.....	23
5.7 Recolección de la información y plan de análisis .....	25
6. Consideraciones éticas.....	25
7. Tratamiento de datos personales.....	27

8. Grupo de Investigación.....	28
9. Resultados.....	28
10. Discusión.....	41
11. Conclusiones .....	47
12. Fortalezas y limitaciones.....	49
Referencias Bibliográficas .....	50
Anexos .....	57

### Lista de Tablas

<b>Tabla 1.</b> Distribución morfométrica de las estructuras neurovasculares en el tercio medio de la clavícula.....	34
<b>Tabla 2.</b> Distribución morfométrica de las estructuras neurovasculares relacionadas en la osteosíntesis anteroinferior en el tercio medio de la clavícula.....	37
<b>Tabla 3.</b> Distribución morfométrica de los tornillos durante la fijación anteroinferior con placa DCP 3.5mm en el tercio medio de la clavícula.....	38
<b>Tabla 4.</b> Distribución morfométrica de las estructuras neurovasculares relacionadas en la osteosíntesis superior en el tercio medio de la clavícula.....	38
<b>Tabla 5.</b> Distribución morfométrica de los tornillos durante la fijación superior con placa LCP 3.5mm en el tercio medio de la clavícula.....	39

**Lista de Figuras**

<b>Figura 1.</b> Ramas sensitivas supraclaviculares.....	29
<b>Figura 2.</b> Vista Superior clavícula izquierda.....	31
<b>Figura 3.</b> Morfometría de la clavícula.....	31
<b>Figura 4.</b> Distancia desde la AEC hasta las ENV.....	33
<b>Figura 5.</b> Distancia desde la CPI hasta las ENV.....	33
<b>Figura 6.</b> Relación de las ENV en osteosíntesis anteroinferior en tercio medio de clavícula...36	
<b>Figura 7.</b> Relación de las ENV en osteosíntesis superior en tercio medio de clavícula.....	37
<b>Figura 8.</b> Músculo subclavio tipo II.....	40
<b>Figura 9.</b> Músculo subclavio Tipo IIa con única banda costocoracoidea.....	41

**Lista de Anexos**

**Anexo A.** Tabla de operacionalización de las variables..... 57

**Anexo B.** Formato de recolección de la información..... 62

**Anexo C.** Certificado del curso Protección de los participantes humanos de la investigación. 64

## Resumen

**Título:** Evaluación de las estructuras neurovasculares para la osteosíntesis con placas en fracturas del tercio medio de la clavícula. Un estudio anatómico directo.\*

**Autor:** Edna Rocío Buitrago Quiñonez\*\*

**Palabras Clave:** Fractura clavícula, Plexo braquial, Vena subclavia, Arteria subclavia, Riesgo neurovascular.

**Descripción:** Las lesiones de las estructuras neurovasculares (ENV) en el tercio medio de la clavícula se han relacionados con los trazos de fractura y con iatrogenia durante los procedimientos de reducción abierta y fijación interna. El propósito de este estudio fue determinar la expresión morfológica de las ENV para la osteosíntesis con placas en fracturas del tercio medio de la clavícula en una muestra de especímenes cadavéricos de Bucaramanga. Estudio descriptivo en 42 miembros superiores de especímenes cadavéricos frescos y formolados sin trauma en la región claviclar, excluyendo sujetos con antecedente de enfermedades infectocontagiosas. Se realizó el abordaje longitudinal por planos a nivel claviclar con registro cualitativo y cuantitativo de las ENV, la vena subclavia (VS), arteria subclavia (AS) y plexo braquial (PB) teniendo como referente morfométrico el eje longitudinal de la clavícula (ELC) y la articulación esternoclavicular (AEC). Se realizó osteosíntesis con placas LCP por vía superior y DCP vía anteroinferior en el tercio medio de la clavícula con fijación de tres tornillos mediales y tres laterales y se describió cualitativamente la ubicación de las ENV con la osteosíntesis. El análisis estadístico se realizó teniendo en cuenta la naturaleza de las variables. La clavícula presentó una longitud de  $152,2 \pm 8,4$  mm. La VS, AS y PB, se ubicaron entre el primer y segundo tercio de la clavícula y ocuparon el 33% de su longitud total. En la osteosíntesis con placas por vía anteroinferior la AS y el PB fueron las estructuras ubicadas en la trayectoria de los tornillos de fijación dos al cinco de medial a lateral. Mientras que en la osteosíntesis por vía superior tanto la VS, AS y PB, se encontraron en la trayectoria de los tornillos uno al cuatro. Estos hallazgos pueden ser utilizados como referentes para los procedimientos quirúrgicos en la región claviclar basada en casuística propia latinoamericana.

---

\* Trabajo de Grado

\*\* Facultad de Salud. Escuela de Medicina. Director: Luis Ernesto Ballesteros Acuña. Médico Magister en Morfología. Codirector: Cesar Augusto Abril Gaona. Médico Ortopedista Cirujano de Hombro y Codo.

### Abstract

**Title:** Evaluation of the neurovascular structures in the osteosynthesis with plates in fractures of the clavicle middle third. An anatomical study. \*

**Author:** Edna Rocío Buitrago Quiñonez \*\*

**Key Words:** Clavicle fracture, Brachial plexus, Subclavian vein, Subclavian artery, Neurovascular risk.

**Description:** Injuries to neurovascular structures (NVS) in the middle third of the clavicle have been associated with fracture traces and iatrogenic during open reduction and internal fixation procedures. The aim of this study was to determine the morphological expression of NVS in the osteosynthesis with plates in fractures of the clavicle middle third in a sample of cadaveric specimens from Bucaramanga. Descriptive study in 42 fresh and formalin fixation upper limbs of cadaveric specimens without trauma in the clavicular region, excluding subjects with a history of infectious-contagious diseases. The longitudinal approach was performed by planes at the clavicular level with qualitative and quantitative recording of the NVS, the subclavian vein (SV), subclavian artery (SA) and brachial plexus (BP), having as a morphometric reference the longitudinal axis of the clavicle (CLA) and the sternoclavicular joint (SCJ). Plate osteosynthesis was performed via superior and anteroinferior in the clavicle middle third with fixation of 3 medial and 3 lateral screws. The distance from the screw position to the NVS was determined. The statistical analysis was carried out considering the nature of the variables. The clavicle had a length of  $152,2 \pm 8,4$ mm. SV, AS and BP were located between the first and second third of the clavicle and occupied 33% of its total length. In osteosynthesis with anteroinferior plating, the SA and BP were the structures closest to the fixation screws two to five, numbered from medial to lateral. While in upper osteosynthesis, both the SV, AS and BP were found closer to screws one to four. These findings can be used as references for surgical procedures in the clavicular region based on Latin American casuistry.

---

\* Thesis

\*\* Faculty of Health. Medicine School. Director: Luis Ernesto Ballesteros Acuña. Magister in Morphology. Co-director: Cesar Augusto Abril Gaona. Orthopedic and Shoulder and Elbow Surgeon.

## Introducción

La clavícula es la estructura ósea más proximal del esqueleto apendicular superior y a su vez hace parte del complejo articular del hombro. En su anatomía externa se observa dos curvaturas, que descritas desde su borde anterior y en trayectoria medio-lateral presentan una convexidad interna y una concavidad externa. (5, 25)

Topográficamente la clavícula delimita el borde inferior de la región del cuello y el aspecto más proximal de la región axilar y deltopectoral. A este nivel se relaciona con las estructuras neurovasculares (ENV) tales como: Plexo braquial (PB), la arteria subclavia (AS) y la vena subclavia (VS); por lo cual constituye el referente óseo durante el abordaje quirúrgico en esta región.

Las fracturas de clavícula representan aproximadamente el 4% de todas las fracturas que afectan el esqueleto axial y apendicular. Su incidencia es de 195 casos por 100.000 habitantes. (35) Hasta el 70% de los casos son los hombres quienes se ven más afectados por este tipo de fractura.

Las lesiones de las estructuras neurovasculares en la región clavicular han sido reportadas en la literatura en asociación con los trazos de fractura en el tercio medio de la clavícula y relacionadas con iatrogenia durante los procedimientos de reducción y fijación de estas fracturas (23). Por tanto, se hace necesario reconocer la relación de proximidad del eje clavicular con las estructuras neurovasculares de esta región a fin de disminuir el número de lesiones asociadas.

Dado lo anterior, el objetivo de este estudio fue evaluar la expresión morfológica de las estructuras neurovasculares relacionadas en la osteosíntesis con placas de las fracturas del tercio medio de la clavícula en una muestra de especímenes cadavéricos de la ciudad de Bucaramanga.

## **1. Planteamiento del problema**

### **1.1 Pregunta de investigación**

¿Cuál es la expresión morfológica de las estructuras neurovasculares relacionadas en la osteosíntesis con placas de las fracturas del tercio medio de la clavícula en una muestra de especímenes cadavéricos de la ciudad de Bucaramanga?

## **2. Justificación**

En Colombia, se resalta la ausencia de estudios anatómicos de la región claviclar con aplicación quirúrgica, referente a las zonas de seguridad para los componentes anatómicos de PB, AS y VS, durante el abordaje quirúrgico de esta región en los procedimientos de reducción abierta y fijación interna de las fracturas del tercio medio de la clavícula.

Esta situación requiere de la generación de nuevo conocimiento para mejorar los procesos de enseñanza y aprendizaje en el desarrollo de la técnica quirúrgica que implica la reducción abierta y fijación interna mediante placas en fracturas del tercio medio de la clavícula, conociendo la anatomía quirúrgica a partir de una muestra de especímenes cadavéricos en casuística propia latinoamericana, especialmente cuando el desarrollo de técnicas quirúrgicas para el tratamiento de estas fracturas han sido desarrollados en grupos poblacionales diferentes al nuestro.

### **3. Objetivos**

#### **3.1 Objetivo General**

Evaluar la expresión morfológica de las estructuras neurovasculares relacionadas en la osteosíntesis con placas de las fracturas del tercio medio de la clavícula en una muestra de especímenes cadavéricos de la ciudad de Bucaramanga.

#### **3.2 Objetivos Específicos**

- Determinar la expresión morfológica del PB en el tercio medio de la clavícula.
- Establecer la expresión morfológica de la AS en el tercio medio de la clavícula.
- Caracterizar la expresión morfológica de la VS en el tercio medio de la clavícula.
- Describir la relación de las estructuras neurovasculares y la trayectoria de los tornillos durante la osteosíntesis con placa superior y anteroinferior en el tercio medio de la clavícula.

#### 4. Marco Referencial

##### Anatomía Topográfica

La clavícula es un hueso largo, típicamente descrito como en forma de S itálica, que forma parte importante de la cintura escapular, su osificación intramembranosa hace que las opciones de tratamiento sean diferentes a las convencionales para los demás huesos largos (5, 25). Externamente presenta dos curvaturas, una convexidad interna y una concavidad externa. Las descripciones de la anatomía topográfica hacen referencia a esta estructura como el límite inferior de la región del cuello y el aspecto más proximal de la región axilar y deltopectoral.

Cualitativamente, la clavícula se divide en tercios: lateral, medio y medial, y a lo largo de su eje, sirve de origen e inserción a músculos de la región cervical y torácica. (35) En el borde superior del tercio medial se origina el músculo esternocleidomastoideo y en el tercio lateral se inserta el componente coracoclavicular del músculo trapecio. En el borde anterior del tercio medial se origina el componente esternoclavicular del músculo pectoral. La acción deformante de estos grupos musculares condiciona los diferentes patrones de fractura para esta estructura ósea, que en su mayoría ocurren en el tercio medio de la clavícula con una frecuencia reportada entre el 75 al 80%. (32, 27, 29, 39)

En la extensión de la cara inferior de la clavícula se ubica el músculo subclavio, este se origina en un tendón conjunto desde la primera costilla y su unión costochondral, toma una trayectoria oblicua superior hasta alcanzar su inserción en el surco del borde inferior de la clavícula. Sitha y Nopparatn (2010) describieron cuatro variantes en la inserción del músculo

subclavio (31). Tipo I, el vientre muscular se inserta en el surco del borde inferior de la clavícula. Tipo II, la inserción se extiende hasta el ligamento conoide y la raíz del proceso coracoideo. Tipo III, la inserción se continúa hasta el ligamento superior transverso de la escápula y el Tipo IV, alcanza el vientre inferior del músculo omohioideo. El tipo IV, se conoce también como la variante subclavio posticus reportado en la literatura con una incidencia del 2,3%-4,8%, esta variante se ha relacionado como una causa de síndrome de salida torácica. (16, 24, 12).

En su tercio medial se articula con el esternón formando la articulación esternoclavicular, la cual realiza 25° de elevación y 25° de rotación externa durante la abducción del hombro; en el tercio lateral se articula con el acromion formando la articulación acromioclavicular ejerciendo 35° de traslación superior mientras que se completan los arcos de movilidad del hombro hasta lograr 180° de abducción, de los cuales 60° son ayudados por la articulación escapulotorácica y 120° restantes en la articulación glenohumeral. Durante los movimientos de abducción completa del hombro, la clavícula soporta fuerzas hasta de 145 Newton (N) mientras que en los movimientos de rotación interna de 45N y en rotación externa 55N. (35, 32, 27, 39).

### **Estructuras Neurovasculares**

Las principales estructuras que dan inervación e irrigación al miembro superior guardan estrecha relación con el tercio medio de la clavícula (5, 23). En su orden de medial a lateral son: VS, AS, PB. Sobre la cara inferior de la clavícula, estas estructuras se encuentran protegidas por el músculo subclavio.

La VS toma su nombre una vez la vena axilar (VA) pasa sobre el borde lateral de la primera costilla. En su recorrido a través del tercio medio de la región claviclar la VS transcurre sin recibir ramas y se continúa hasta el tercio medial de esta región donde se une a la vena yugular interna para dar lugar al confluente yugulo subclavio.

La AS presenta tres porciones: medial, posterior y lateral en su relación con el músculo escaleno anterior. En el tercio medio de la región claviclar la AS se posiciona lateral a la VS, una vez ha finalizado su contribución a la irrigación del cuello. En su trayectoria por esta región, pasa el borde lateral de la primera costilla convirtiéndose en arteria axilar (AA), encargada de dar la mayor irrigación del miembro superior. (14)

El PB tiene su origen en las raíces anteriores de C5 hasta T1. En su recorrido por la región supraclaviclar discurre entre los músculos Escaleno anterior y medio para dar formación a los troncos primarios superior, medio e inferior. Este último guarda especial relación con la AS y VS discurrendo lateral a la primera costilla en el tercio medio de la región claviclar. Una vez discurren sobre la región claviclar los troncos primarios realizan su división anterior y posterior para dar lugar a los fascículos lateral, posterior y medial, los cuales toman su nombre en relación con la AA. En la región infraclaviclar los fascículos se continúan para dar formación a las ramas terminales del plexo braquial: nervio musculocutáneo, nervio mediano, nervio axilar, nervio radial y nervio ulnar. (21, 6, 10)

El plexo cervical superficial da origen en su cuarta rama al nervio supraclaviclar el cual se divide en tres ramas: medial, intermedia y lateral. La rama medial discurre posterior al músculo

esternocleidomastoideo y una vez alcanza la clavícula perfora el músculo platisma (MP) cambiando su trayectoria hacia anterior para inervar el tercio medial de esta región. La rama intermedia discurre a través del tercio medio de la región clavicular, perfora el MP y en algunos casos da hasta 3 ramas secundarias que se extienden hasta el límite de la línea axilar anterior. La rama lateral se relaciona estrechamente con el acromion y el borde anterior de trapecio, en su trayectoria da origen a 3 ramas secundarias encargadas de la inervación de la región pectoral y deltoidea. Algunos autores han encontrado un tronco común entre la rama intermedia y lateral, el cual perfora el músculo platisma y se distribuye en la piel para dar la inervación sensitiva de la región clavicular y deltopectoral. (17, 43)

### **Epidemiología**

A pesar de la incidencia baja de las fracturas de clavícula, reportada en un rango de 2.6-4% (5, 25, 35), esta patología sigue representando un desafío terapéutico para los cirujanos ortopedistas, afectando más a los hombres que a las mujeres en una relación 2:1. La mayoría de estas lesiones son ocasionadas por mecanismos de alta energía tales como los traumas directos o accidentes automovilísticos.

Las lesiones de las ENV en la región clavicular han sido descritas en relación con los trazos de fractura en el tercio medio de su eje. La incidencia de estas lesiones ha sido reportada en un rango de 1.2-25% relacionada con iatrogenia durante los procedimientos de reducción y fijación de estas fracturas (23, 36, 19, 11), encontrando dentro de las complicaciones agudas la embolia gaseosa de la VS, mientras que las complicaciones a largo plazo están descritas como el síndrome

de la salida torácica, el pseudoaneurisma de la AS y la compresión del plexo braquial ejercida por los tornillos de fijación después de la osteosíntesis. Si bien es cierto que en la literatura no hay un acuerdo en relación con la frecuencia de presentación de este tipo de complicaciones, cuando estas se presentan pueden generar lesiones irreversibles e incluso fatales. (23, 36, 4, 9)

Los nervios supraclaviculares, en especial la rama intermedia, son susceptibles de ser lesionadas por traumas directos e indirectos en la región clavicular, durante los procedimientos quirúrgicos de esta región y en casos excepcionales por atrapamiento cuando esta rama es perforada por la clavícula. (31, 9). El reconocimiento de estas estructuras nerviosas sensitivas es fundamental durante el estudio de las causas de dolor crónico persistente en la región clavicular.

### **Clasificación de las fracturas**

Se han descrito diferentes clasificaciones para las fracturas del eje de la clavícula, sin embargo, actualmente la clasificación de Allman sigue siendo la universalmente aceptada, dado que esta es la más sencilla y se basa en la división por tercios. Inicialmente Craig planteó una clasificación teniendo en cuenta además de la división por tercios el grado de conminución del foco de fractura. Posteriormente, Robinson amplió la clasificación considerando no solo la división por tercios y la conminución sino también los grados de desplazamiento del foco de fractura. La Asociación para la osteosíntesis (AO) también realizó una división por tercios con patrones similares a los propuestos por Allman, sin embargo, esta última sigue siendo la más utilizada. (35, 20, 30)

### **Tratamiento quirúrgico vs no quirúrgico**

No existe un estándar de oro para el manejo de las fracturas del eje de la clavícula. Si bien es cierto, el manejo no quirúrgico de estas fracturas ha mostrado buenos resultados, es importante recordar que esta decisión se ha relacionado con un aumento en el riesgo de no unión (7-16,5%) y altos puntajes en las escalas DASH y Constant (20, 1).

Los criterios quirúrgicos para el manejo de las fracturas del eje de la clavícula se han descrito en la literatura como: desplazamiento, acortamiento y separación de los bordes de 15-20mm, fracturas por arma de fuego, fracturas expuestas, alta conminución e inminencia de exposición (35, 29, 20).

En relación al sistema de fijación para la osteosíntesis en fracturas del tercio medio de la clavícula, el espectro ha progresado desde el uso de clavos endomedulares con y sin bloqueo, placas de reconstrucción, placas bloqueadas, placas anatómicas, placas de compresión dinámica y finalmente las placas de compresión dinámica con contacto limitado con un perfil de 3.5mm lo suficientemente fuerte para resistir las fuerzas deformantes a las cuales se encuentra sometida el eje de la clavícula (15, 22, 33).

Los clavos endomedulares tienen la ventaja de ser menos invasivos, sin embargo, el control rotacional del foco de clavícula es difícil de manejar por este método, lo cual mejoró con la aplicación de clavos bloqueados. Sin embargo, rápidamente estos entraron en desuso debido a la

mayor tasa de no consolidación o retardos en los procesos de consolidación comparado con otros métodos. (22, 44, 38, 13)

Las placas de reconstrucción son implantes económicos, pero con alto riesgo de falla por ruptura del material. Las placas de compresión dinámica (DCP) son una buena elección para la fijación de las fracturas del tercio medio de la clavícula dado que estas permiten realizar compresión del foco de fractura en trazos simples, con el fin de lograr mejores procesos de consolidación. Mientras que las placas anatómicas, comercializadas en su mayoría para el posicionamiento por la vía superior tienen gran utilidad principalmente en los trazos complejos conminutos mediante la técnica de puenteo. Por su parte, las placas DCP con contacto limitado han tomado cada vez más auge dado que no solo permite lograr una adecuada reducción y compresión del foco de fractura, sino que su estructura hace que el contacto entre la placa y el periostio disminuya por lo que las tasas de necrosis del periostio son mucho menores. (38, 13, 42)

### **Abordaje de elección**

El abordaje longitudinal en el eje de la clavícula es el más recomendado para el tratamiento de las fracturas del tercio medio dado que facilita la exposición de la vista superior como de la vista anteroinferior del eje clavicular, estas dos son descritas como las vías para el posicionamiento y fijación de las placas durante la reducción abierta y fijación interna de estas fracturas. (22, 33)

La posición superior de las placas para las fracturas del tercio medio de la clavícula implica el uso de diseños precontorneados que favorecen su aplicación y evitan la separación excesiva del

periostio. Estudios biomecánicos sustentan que la aplicación de las placas por la vía superior brindar mayor estabilidad al sistema de fijación cuando se comparan con las placas por la vía anteroinferior. Sin embargo, las placas superiores podrían generar mayor irritación y molestias en la piel. (2, 28)

Las placas aplicadas por la vía anteroinferior son menos percibidas por los pacientes, permiten la fijación con tornillos más largos lo cual aumenta el área de contacto y aumenta la rigidez del sistema. A pesar de ello, el posicionamiento de estas placas conlleva mayor disección y precaución en la dirección de los tornillos. (42, 2, 28)

Existe controversia sobre el riesgo relacionado con la posición de los tornillos de fijación de las placas superiores y anteroinferiores. Estudios anatómicos recientes sugieren que las ENV se encuentran en mayor riesgo cuando se posicionan las placas por vía superior en decúbito supino y las placas anteroinferiores en posición de silla de playa. (42) Sin embargo, estudios por imágenes de tomografía y resonancia magnética han planteado que las placas superiores sería la técnica más segura para la fijación de las fracturas del tercio medio de la clavícula. (2, 28)

En población colombiana se identifica la ausencia de estudios anatómicos con aplicación quirúrgica que sirvan de herramienta para identificar las zonas de seguridad para los componentes anatómicos de PB, AS y VS, durante el tratamiento quirúrgico abierto de las fracturas del tercio medio de la clavícula. Por tanto, con el presente estudio se pretendió generar una información que enriqueciera los aspectos morfológicos requeridos para que estos procedimientos sean realizados

con mayor seguridad y se disminuya sustancialmente las iatrogenias con efectos inmediatos o tardíos a los respectivos procedimientos

## **5. Métodos**

### **5.1 Diseño del Estudio**

Estudio descriptivo transversal que determinó la expresión morfológica de las estructuras neurovasculares relacionados con la osteosíntesis con placas de las fracturas del tercio medio de la clavícula en una muestra de especímenes cadavéricos de la ciudad de Bucaramanga.

### **5.2 Población**

El estudio se realizó en especímenes cadavéricos pertenecientes al Laboratorio de anatomía de la Universidad Industrial de Santander (UIS) y de los cadáveres no reclamados suministrados por el Instituto nacional de medicina legal Regional Nororiental (INML-CF) dentro del marco del convenio establecido entre el Instituto y la Universidad.

### **5.3 Muestra**

Se estudiaron en un periodo de 2 años 42 miembros superiores de especímenes cadavéricos pertenecientes al Laboratorio de anatomía de la UIS y de los cadáveres no reclamados suministrados por INML-CF. El número de la muestra se determinó considerando este estudio

como no probabilístico de la clase sujeto-tipo y a la baja probabilidad de obtener una mayor muestra en el tiempo establecido.

## 5.4 Criterios de selección

**5.4.1 Criterios de Inclusión.** Se incluyeron en el estudio cadáveres ubicados en el Laboratorio de anatomía de la Universidad Industrial de Santander y los cadáveres no reclamados del INML-CF que al momento de realizar el procedimiento no presentaron traumatismos recientes o antiguos y que no fueran objeto de investigación forense.

**5.4.2 Criterios de Exclusión.** Se excluyeron del estudio especímenes con antecedentes confirmados de infección por VIH o Hepatitis B en razón a que su manipulación exponía a riesgos innecesarios a los investigadores.

## 5.5 Variables

En este estudio se incluyeron dentro de las variables independientes el sexo, la edad, el lado y la talla de los cadáveres evaluados, así como la posición de la placa y las características morfométricas de las estructuras evaluadas: VS, AS y PB. La variable dependiente se consideró a la zona de riesgo para la osteosíntesis de las fracturas del tercio medio de la clavícula. **Anexo A.**

## 5.6 Procedimiento

En todos los especímenes cadavéricos se realizó un abordaje anatómico sobre la región clavicular teniendo como referencia la articulación esternoclavicular y acromioclavicular. Después

de realizar el abordaje en piel, tejido celular subcutáneo y fascia, se identificaron los nervios sensitivos en la región clavicular. Se realizó la disección del periostio que recubre la clavícula. Se dividió la clavícula en tercios simétricos de acuerdo con su longitud. Se identificaron las estructuras neurovasculares a nivel clavicular e infraclavicular y se determinaron sus características morfométricas teniendo como referente la articulación esternoclavicular (AEC) y la cortical posteroinferior de la clavícula (CPI).

En los cadáveres formolados, una vez realizada la identificación y evaluación morfométrica de las ENV se realizó la osteosíntesis en el tercio medio de la clavícula. Se identificó la mitad de la longitud de la clavícula y en esta posición se ubicó el punto medio de las placas utilizadas para la osteosíntesis. No se realizó osteotomía a las clavículas.

Por vía superior se fijó una placa LCP de 3,5mm anatómica de seis orificios en tres especímenes derechos y tres izquierdos, la cual se fijó con tres tornillos mediales y tres tornillos laterales. Después de realizar la osteosíntesis se determinó la distancia desde las ENV hasta la cortical inferior de la clavícula considerando que en los seis especímenes cadavéricos los tornillos de fijación no sobrepasaron la cortical inferior.

La osteosíntesis por vía anteroinferior se llevó a cabo en tres especímenes derechos y tres izquierdos mediante placas DCP de 3,5mm premoldeadas de 6 orificios y la fijación se realizó con 3 tornillos mediales y 3 tornillos laterales, teniendo en consideración no sobrepasar la cortical posterior. Una vez realizada la osteosíntesis se evaluó la distancia desde las ENV hasta la cortical posterior de la clavícula

Las placas y el instrumental quirúrgico para realizar la osteosíntesis en este estudio fueron otorgadas en calidad de préstamo por la casa comercial Promed Quirúrgicos. Todas las mediciones se realizaron en posición supina a 45 grados de abducción del hombro y fueron realizadas por un único evaluador, investigador senior con la mayor experiencia del grupo de investigación. Se llevó a cabo el registro fotográfico, gráfico manual y cualitativo de las estructuras neurovasculares, AS, VS y PB.

### **5.7 Recolección de la información y plan de análisis**

Para cada una de las evaluaciones morfométricas se utilizó calibrador digital (Mitutoyo), los hallazgos fueron fotografiados con cámara digital (Cannon T21) y los datos se registraron en el formato diseñado para este fin. **Anexo B.** Los datos fueron incluidos en Excel y el análisis estadístico se realizó en EPI-INFO versión 3.5.1. Las variables continuas se describieron con sus promedios y desviación estándar, las variables nominales con sus proporciones. Siendo las variables normales se realizaron pruebas estadísticas de chi cuadrado ( $\chi^2$ ) y t de student aceptando un error alfa hasta del 5%.

## **6. Consideraciones éticas**

De acuerdo con los principios establecidos en la Resolución 008430 de 1993 del Ministerio de Salud este estudio se consideró como Investigación sin riesgo dado que es un estudio observacional del tipo descriptivo.

En esta investigación no requirió el diligenciamiento del consentimiento informado en razón a que los especímenes cadavéricos no reclamados en los que se realizaron las disecciones anatómicas fueron parte de la cadena de custodia y el INML-CF está facultado por ley a conceder los permisos, previo el cumplimiento de requisitos, para la manipulación de estos cadáveres con fines investigativos o de docencia. Así mismo los especímenes cadavéricos del Laboratorio de anatomía de la Facultad de Salud de la UIS, fueron donados a la Universidad con fines de docencia e investigación.

Este estudio contó con la aprobación del Comité de Ética en investigación de la UIS – CEINCI, previo cumplimiento de los requisitos solicitados por este comité en los que se incluye el certificado del curso “Protección de los participantes humanos de la investigación” del Instituto Nacional de Salud de los Estados Unidos. **Anexo C.**

Los investigadores contaron con el permiso correspondiente para llevar a cabo el desarrollo de este estudio relacionado con los procedimientos de disección gracias al convenio establecido entre el Instituto de Medicina Legal y Ciencias Forenses y la Universidad Industrial de Santander.

Los investigadores cumplieron de forma estricta las normas establecidas por el Ministerio de Salud, relacionado a la disección en especímenes cadavéricos con fines de docencia e investigación contempladas en el capítulo VIII de la resolución 002640 de 2005. Adicionalmente, los investigadores aplicaron los principios de la Bioética, tales como: Beneficencia y no Maleficencia en relación con el respeto hacia los cadáveres y a la adecuada manipulación de estos especímenes.

De igual manera, este proyecto fue considerado de bajo riesgo ambiental en razón a la escasa producción y toxicidad de los desechos y a su fácil manipulación. Los especímenes cadavéricos no reclamados en los que se realizaron las disecciones anatómicas fueron parte de la cadena de custodia y por ello su disposición final, fue ordenada y realizada por el INML-CF. Para la manipulación de los especímenes cadavéricos se implementaron las indicaciones de uso de equipo de protección personal (EPP) y demás recomendaciones enunciadas por el Ministerio de Salud, en el protocolo de "Conductas básicas en bioseguridad: manejo integral. Protocolo básico para el equipo de salud" (26).

## **7. Tratamiento de datos personales**

El tratamiento de los datos personales correspondientes a los cadáveres en los que se llevó a cabo el presente estudio se realizó mediante la aplicación de la normatividad legal vigente establecida en la Ley 1581 de 2012, reglamentada parcialmente por el Decreto 1377 de 2013 y la Resolución 1227 de agosto 22 de 2013 de la Universidad Industrial de Santander. Cada uno de los cadáveres en que se realizó el procedimiento establecido en este protocolo se le asignó un código numérico incluido en la base de datos del estudio, evitando la utilización de los datos personales, dicha información exclusivamente por los investigadores y no será publicada a la comunidad científica.

## **8. Grupo de Investigación**

Este trabajo de investigación fue desarrollado con el apoyo y asesoría del Grupo de Investigación Variaciones anatómicas y Biomecánica Tendomuscular, dirigido por el Dr. Luis Ernesto Ballesteros Acuña. El grupo de investigación cuenta con el aval de la Universidad Industrial de Santander y se encuentra en la Categoría B de acuerdo con los resultados de la Convocatoria 833 de Medición de Grupos de Investigación, Desarrollo Tecnológico o de Innovación del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación, COLCIENCIAS Año 2018.

## **9. Resultados**

En un periodo de 2 años se estudiaron 42 miembros superiores, 21 derechos y 21 izquierdos de especímenes cadavéricos masculinos con una edad de  $34\pm 13$  años. La talla de los especímenes cadavéricos fue de  $167\pm 8$ cm.

30 miembros superiores frescos pertenecieron a cadáveres no reclamados suministrados por INML-CF y 12 miembros superiores de especímenes cadavéricos formolados del Laboratorio de anatomía de la Universidad Industrial de Santander.

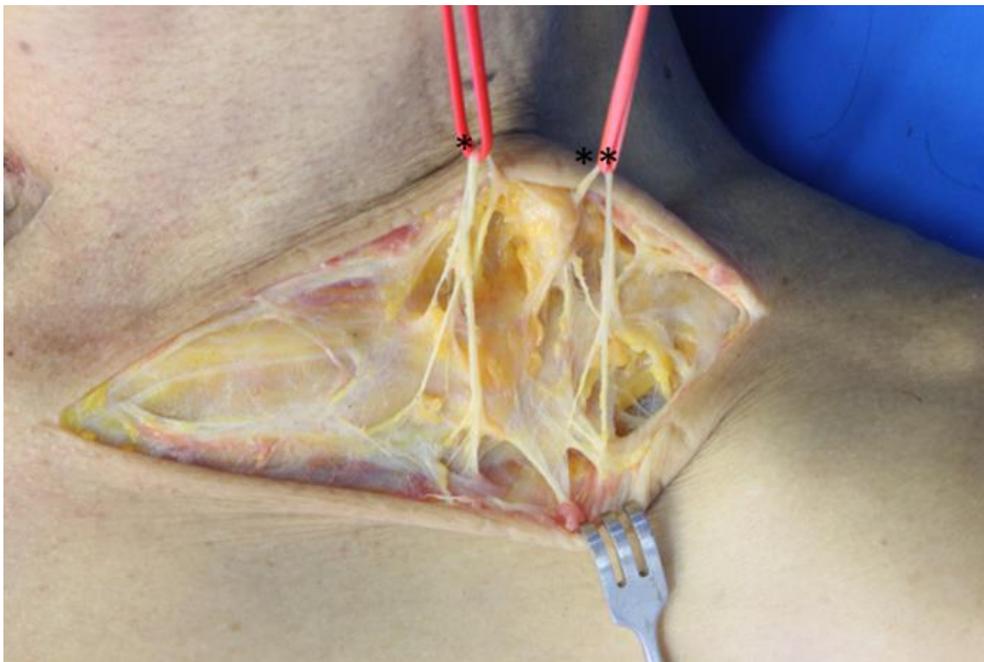
### **Nervios sensitivos supraclaviculares**

Se identificaron los nervios sensitivos de la región supraclavicular en todos los especímenes frescos del INML-CF. En todos los casos se encontró el nervio supraclavicular

dividido en ramo medial y un tronco común que a la postre dio origen a las ramas intermedia y lateral. La longitud fue de  $73,5 \pm 8,8$  mm y  $82,7 \pm 5,0$  mm respectivamente ( $p < 0.005$ ) **Fig.1.** Tanto la rama medial como el tronco común para la rama intermedia y lateral dieron origen cada una a tres ramas secundarias supliendo la inervación de la zona medial, intermedia y lateral de la región supra e infraclavicular. No hubo diferencias de estas expresiones con relación al lado de presentación ( $p = 0.64$ ). En los cadáveres formolados no fue posible realizar la caracterización de estos nervios sensitivos debido a la técnica de conservación utilizada en los especímenes cadavéricos, la cual acartona considerablemente a la piel lo que impide la disección de las fibras nerviosas subcutáneas.

### Figura 1.

Ramas sensitivas supraclaviculares.



Nota: Región clavicular izquierda. Rama sensitiva supraclavicular medial (\*) y tronco común para la rama intermedia y lateral (\*\*).

### Morfometría de la Clavícula

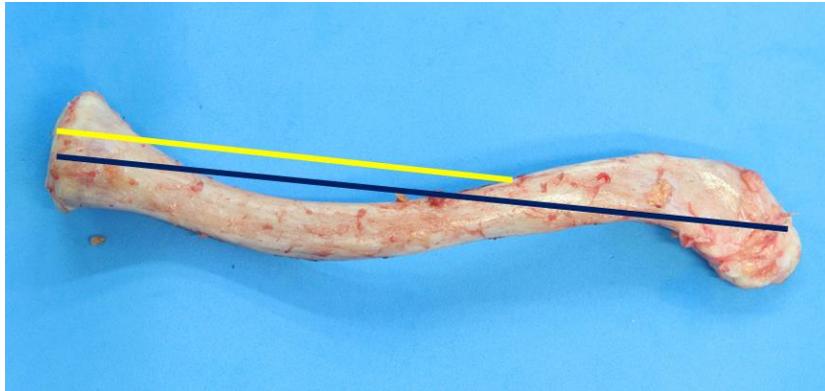
En 42 miembros superiores evaluados la longitud de la clavícula fue de  $152,2 \pm 8,4$  mm. Los hallazgos de longitud total de la clavícula en los especímenes cadavéricos formolados fue similar a los hallazgos en especímenes frescos,  $151,5 \pm 7,7$  mm y  $152,6 \pm 8,8$  mm, respectivamente.

En los especímenes formolados la longitud de la clavícula fue similar en el lado derecho e izquierdo,  $151,1 \pm 7,5$  mm y  $152,0 \pm 8,6$  mm, respectivamente; mientras que en los especímenes frescos se encontró una longitud ligeramente mayor en las clavículas derechas respecto a las izquierdas,  $154,5 \pm 9,5$  mm y  $150,6 \pm 8,0$  mm, respectivamente ( $p = 0,31$ ). La distancia desde la AEC hasta el punto de finalización de la convexidad de la clavícula fue de  $93,9 \pm 5,8$  mm **Fig.2**.

La longitud anteroposterior medida en los segmentos medial, medio y lateral de las clavículas de todos los especímenes evaluados fue  $14,3 \pm 1,7$  mm,  $13,2 \pm 1,7$  mm y  $18,6 \pm 2,5$  mm, respectivamente **Fig.3A**. No hubo diferencias estadísticamente significativas de estos parámetros con relación al lado de presentación ( $p = 0,61$ ). La dimensión superoinferior medida en los segmentos medial, medio y lateral de las clavículas de todos los especímenes evaluados fue  $14,6 \pm 2,1$  mm,  $11,5 \pm 1,5$  mm y  $10,5 \pm 1,3$  mm, respectivamente **Fig.3B**. Se encontraron valores similares para cada una de las dimensiones descritas en los especímenes frescos y formolados. No se observó diferencias significativas en relación con el lado de presentación ( $p = 0,48$ )

**Figura 2.**

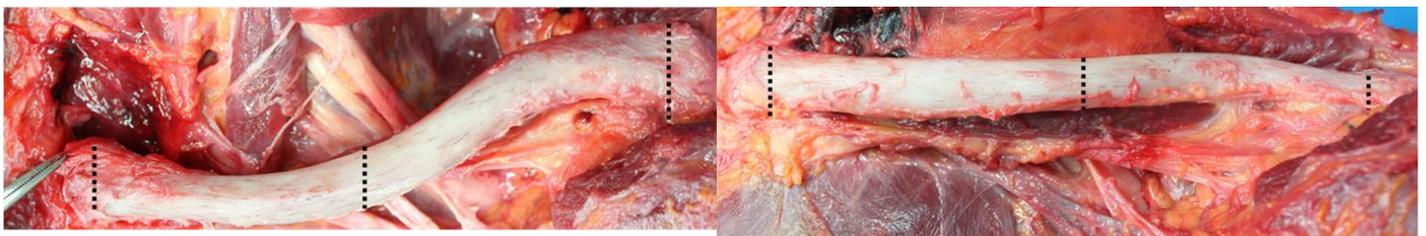
Vista Superior clavícula izquierda.



Nota: Longitud total de la clavícula (Línea azul). Longitud desde la AEC hasta la finalización de la convexidad de la clavícula (Línea amarilla).

**Figura 3.**

Morfometría de la clavícula.



A. Vista superior

B. Vista Inferior

	Tercio Medial	Tercio Medio	Tercio Lateral		Tercio Medial	Tercio Medio	Tercio Lateral
Especímenes frescos	14,3±1,8	13,1±1,9	19,1±2,8	Especímenes frescos	14,6±2,1	11,5±1,6	10,4±1,3
Especímenes formolados	14,4±1,5	13,4±1,0	17,5±1,3	Especímenes formolados	14,7±2,3	11,6±1,4	10,6±1,4

Nota: Clavícula izquierda. Dimensión anteroposterior (A) y superoinferior (B) de la clavícula en tercio lateral, medio y medial en los especímenes frescos y formolados.

### Estructuras Neurovasculares

En 42 regiones claviculares (30 especímenes frescos, 12 formolados) se determinó la distancia desde las ENV en relación con la AEC y la cortical posteroinferior de la clavícula.

Las ENV delimitaron una zona comprendida entre el  $23,1 \pm 3,6$  y  $56,6 \pm 4,8$  % de la longitud total de la clavícula. La VS se ubicó entre el  $23,1 \pm 3,5$  y  $27,6 \pm 3,6$  %, la AS se encontró entre el  $34,8 \pm 3,0$  y  $39,8 \pm 3,0$  % mientras que el PB se encontró entre el  $42,3 \pm 3,7$  y  $56,6 \pm 4,8$  %.

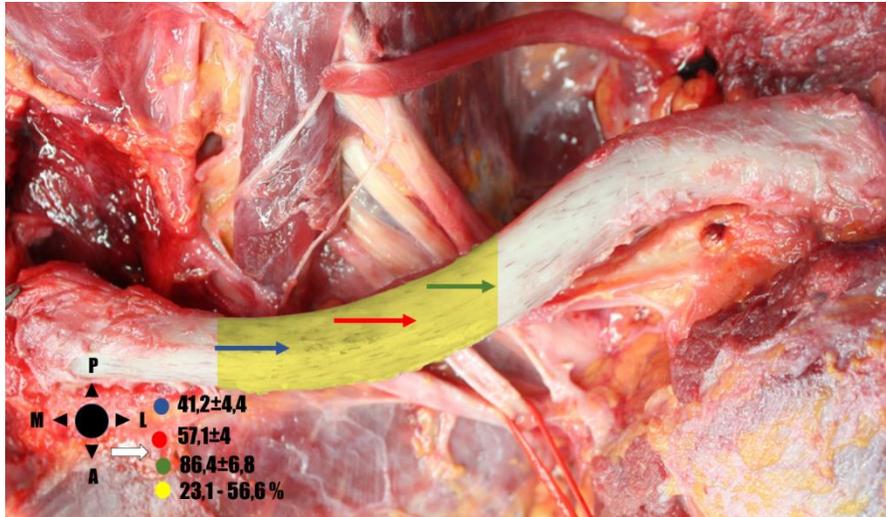
La distancia medial-lateral desde la AEC hasta el punto medio de la VS y AS fue  $41,2 \pm 4,4$ mm y  $57,1 \pm 4$ mm. Así mismo la distancia hasta el borde lateral del plexo braquial (PB) fue  $86,4 \pm 6,8$ mm **Fig. 4.**

Las distancias desde la cortical posteroinferior de la clavícula hacia VS, AS y PB se ubicaron a  $9,4 \pm 2,2$ mm,  $11,3 \pm 2,1$ mm y  $12,0 \pm 1,5$ mm respectivamente **Fig. 5.** No hubo diferencias estadísticamente significativas de estos parámetros con relación al lado de presentación ( $p = 0.21$ ).

La distribución y morfometría de estas estructuras neurovasculares en los especímenes frescos y formolados presento resultados similares **Tabla 1.**

**Figura 4.**

Distancia desde la AEC hasta las ENV



Nota: Clavícula izquierda. Distancia desde la Articulación esternoclavicular hasta el punto medio de la VS (Azul), AS (Rojo) y borde lateral del PB (verde). Área amarilla delimita el porcentaje de inicio y finalización de la zona neurovascular a nivel clavicular

**Figura 5.**

Distancia desde la CPI hasta las ENV



Nota: Clavícula derecha. Distancia desde cortical posteroinferior de la clavícula hasta el punto medio de la VS (Rojo), AS (Azul) y PB (Verde). (♣) Musculo subclavio Tipo I con única inserción a nivel de borde inferior de clavícula.

**Tabla 1.**

Distribución morfométrica de las estructuras neurovasculares en el tercio medio de la clavícula.

	Vena subclavia					Arteria subclavia					Plexo braquial				
	Distancia desde AEC (mm)		Distancia desde CPI (mm)	Ubicación en la longitud total de la clavícula (%)		Distancia desde AEC (mm)		Distancia desde CPI (mm)	Ubicación en la longitud total de la clavícula (%)		Distancia desde AEC (mm)		Distancia desde CPI (mm)	Ubicación en la longitud total de la clavícula (%)	
	Borde medial	Borde lateral	Punto medio	Borde medial	Borde lateral	Borde medial	Borde lateral	Punto medio	Borde medial	Borde lateral	Borde medial	Borde lateral	Punto medio	Borde medial	Borde lateral
Especímenes frescos	38,0±3,9	45,7±4,7	8,9±2,1	24,9±2,2	30,0±2,7	54,4±4,6	61,4±4,7	11,1±1,8	35,7±2,9	40,3±3,0	65,5±4,7	87,4±3,7	12,1±1,7	43,0±2,7	57,5±3,8
Especímenes formolados	36,3±4,4	43,9±4,2	9,4±1,9	24,1±3,4	29,1±3,5	51,4±3,5	60,1±3,7	11,3±1,8	34,0±2,6	39,7±2,6	63,0±4,7	84,7±6,4	11,9±1,3	41,6±3,2	56,0±4,2
Total	35,3±4,4	42,2±4,4	9,1±2,0	23,1±3,5	27,6±3,6	53,3±4,0	61,0±4,2	11,2±1,8	34,8±3,0	39,8±3,0	64,6±5,3	86,4±6,8	12,0±1,5	42,3±3,7	56,6±4,8

### ENV en la osteosíntesis del tercio medio clavicular.

En 12 regiones claviculares (6 cadáveres formolados) se caracterizaron las estructuras neurovasculares y trayectoria de los tornillos durante la osteosíntesis en el tercio medio de la clavícula, de las cuales 6 osteosíntesis (Cadáver 1,2,3) se realizaron con placa DCP 3.5mm en posición anteroinferior así mismo 6 osteosíntesis (Cadáver 4,5,6) se realizaron en posición superior con placa LCP 3.5 mm

Al terminar la osteosíntesis con placa DCP 3.5mm en posición anteroinferior se determinó la distancia desde las ENV en relación con la AEC y la cortical posterior de la clavícula. **Tabla 2.**

**Tabla 3.**

Las ENV delimitaron una zona comprendida entre el  $22,7\pm 2,4$  y  $54,8\pm 3,2\%$  de la longitud total de la clavícula. La VS se ubicó entre el  $22,7\pm 2,4$  y  $27,5\pm 2,3\%$ , la AS se encontró entre el  $33,0\pm 1,1$  y  $38,6\pm 1,5\%$  mientras que el PB se encontró entre el  $40,4\pm 2,6$  y  $54,8\pm 3,2\%$ . La distancia medial-lateral desde la AEC hasta el punto medio de la VS y AS fue  $39,5\pm 3,6$ mm y  $56,35\pm 2,4$ mm. Así mismo la distancia hasta el borde lateral del plexo braquial (PB) fue  $86,4\pm 6$ mm **Fig. 4**. Las distancias desde la cortical posterior de la clavícula hacia VS, AS y PB se ubicaron a  $9,6\pm 1,9$ mm,  $11,6\pm 0,5$ mm y  $11,6\pm 0,5$  mm respectivamente **Fig. 5**.

Al realizar la osteosíntesis con las placas por vía anteroinferior se encontró que los tornillos dos al cinco numerados de medial a lateral estuvieron en relación con la zona neurovascular. **Fig. 6**. El tornillo dos se relacionó con el borde lateral de la AS, el tornillo tres con el borde medial del PB y los tornillos cuatro se relacionaron estrechamente con el borde lateral del PB. **Tabla 2**. Posterior a realizar la osteosíntesis en posición superior con placa LCP 3.5mm se determinó la distancia desde las ENV en relación con la AEC y la cortical inferior de la clavícula. **Tabla 4**. **Tabla 5**.

Las ENV delimitaron una zona comprendida entre el  $25,4\pm 4,0$  y  $57,1\pm 5,1\%$  de la longitud total de la clavícula. La VS se ubicó entre el  $25,4\pm 4,0$  y  $30,7\pm 3,8\%$ , la AS se encontró entre el  $35,0\pm 3,3$  y  $40,8\pm 3,0\%$  mientras que el PB se encontró entre el  $42,9\pm 3,4$  y  $57,1\pm 5,1\%$ .

La distancia medial-lateral desde la AEC hasta el punto medio de la VS y AS fue  $40,8\pm 5,2$ mm y  $55,1\pm 4,7$ mm. Así mismo la distancia hasta el borde lateral del plexo braquial (PB)

fue  $83,0\pm 6,9\text{mm}$  **Fig. 4**. Las distancias desde la cortical inferior de la clavícula hacia VS, AS y PB se ubicaron a  $9,3\pm 1,8\text{mm}$ ,  $11,0\pm 2,2\text{mm}$  y  $12,2\pm 1,6\text{mm}$  respectivamente **Fig. 5**.

Respecto a la osteosíntesis por vía superior, se encontró que los tornillos uno al cuatro se ubicaron más cerca de la zona neurovascular. **Fig. 7**. El tornillo uno se ubicó continuo al borde medial de la VS, el tornillo dos se encontró más próximo al borde medial de la AS, los tornillos tres y cuatro estuvieron relacionados con el borde medial y borde lateral del PB, respectivamente.

**Tabla 2.**

### Figura 6.

Relación de las ENV en osteosíntesis anteroinferior en tercio medio de clavícula.



Nota: Distancia desde la Articulación esternoclavicular hasta el punto medio de la VS (Azul), AS (Rojo), PB (verde). (\*) Plexo Braquial. Área amarilla delimita el porcentaje de inicio y finalización de la zona neurovascular a nivel clavicular.

**Figura 7.**

Relación de las ENV en osteosíntesis superior en tercio medio de clavícula.



Nota: Distancia desde cortical inferior de la clavícula hasta el punto medio de la VS (Rojo), AS (Azul) y PB (Verde). (\*) Plexo Braquial. Área amarilla delimita el porcentaje de inicio y finalización de la zona neurovascular a nivel clavicular.

**Tabla 2.**

Distribución morfométrica de las estructuras neurovasculares relacionadas en la osteosíntesis anteroinferior en el tercio medio de la clavícula.

	Vena subclavia					Arteria subclavia					Plexo braquial				
	Distancia desde AEC (mm)		Distancia desde CP (mm)	Ubicación en la longitud total de la clavícula (%)		Distancia desde AEC (mm)		Distancia desde CP (mm)	Ubicación en la longitud total de la clavícula (%)		Distancia desde AEC (mm)		Distancia desde CP (mm)	Ubicación en la longitud total de la clavícula (%)	
	Borde medial	Borde lateral	Punto medio	Borde medial	Borde lateral	Borde medial	Borde lateral	Punto medio	Borde medial	Borde lateral	Borde medial	Borde lateral	Punto medio	Borde medial	Borde lateral
<b>Cadáver</b>															
1 D	33,3	40,9	9,4	20,8	25,5	50,1	58,8	11,3	31,2	36,6	60,4	87,6	11,9	37,6	54,6
1 I	34,1	43,5	7,1	21,1	27,0	52,3	59,9	11,6	32,4	37,1	72,6	95,6	10,7	45,0	59,2
2 D	37,2	45,6	9,4	23,7	29,1	51,8	61,7	11,3	33,1	39,4	60,3	78,3	11,9	38,5	50,0
2 I	40,1	45,3	9,0	24,7	28,0	55,7	66,1	11,3	34,4	40,8	67,0	87,9	11,6	41,3	54,2
3 D	39,5	46,8	12,9	25,9	30,7	50,5	59,8	12,7	33,1	39,2	62,0	87,7	11,6	40,7	57,6
3 I	30,8	37,3	9,8	20,2	24,5	51,2	58,6	11,5	33,7	38,5	59,9	81,5	12,0	39,3	53,5
<b>TOTAL</b>	<b>35,8±3,7</b>	<b>43,2±3,6</b>	<b>9,6±1,9</b>	<b>22,7±2,4</b>	<b>27,5±2,3</b>	<b>51,9±2,0</b>	<b>60,8±2,8</b>	<b>11,6±0,5</b>	<b>33,0±1,1</b>	<b>38,6±1,5</b>	<b>63,7±5,1</b>	<b>86,4±6,0</b>	<b>11,6±0,5</b>	<b>40,4±2,6</b>	<b>54,8±3,2</b>

**Tabla 3.**

Distribución morfométrica de los tornillos durante la fijación anteroinferior con placa DCP 3.5mm en el tercio medio de la clavícula.

No. Tornillo	Placa anteroinferior					
						
	1	2	3	4	5	6
Distancia desde la AEC (mm)	49,85±2,3	60,85±2,3	71,85±2,3	85,85±2,3	96,85±2,3	107,85±2,3
Ubicación en la Longitud total de la clavícula (%)	31,60±0,5	38,58±0,3	45,56±0,1	54,44±0,1	61,42±0,3	68,40±0,5

Nota: Rojo: en trayecto Arteria Subclavia; Amarillo: en dirección plexo braquial

**Tabla 4.**

Distribución morfométrica de las estructuras neurovasculares relacionadas en la osteosíntesis superior en el tercio medio de la clavícula.

Cadáver	Vena subclavia					Arteria subclavia					Plexo braquial				
	Distancia desde AEC (mm)		Distancia desde CI (mm)	Ubicación en la longitud total de la clavícula (%)		Distancia desde AEC (mm)		Distancia desde CI (mm)	Ubicación en la longitud total de la clavícula (%)		Distancia desde AEC (mm)		Distancia desde CI (mm)	Ubicación en la longitud total de la clavícula (%)	
	Borde medial	Borde lateral	Punto medio	Borde medial	Borde lateral	Borde medial	Borde lateral	Punto medio	Borde medial	Borde lateral	Borde medial	Borde lateral	Punto medio	Borde medial	Borde lateral
1 D	44,1	50,6	7,2	31,0	35,6	58,9	65,5	10,4	41,4	46,0	70,1	92,1	12,4	49,3	64,7
1 I	31,3	38,3	10,1	22,0	27,0	46,3	52,0	13,9	32,6	36,6	60,6	86,4	15,2	42,6	60,7
2 D	38,8	46,4	12,1	27,1	32,4	46,6	57,9	7,1	32,6	40,5	56,9	73,6	10,6	39,8	51,4
2 I	39,3	46,9	10,0	27,5	32,8	48,9	57,6	11,6	34,1	40,2	60,1	78,1	12,0	42,0	54,6
3 D	30,2	38,6	7,9	20,0	25,6	53,5	62,2	11,9	35,5	41,2	61,1	79,8	11,0	40,5	52,9
3 I	37,5	47,0	8,4	24,8	31,1	51,2	60,8	11,1	33,9	40,3	65,0	88,0	12,1	43,1	58,3
TOTAL	36,9±5,3	44,6±5,0	9,3±1,8	25,4±4,0	30,7±3,8	50,9±4,8	59,3±4,6	11,0±2,2	35,0±3,3	40,8±3,0	62,3±4,6	83,0±6,9	12,2±1,6	42,9±3,4	57,1±5,1

**Tabla 5.**

Distribución morfométrica de los tornillos durante la fijación superior con placa LCP 3.5mm en el tercio medio de la clavícula.

No. Tornillo	1	2	3	4	5	6
Distancia desde la AEC (mm)	37,2±2,1	51,2±2,1	65,2±2,1	80,2±2,1	94,2±2,1	108,2±2,1
Ubicación en la Longitud total de la clavícula (%)	25,6±0,7	35,2±0,4	44,8±0,1	55,2±0,1	64,8±0,4	74,4±0,7

Nota: Azul: En trayecto vena subclavia; Rojo: en dirección arteria subclavia; en recorrido plexo braquial.

### Músculo subclavio

Como hallazgo adicional, se encontró estrecha relación del músculo subclavio con las ENV en el tercio medio de la clavícula. Durante la disección de los especímenes frescos del INML-CF se realizó la caracterización cualitativa y cuantitativa del músculo subclavio en 30 miembros superiores.

El músculo subclavio se originó de la primera costilla y su unión costocondral en todos los especímenes. El vientre muscular presentó una longitud de 102,4±10,3mm, con un espesor anteroposterior de 8,8±1,9mm y superoinferior de 7,0±1,9mm. No hubo diferencias estadísticamente significativas de estos parámetros con relación al lado de presentación ( $p = 0.79$ ). Posteriormente, tomó una trayectoria oblicua lateral y ascendente hasta insertarse en el tercio lateral de la clavícula.

Basados en la clasificación de Sitha (13), se observó en el 40% de la muestra (12 especímenes) un músculo subclavio tipo I con inserción en el surco del borde inferior de la clavícula. **Fig.5.** El músculo subclavio tipo II estuvo presente en 18 especímenes (60%), alcanzando su inserción al ligamento conoide (Lc) y al proceso coracoideo (Pc). **Fig. 8.**

En 10 especímenes del tipo II (33,3%) se evidenció una variante no descrita previamente, a la que se denominó subtipo IIa en la que la superficie inferior del músculo subclavio fue cubierta en toda su extensión por una banda fibrosa originada desde la primera costilla y se insertó en el Lc y Pc. **Fig. 9.** Esta variante del músculo subclavio costocoracoideo podría generar un efecto protector de las ENV en los traumas directos y en los procedimientos quirúrgicos sobre el tercio medio de la clavícula. En la muestra evaluada no encontramos los tipos III y IV descritos por Sitha.

### Figura 8.

Músculo subclavio tipo II.



Nota: Clavícula derecha vista anterior. (♣) músculo subclavio Tipo II. Con inserción a nivel de proceso coracoideo (◆) proceso coracoideo. Flechas señalan estructuras neurovasculares azul vena subclavia, roja arteria subclavia, verde plexo braquial.

**Figura 9.**

Músculo subclavio Tipo IIa con única banda costocoracoidea.



Nota: Clavícula derecha vista anterior. (♣) músculo subclavio Tipo IIa con única banda costocoracoidea. (◆) proceso coracoideo. Flechas señalan estructuras neurovasculares azul vena subclavia, roja arteria subclavia, verde plexo braquial.

## 10. Discusión

La variabilidad de la inervación sensitiva de la región clavicular y deltopectoral ha sido reportada en pocos estudios. Havet (2007) describió la inervación sensitiva de esta región en un estudio con especímenes cadavéricos formolados, encontrando en el 85,7% de su serie el patrón de tronco común entre la rama intermedia y lateral del nervio supraclavicular. (17)

En nuestro estudio no fue posible identificar la presencia de los nervios supraclaviculares en los especímenes formolados dado su método de conservación, sin embargo, en todos los especímenes frescos se encontró el patrón en tronco común de las ramas intermedia y lateral cuyas ramas se distribuyeron sobre la región media clavicular y lateral del hombro. La identificación de estas estructuras sensitivas tiene especial importancia durante los procedimientos quirúrgicos que impliquen el abordaje de la región clavicular con el fin de evitar lesiones iatrogénicas menores que conducen a hipoestesia de esta área.

La clavícula es la estructura ósea de transición entre la región cervical y torácica. Sehrawat & Pathak (2016) realizaron un estudio anatómico con fines forenses en el que disecaron 263 pares de clavículas frescas de población india, y reportaron una longitud en clavículas derechas de  $148,52 \pm 8,8$  mm y en especímenes izquierdos  $151,87 \pm 8,9$  mm. Mientras que Galley et al. (2009) encontró una longitud clavicular de  $138,4 \pm 11,5$  mm. (14) En un estudio de radiografías simple de tórax realizado en pacientes esqueléticamente maduros, se reporta que la longitud de las clavículas derechas e izquierdas fue similar (37, 18).

Garret et al. (2020), realizó un análisis de tomografías de tórax en el que evaluó 103 clavículas, encontrando una longitud para las clavículas derechas de  $124,74 \pm 15,5$  mm y para las clavículas izquierdas de  $122,9 \pm 17,4$  mm. (40). Nuestros hallazgos se ubican en un rango medio alto respecto a lo reportado en estudios previos ( $152,2 \pm 8,4$  mm), encontrando además que los resultados en los especímenes frescos fueron similares a los especímenes formolados ( $151,5 \pm 7,7$  mm y  $152,6 \pm 8,8$  mm, respectivamente). La diferencia en la longitud clavicular

reportada con los estudios previos podría ser explicada por algunos factores tales como la diferencia antropométrica de los grupos poblacionales, el tamaño de la muestra de los estudios y las estructuras de referencia para la medición. Sin embargo, las dimensiones encontradas en el presente estudio son concordantes con el biotipo del colombiano de tamaño mediano.

Con relación a la dimensión anteroposterior de la clavícula en los tercios medial, medio y lateral, algunos estudios anatómicos (37, 14) reportan dimensiones ligeramente mayores en los tercio medial y lateral (23,6mm, 21,8mm y 22,6mm, 21,1mm) con relación a nuestros hallazgos. (14,3mm, 18,6mm). Galley et al. (2009) encontraron el espesor superoinferior significativamente mayor en el tercio medial de la clavícula con relación a los resultados de nuestro estudio (22,6mm vs 14,6mm). Sin embargo, este espesor medido en los tercio medio y lateral fue similar a nuestros hallazgos. (12,5mm y 10,8mm vs  $11,5\pm 1,5$ mm y  $10,5\pm 1,3$ mm) (14). Los resultados intermedios de las diferentes dimensiones evaluadas de las clavículas encontrados en la muestra del presente estudio son relevantes y deben ser tenidos en cuenta cuando se realizan intervenciones en sujetos de talla media, prevalentes en el grupo poblacional colombiano.

Robinson et al. (2014), realizaron un estudio anatómico en cadáveres congelados a los que realizaron cortes sagitales en la región claviclar para evaluar la proximidad de la VS, AS y PB con la cortical posterior de la clavícula (34). En sus hallazgos identificaron que la VS fue la estructura más cercana medialmente a la clavícula a 4,8 mm, mientras que el PB y la AS se encontraron más cercanos a la cortical posterior de la clavícula en el segmento medio y lateral de la misma, a una distancia de 15,2mm y 18,6mm, respectivamente. Sin embargo, Lo et al. (2010), en un estudio con especímenes frescos encontraron que la AS y el PB fueron las estructuras más

cercanas a la cortical posterior de la clavícula en el tercio medial y medio ( $15,1\pm 4,7\text{mm}$  y  $12,76\pm 4,0\text{mm}$ , respectivamente). (23)

En nuestros hallazgos esta distancia desde la cortical posteroinferior hasta la ENV fue (VS:  $9.1\pm 2.0\text{mm}$ , AS:  $11.2\pm 1.8\text{mm}$  y PB:  $12.0\pm 1.5\text{mm}$ ) menor a lo descrito en previos estudios (37, 34). Así mismo estas estructuras neurovasculares de medial a lateral se ubicaron entre el primer y segundo tercio de la clavícula. Esto podría corresponder quizá a las diferentes referencias de medición utilizadas en otros estudios y al fenotipo de los sujetos evaluados.

La proximidad de las ENV con la cortical posteroinferior de la clavícula principalmente en su tercio medio, aumenta la posibilidad de lesión en traumas directos y durante la perforación y fijación de tornillos con placas por vía superior y anteroinferior. Stillwell et al. (2017), realizaron un estudio en 30 clavículas formoladas en el que midieron la profundidad de perforación al realizar osteosíntesis por vía anteroinferior en los tres tercios de las clavículas (41). Este procedimiento fue realizado por 15 cirujanos con diferentes años de experiencia; se encontró que la profundidad de perforación después de la cortical posterior fue mayor en el tercio medial, incluso en los cirujanos más experimentados; lo cual podría poner en mayor riesgo las ENV ubicadas en esta zona.

Un estudio realizado por Alajmo et al. (2012) comparó grupos de cirujanos con y sin entrenamiento al realizar la perforación de la cortical posterior en osteosíntesis de clavícula apoyan la idea que se requiere entrenamiento y experiencia para evitar excesos de profundidad (3), sin embargo en su estudio Clement et al. (2012), demuestran que no existe diferencia en la profundidad de perforación entre cirujanos con amplia o poca experiencia si no que prima la prudencia y tener

presente durante la perforación en osteosíntesis en la región clavicular las distancias entre la cortical adyacente a las ENV reportadas, situación que disminuye la posibilidad de lesión de las estructuras que están en riesgo durante este procedimiento. (8)

Un estudio anatómico desarrollado por Werner et al. (2011), muestra los resultados de la evaluación de la proximidad de la punta de los tornillos de fijación para placas superiores e inferiores con las estructuras neurovasculares vitales para la extremidad superior. Este estudio reporta una incidencia del 20% del contacto de la punta del tornillo con al menos una estructura neurovascular importante. En el 7% de los casos la punta de tornillo estuvo en contacto directo con alguna de las ENV tanto en la posición superior como en la anteroinferior. En posición anatómica encontraron que la AS, VS y PB se ubicaron a una distancia de 19mm, 21mm y 14mm, desde la mitad de la longitud clavicular hasta el punto medio de cada estructura, respectivamente. En 90 grados de abducción del hombro se encontró un ligero aumento de estas distancias (23mm, 25mm y 16mm, respectivamente) (45).

Un estudio en población tailandesa (7), evaluó en 15 clavículas frescas la relación de las estructuras neurovasculares con la punta de los tornillos de fijación de placas de reconstrucción de 3,5mm por vía superior y anteroinferior en el tercio medio de la clavícula, en posición supina y en silla de playa. La fijación de las placas fue realizada con tres tornillos mediales y tres tornillos laterales numerados del uno al tres desde la mitad de la longitud total de la clavícula. Los hallazgos de este estudio demuestran que el segundo tornillo medial fue el de mayor riesgo en la vía superior como en la anteroinferior tanto en la posición supina como silla de playa. Además, encuentran que la distancia entre la punta de los tornillos y las estructuras neurovasculares varía entre la posición

en supino y silla de playa para la osteosíntesis por vía superior y anteroinferior. (1,4mm y 5,4mm, respectivamente).

Todas las mediciones de las osteosíntesis en nuestro estudio se realizaron en posición supina a 45 grados de abducción del hombro, mientras que la relación de las ENV con las osteosíntesis realizadas con placas superiores y anteroinferiores se midieron a la cortical inferior y posterior, respectivamente.

En la osteosíntesis con placas anteroinferiores las ENV delimitaron una zona comprendida entre el  $22,7\pm 2,4$  y  $54,8\pm 3,2\%$  de la longitud total de la clavícula. Los tornillos dos al cinco se ubicaron en la zona neurovascular y las ENV: VS, AS y PB se ubicaron a una distancia de la cortical posterior ligeramente menor a lo reportado en estudios previos. ( $9,6\pm 1,9$ mm,  $11,6\pm 0,5$ mm y  $11,6\pm 0,5$  mm, respectivamente). Los tornillos uno al cuatro estuvieron dentro de la zona neurovascular relacionados con la VS, AS y PB, a una distancia de la cortical inferior menor en relación con otras publicaciones. ( $9,3\pm 1,8$ mm,  $11,0\pm 2,2$ mm y  $12,2\pm 1,6$ mm respectivamente).

En nuestro estudio encontramos al músculo subclavio como una estructura en estrecha relación con las ENV del tercio medio de la clavícula. La distribución del vientre muscular sobre la cara inferior de la clavícula, así como las dimensiones de longitud y espesor identificadas en este estudio permiten inferir que esta estructura musculotendinosa juega un papel importante de protección en los traumas directos y durante los procedimientos quirúrgicos y osteosíntesis sobre el tercio medio de la clavícula.

La mayoría de las descripciones en la literatura sobre esta estructura musculotendinosa se limitan a reportes de caso de las variantes en su inserción lateral como hallazgos incidentales durante las disecciones en especímenes formolados. (31, 16, 24, 12) Sitha y Nopparatn (2010) realizaron una descripción de las inserciones del músculo subclavio sobre el borde inferior de la clavícula, ligamento conoide, proceso coracoideo, ligamento transverso de la escápula y músculo omohioideo, estableciendo de esta manera la clasificación desde los tipos I al IV.

En su serie, Sitha y Nopparatn (2010) encuentra la inserción normal del músculo subclavio, tipo I, en el 64% de los casos. En nuestro estudio predominó el musculo subclavio tipo II en 18 especímenes (60%), de los cuales 10 presentaron la variante del musculo subclavio que denominamos tipo IIa correspondiente a una banda fibrosa que cubrió toda la superficie inferior del vientre muscular. En nuestro estudio no encontramos los tipos III y IV conocidas como músculo subclavio posticus. Los hallazgos morfométricos de este estudio desarrollados en especímenes frescos enriquecen las descripciones previas reportadas en la literatura.

## **11. Conclusiones**

Los hallazgos morfométricos relacionados con las dimensiones de longitud total y espesor anteroposterior y superoinferior en cada tercio de las clavículas evaluadas en nuestro estudio nos ubican en un rango medio respecto a lo reportado en la literatura, éste dado por la configuración fenotípica media de la población colombiana.

Nuestros resultados muestran que la inervación sensitiva de la región clavicular y deltopectoral fue aportada de manera predominante por una rama medial y un tronco común entre la rama intermedia y lateral del nervio supraclavicular. Siendo estos resultados concordantes con lo reportado en la literatura. Estas estructuras nerviosas superficiales deben ser reconocidas y respetadas en los procedimientos de osteosíntesis en la región clavicular.

Las estructuras neurovasculares evaluadas en nuestro estudio: VS, AS y PB, se ubicaron entre el primer y segundo tercio de la clavícula y ocuparon el 33% de su longitud total. En la osteosíntesis con placas por vía anteroinferior la AS y el PB fueron las estructuras más cercanas a los tornillos de fijación dos al cinco numerados de medial a lateral. Mientras que en la osteosíntesis por vía superior tanto la VS, AS y PB, se encontraron más próximos a los tornillos uno al cuatro.

El músculo subclavio se identificó como una estructura musculotendinosa estrechamente relacionada a las ENV en el tercio medio de la clavícula permitiendo la protección de estas estructuras principalmente durante los procedimientos de osteosíntesis en el tercio medio clavicular con placas por vía superior.

Los resultados de este trabajo se constituyen en información relevante para los procedimientos quirúrgicos de reducción abierta y fijación interna de las fracturas del tercio medio de la clavícula con placas por vía anteroinferior y superior, basados en una casuística obtenida en una muestra de población colombiana.

## 12. Fortalezas y limitaciones

El desarrollo de este trabajo en una muestra de 42 especímenes cadavéricos frescos y formolados de una muestra de población colombiana constituyen una de las mayores fortalezas de este estudio. Los trabajos previamente publicados en la literatura han sido desarrollados en muestras significativamente menores y en otros grupos poblacionales.

Los resultados sustanciales de nuestro estudio sobre las características morfométricas de la clavícula y de las estructuras neurovasculares de esta región pueden servir de referencia para llevar a cabo procedimientos quirúrgicos con un margen mayor de seguridad en esta zona.

El desarrollo de la osteosíntesis en los especímenes cadavéricos frescos del INML-CF estuvo limitada por la imposibilidad de acceso, dadas las condiciones de salud pública relacionados con la Pandemia por SARS COV2.

### Referencias Bibliográficas

- Ahmed AF, Salameh M, AlKhatib N, Elmhiregh A, Ahmed GO. (2018). Open Reduction and Internal Fixation Versus Nonsurgical Treatment in Displaced Midshaft Clavicle Fractures: A Meta-Analysis. *J Orthop Trauma*. 32(7): e276-83
- Ai J, Kan SL, Li HL, Xu H, Liu Y, Ning GZ, Feng SQ. (2017). Anterior inferior plating versus superior plating for clavicle fracture: a meta-analysis. *BMC Musculoskelet Disord*. 18(1): 159
- Alajmo G, Schlegel U, Gueorguiev B, Matthys R, Gautier E. (2012). Plunging when drilling: effect of using blunt drill bits. *J Orthop Trauma*. 26(8): 482–7
- Bain GI, Eng K, Zumstein MA. (2013). Fatal Air Embolus During Internal Fixation of the Clavicle. A Case Report. *JBJS Case Connect*. 3(1): e24
- Bernat A, Huysmans T, Van Glabbeek F, Sijbers J, Gielen J, Van Tongel A. (2014). The anatomy of the clavicle: a three-dimensional cadaveric study. *Clinical anatomy* 27(5):712-23
- Bollini CA, Wikinski JA. (2006). Anatomical review of the brachial plexus. *Techniques in Regional Anesthesia and Pain Management*. 10(3): 69-78

- Chuaychoosakoon C, Suwanno P, Boonriong T, Suwannaphisit S, Klabbklay P, Parinyakhup W, Maliwankul K, Duangnumsawang Y, Tangtrakulwanich B. (2019). Patient Position Is Related to the Risk of Neurovascular Injury in clavicular Plating: A Cadaveric Study. *Clin Orthop Relat Res.* 477(12): 2761-2768
- Clement H, Heidari N, Grechenig W, Weinberg AM, Pichler W. (2012). Drilling, not a benign procedure: laboratory simulation of true drilling depth. *Injury.* 43(6): 950–2
- Clitherow HD, Bain GI. (2015). Major neurovascular complications of clavicle fracture surgery. *Shoulder and Elbow.* 7 (1) 3-12
- Costabeber I, de Almeida GM, Becker M, da Silveira AF, Martini DT. (2010). Brachial Plexus Cords: A Morphological Study. *Rev Bras Anesthesiol.* 60(6): 614-9
- Ding M, Hu J, Ni J, Lv H, Song D, Shu C. (2012). Iatrogenic subclavian arteriovenous fistula: rare complication of plate osteosynthesis of clavicle fracture. *Orthopedics.* 17;35(2): e287-9
- Diwan RK, Chopra J, Anitarani, Rani A, Sehgal G, Srivastava AK. (2014). A rare variation of subclavius muscle. *J. Anat. Sciences.* 22(2): 22-25
- Fuglesang HFS, Flugsrud GB, Randsborg PH, Hammer OL, Utvåg SE. (2018). Five-Year Follow-up results of a randomized controlled study comparing intramedullary nailing with plate

- fixation of completely displaced midshaft fractures of the clavicle in adults. *JBJS Open Access*. 3(4): e0009
- Galley IJ, Watts AC, Bain GI. (2009). The anatomic relationship of the axillary artery and vein to the clavicle: A cadaveric study. *J Shoulder Elbow Surg*. 18(5): e21-5
- Goswami T, Markert RJ, Anderson CG, Sundaram SS, Crosby LA. (2008). Biomechanical evaluation of a pre-contoured clavicle plate. *J Shoulder Elbow Surg*. 17(5):815-8
- Grigoriță L, Vaida MA, Jianu A. (2018). An Aberrant Subclavius Posticus Muscle: A Case Report *Med Princ Pract* 27(6): 579–581
- Havet E, Duparc F, Tobenas-Dujardin AC, Muller JM, Fréger P. (2007). Morphometric study of the shoulder and subclavicular innervation by the intermediate and lateral branches of supraclavicular nerves. *Surg Radiol Anat*. 29(8):605–10
- Hosseinzadeh P, Pokala N, Meyer Z, Minaie A, Brea C, Gonzalez D, Kiebzak GM. (2020). Clavicles continue to grow beyond skeletal maturity: radiographic analysis of clavicle length in adolescents and young adults. *J Pediatr Orthop B*. 29(2): 195-9
- Jimenez I, Marcos A, Muratore G, Medina J. (2017). Neurovascular Complications in Clavicle Fractures Plating: A Simple Procedure to Avoid Them. *Techniques in Shoulder & Elbow Surgery*. 18(4):129–131

Khan LA, Bradnock TJ, Scott C, Robinson CM. (2009). Fractures of the clavicle. *J Bone Joint Surg Am.* 91(2): 447-60

Leung S, Zlotolow DA, Kozin SH, Abzug JM. (2015). Surgical anatomy of the supraclavicular brachial plexus. *J bone joint Surg Am.* 97(13): 1067-73

Little KJ, Riches PE, Fazzi UG. (2012). Biomechanical analysis of locked and non-locked plate fixation of the clavicle. *Injury.* 43(6) 921–5

Lo EY, Eastman J, Tseng S, Lee MA, Yoo BJ. (2010). Neurovascular Risks of Anteroinferior Clavicular Plating. *Orthopaedics.* 33(1):21

Martin RM, Vyas NM, Sedlmayr JC, Wisco JJ. (2008). Bilateral variation of subclavius muscle resembling subclavius posticus. *Surg Radiol Anat.* 30(2): 171–4

Mathieu PA, Marcheix PS, Hummel V, Valleix D, Mabit C. (2014). Anatomical study of the clavicle: endomedullary morphology. *Surg Radiol Anat.* 36(1):11-5

Ministerio de salud (1997). Manual de conductas básicas en bioseguridad: manejo integral. <http://www.minsalud.gov.co/>

Nordqvist A, Petersson C. (1994). The incidence of fractures of the clavicle. *Clin Orthop Relat Res.* 3(300): 127-32

- Nourian A, Dhaliwal S, Vangala S, Vezeridis PS. (2017). Midshaft Fractures of the Clavicle: A Meta-analysis Comparing Surgical Fixation Using Anteroinferior Plating Versus Superior Plating. *J Orthop Trauma*.31(9): 461-7.
- Nowak J, Mallmin H, Larsson S. (2000). The etiology and epidemiology of clavicular fractures: A prospective study during a two-year period in Uppsala, Sweden. *Injury*. 31(5):353-8
- Paladini P, Pellegrini A, Merolla G, Campi F, Porcellini G. (2012). Treatment of clavicle fractures. *Transl Med UniSa*. 2(6): 47-58
- Piyawinijwong S, Sirisathira N. (2010). Supernumerary subclavius muscle in Thais: predisposing cause of thoracic outlet syndrome. *J Med Assoc Thai*. 93(9): 1065-9
- Postacchini F, Gumina S, De Santis P, Albo F. (2002). Epidemiology of Clavicle Fractures. *J. Shoulder Elbow Surg*. 11(5): 452-6
- Qin M, Zhao S, Guo W, Tang L, Li H, Wang X, Zhu Z, Sun T. (2019). Open reduction and plate fixation compared with non-surgical treatment for displaced midshaft clavicle fracture. A meta-analysis of randomized clinical trials. *Medicine (Baltimore)*. 98(20): e15638
- Robinson L, Persico F, Lorenz E, Seligson D. (2014). Clavicular caution: an anatomic study of neurovascular structures. *Injury*. 45(12): 1867–9.

- Ropars M, Thomazeau H, Hutten D. (2017). Clavicle fractures. *Orthop Traumatol Surg Res.* 103(1S): S53-S59
- Rosati M, Andreani L, Poggetti A, Zampa V, Parchi P, Lisanti M. (2013). Progressive brachial plexus palsy after osteosynthesis of an inveterate clavicular fracture. *J Orthop Case Rep.* 3(3): 18-21
- Sehrawat J.S., Pathak R.K. Variability in anatomical features of human clavicle: Its forensic anthropological and clinical significance. *Translational Research in Anatomy.* 3(4): 5-14
- Sohn HS, Shon MS, Lee KH, Song SJ. (2015). Clinical comparison of two different plating methods in minimally invasive plate osteosynthesis for clavicular midshaft fractures: a randomized controlled trial. *Injury.* 46(11): 2230–8
- Stanley D, Trowbridge EA, Norris SH. (1988). The mechanism of the clavicular fracture. A clinical and biomechanical analysis. *J Bone Joint Surg Br.* 70(3):461-4
- Steinmetz G, Conant S, Bowlin B, Hamilton J, Allen J, Stoner J, White C. (2020). The Anatomy of the Clavicle and Its In Vivo Relationship to the Vascular Structures: A 2D and 3D Reconstructive Study Using CT Scans. *J Orthop Trauma.* 34(1): e14-19
- Stillwell A, Ioannou C, Daniele L, Tan SL. (2017). Osteosynthesis for clavicle fractures: How close are we to penetration of neurovascular structures? *Injury.* 48(2): 460-463

Subramanian P, Joshi M, Shilston S, Wallace D, Pearce OJ. (2013). Treatment of middle-third clavicle fractures using anterior plating with a dynamic compression plate (DCP). *Tech Hand Up Extrem Surg.* 17(1): 35-6

Tubbs RS, Salter EG, Oakes WJ. (2006). Anomaly of the Supraclavicular Nerve: Case Report and Review of the Literature. *Clinical Anatomy.* 19(7): 599–601

Wang YC, Fu YC, Chou SH, Liu PC, Tien YC, Lu CC. (2015). Titanium elastic nail versus plate fixation of displaced midshaft clavicle fractures: a retrospective comparison study. *Kaohsiung J Med Sci.* 31(9):473-9

Werner SD, Reed J, Hanson T, Jaeblo T. (2011). Anatomic Relationships After Instrumentation of the Midshaft Clavicle with 3.5-mm Reconstruction Plating: An Anatomic Study. *J Orthop Trauma.* 25(11):657-60

**Anexos**

**Anexo A.** Tabla de operacionalización de las variables**1. Variables Independientes**

## a. Datos de los especímenes

<b>Nombre</b>	<b>Definición</b>	<b>Variable</b>	<b>Definición Operacional</b>	<b>Tipo de Variable</b>
Edad	Tiempo que ha vivido una persona contando desde su nacimiento	Edad > 12 años	Registro de los años de vida de acuerdo con la información de la cédula	Cuantitativa Discreta
Sexo	Conjunto de características de los individuos que los identifica como masculinos y femeninos	Femenino Masculino	Registro de la característica F o M de acuerdo con la información de la cédula	Cualitativa Nominal Dicotómica
Talla	Estatura de una persona	Medida en centímetros	Registro de acuerdo con la información de la cédula	Cuantitativa Discreta
Lado	Parte diferenciada a partir de un eje ideal y opuesta a otras en un cuerpo	Derecho Izquierdo	Registro de las características de acuerdo con los hallazgos	Cualitativa Nominal Dicotómica

## b. Tipo y posición de la placa

<b>Nombre</b>	<b>Definición</b>	<b>Variable</b>	<b>Definición Operacional</b>	<b>Tipo de Variable</b>
Tipo de placa	Modelo para fijación en tercio medio de la clavícula	Placa de compresión y bloqueo (LCP) Placa de compresión dinámica (DCP)	Registro de acuerdo con el modelo seleccionado para el estudio	Cualitativa Nominal Dicotómica
Posición de placa	Ubicación de la placa en el tercio medio de la clavícula	Superior Anteroinferior	Registro de acuerdo con la posición seleccionada para el estudio	Cualitativa Nominal Dicotómica

## c. Nervios Sensitivos

<b>Nombre</b>	<b>Definición</b>	<b>Variable</b>	<b>Definición Operacional</b>	<b>Tipo de Variable</b>
Número de Nervios sensitivos	Cantidad de nervios sensitivos supraclaviculares	Número	Registro del número de nervios supraclaviculares encontrados	Cuantitativa Discreta
Longitud de Nervios sensitivos	Medida de la distancia de los nervios sensitivos en la región clavicular	Cantidad en milímetros	Registro de la longitud de acuerdo con el resultado de la medición con calibrador digital	Cuantitativa Continua

## d. Clavícula

<b>Nombre</b>	<b>Definición</b>	<b>Variable</b>	<b>Definición Operacional</b>	<b>Tipo de Variable</b>
Longitud total de la clavícula	Medida de la distancia del eje clavicular desde la AEC hasta la AAC	Cantidad en milímetros	Registro de la longitud de acuerdo con el resultado de la medición con calibrador digital	Cuantitativa Continua
Longitud de la clavícula desde AEC hasta finalización de la convexidad	Medida de la distancia del eje clavícula desde la AEC hasta la finalización de la convexidad	Cantidad en milímetros	Registro de la longitud de acuerdo con el resultado de la medición con calibrador digital	Cuantitativa Continua
Longitud Anteroposterior en cada tercio	Medida de la distancia desde la cortical anterior hasta la cortical posterior de la clavícula en cada tercio	Cantidad en milímetros	Registro de la longitud de acuerdo con el resultado de la medición con calibrador digital	Cuantitativa Continua
Longitud Superoinferior en cada tercio	Medida de la distancia desde la cortical superior hasta la cortical inferior de la clavícula en cada tercio	Cantidad en milímetros	Registro de la longitud de acuerdo con el resultado de la medición con calibrador digital	Cuantitativa Continua

## e. Vena Subclavia

<b>Nombre</b>	<b>Definición</b>	<b>Variable</b>	<b>Definición Operacional</b>	<b>Tipo de Variable</b>
Distancia desde AEC hasta punto medio de la VS	Medida de la distancia desde la AEC hasta punto medio de la VS	Cantidad en milímetros	Registro de la longitud de acuerdo con el resultado de la medición con calibrador digital	Cuantitativa Continua
Distancia desde ELC hasta punto medio de la VS	Medida de la distancia desde la cortical posteroinferior hasta punto medio de la VS	Cantidad en milímetros	Registro de la longitud de acuerdo con el resultado de la medición con calibrador digital	Cuantitativa Continua

## f. Arteria Subclavia

<b>Nombre</b>	<b>Definición</b>	<b>Variable</b>	<b>Definición Operacional</b>	<b>Tipo de Variable</b>
Distancia desde AEC hasta punto medio de la AS	Medida de la distancia desde la AEC hasta punto medio de la AS	Cantidad en milímetros	Registro de la longitud de acuerdo con el resultado de la medición con calibrador digital	Cuantitativa Continua
Distancia desde ELC hasta punto medio de la AS	Medida de la distancia desde la cortical posteroinferior hasta punto medio de la AS	Cantidad en milímetros	Registro de la longitud de acuerdo con el resultado de la medición con calibrador digital	Cuantitativa Continua

## g. Plexo Braquial

<b>Nombre</b>	<b>Definición</b>	<b>Variable</b>	<b>Definición Operacional</b>	<b>Tipo de Variable</b>
Distancia desde AEC hasta punto medio del PB	Medida de la distancia desde la AEC hasta punto medio de la PB	Cantidad en milímetros	Registro de la longitud de acuerdo con el resultado de la medición con calibrador digital	Cuantitativa Continua

Distancia desde ELC hasta punto medio del PB	Medida de la distancia desde la cortical posteroinferior hasta punto medio del PB	Cantidad en milímetros	Registro de la longitud de acuerdo con el resultado de la medición con calibrador digital	Cuantitativa Continua
--	---	------------------------	---	--------------------------

## 2. Variable Dependiente

Nombre	Definición	Variable	Definición Operacional	Tipo de Variable
Zona segura para la osteosíntesis en fracturas del tercio medio	Límite de seguridad para la osteosíntesis con placas en fracturas del tercio medio de la clavícula	Cantidad en milímetros	Registro de la longitud de acuerdo con el resultado de la medición con calibrador digital	Cuantitativa Continua

**Anexo B.** Formato de recolección de la información.

<b>ANEXO B. FORMATO DE REGISTRO</b>
EVALUACION DE LAS ESTRUCTURAS NEUROVASCULARES PARA LA OSTEOSINTESIS CON PLACAS EN FRACTURAS DEL TERCIO MEDIO DE LA CLAVICULA. UN ESTUDIO ANATOMICO DIRECTO.

No Cadáver: \_\_\_\_\_ Edad: \_\_\_\_ Sexo: \_\_\_\_\_ Talla: \_\_\_\_\_ Lado: \_\_\_\_\_

**Placa:** LCP: \_\_\_ DCP: \_\_\_ **Posición de la placa:** Superior: \_\_\_ Anteroinferior: \_\_\_\_\_

**Nervios Sensitivos supraclaviculares**

Número: 1 \_\_\_ 2 \_\_\_ 3 \_\_\_

Longitud: 1 \_\_\_\_\_ 2 \_\_\_\_\_ 3 \_\_\_\_\_

**Clavícula**

Longitud total: \_\_\_\_\_

Longitud desde AEC hasta finalización de la convexidad: \_\_\_\_\_

Longitud AP: Tercio medial: \_\_\_\_\_ Tercio medio: \_\_\_\_\_ Tercio lateral: \_\_\_\_\_

Longitud SI: Tercio medial: \_\_\_\_\_ Tercio medio: \_\_\_\_\_ Tercio lateral: \_\_\_\_\_

**Vena Subclavia:**

Distancia desde AEC hasta punto medio de la VS: \_\_\_\_\_

Distancia desde la CPI hasta punto medio de la VS: \_\_\_\_\_

**Arteria Subclavia:**

Distancia desde AEC hasta punto medio de la AS: \_\_\_\_\_

Distancia desde la CPI hasta punto medio de la AS: \_\_\_\_\_

**Plexo Braquial:**

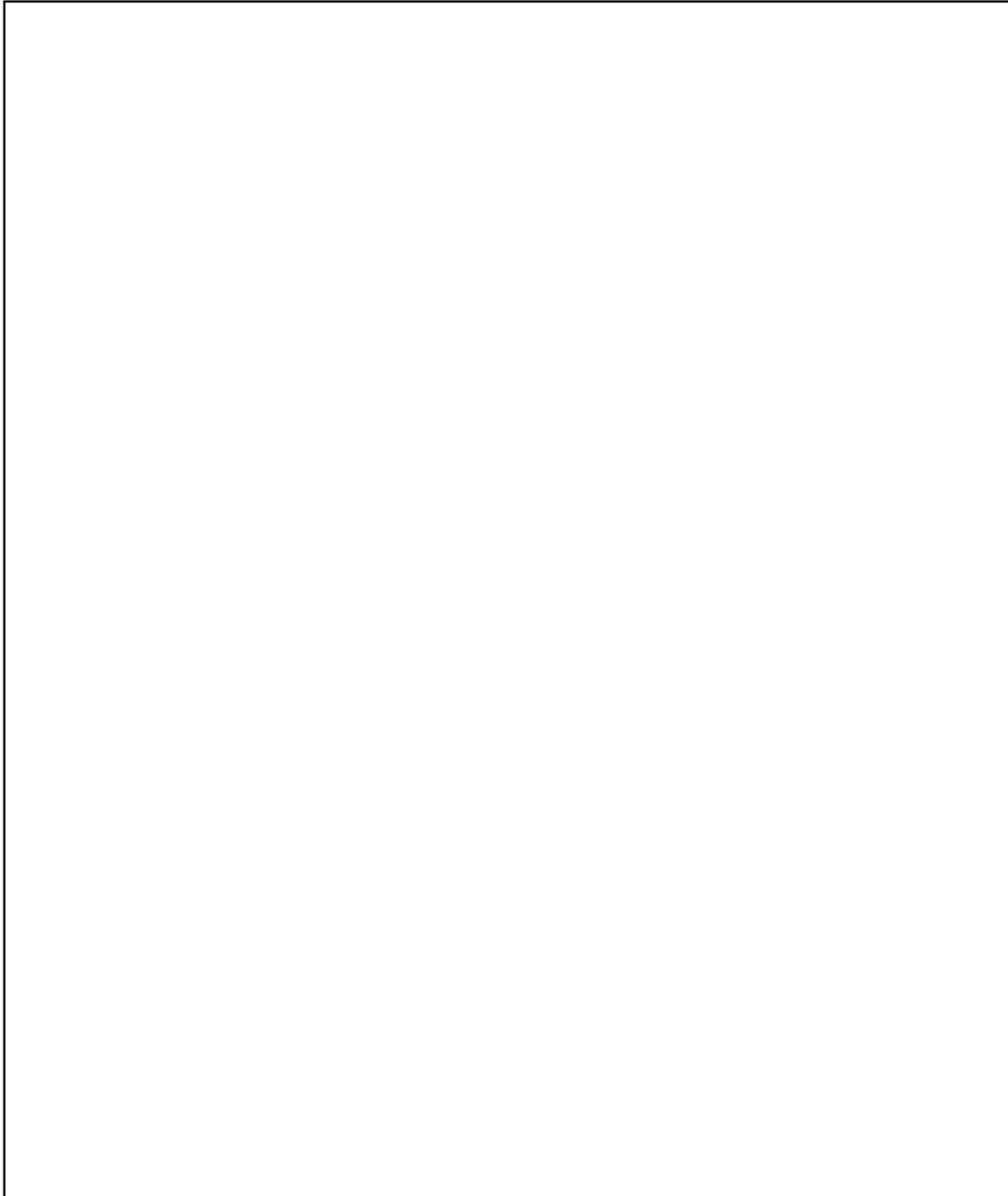
Distancia desde AEC hasta punto medio de la PB: \_\_\_\_\_

Distancia desde la CPI hasta punto medio de la PB: \_\_\_\_\_

**ANEXO B. FORMATO DE REGISTRO. Continuación.**

EVALUACION DE LAS ESTRUCTURAS NEUROVASCULARES PARA LA OSTEOSINTESIS CON PLACAS EN FRACTURAS DEL TERCIO MEDIO DE LA CLAVICULA. UN ESTUDIO ANATOMICO DIRECTO.

**Gráficos**



**Anexo C.** Certificado del curso “Protección de los participantes humanos de la investigación”