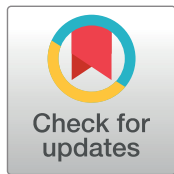




Versión español



English version



CrossMark



ACCESO ABIERTO

**Citación:** Radošević D, Dimić S, Vučinić N., Marić D, Perić R. **Análisis osteométrico del surco intertubercular del húmero** Colomb Méd (Cali), 2025; 56(3):e2016728 <http://doi.org/10.25100/cm.v56i3.6728>

**Recibido:** 31 Mar 2025**Revisado :** 17 Ago 2025**Aceptado :** 24 Sep 2025**Publicado:** 30 Sep 2025**Palabras clave**

fenómenos biomecánicos, antropometría, variación anatómica, articulación del hombro, rango del movimiento articular, húmero, tendón, relevancia clínica

**Keywords**

biomechanical phenomena, anthropometry, anatomic variation, shoulder joint, range of motion, humerus, tendons, clinical relevance

**Copyright:** © 2025 Universidad del Valle

**Autor de correspondencia**

**Dragana Radošević E-mail:** dragana.radosevic@mf.uns.ac.rs

## ARTICULO ORIGINAL

## Análisis osteométrico del surco intertubercular del húmero

### Osteometric analysis of the intertubercular sulcus of the humerus

Dragana Radošević,<sup>1</sup> Stefan Dimić,<sup>1</sup> Nikola Vučinić,<sup>1</sup> Dušica Marić,<sup>1</sup> Radmila Perić<sup>2</sup>

**1** University of Novi Sad, Medical Faculty, Department of Anatomy, Novi Sad , Serbia **2** University of Novi Sad, Medical Faculty, Department of Radiology, Novi Sad , Serbia

## Resumen

### Antecedentes

Las variaciones anatómicas y las desviaciones de la morfometría esperada del surco intertubercular se asocian con la fisiología del tendón de la cabeza larga del bíceps braquial. Estas variaciones pueden afectar la biomecánica del tendón, lo que podría repercutir en la estabilidad de la articulación del hombro.

### Objetivo

Evaluar las características osteométricas del surco intertubercular, incluidas las dimensiones, ángulos y prominencias óseas, y comparar dichas variables según la lateralidad y el sexo.

### Métodos

El estudio descriptivo y transversal incluyó una muestra de 85 húmeros. El análisis morfométrico comprendió mediciones del ancho, la profundidad y la longitud del surco intertubercular; de las distancias entre sus paredes y los tubérculos mayor y menor; y el cálculo de ángulos. Las mediciones se obtuvieron con ImageJ (versión 150i). Además, se empleó un método no métrico para determinar el sexo, basado en la forma y la prominencia de las estructuras en el extremo distal del húmero.

### Resultados

Las distancias entre la cabeza y los tubérculos mayor y menor fueron estadísticamente significativamente mayores en los húmeros derechos. La longitud del labio lateral del surco fue mayor en los húmeros masculinos vs. los femeninos (114.2 mm vs. 108.7 mm). El ángulo de apertura del lado derecho fue mayor que el del lado izquierdo (78.7° vs. 74.4°). Se observaron espículas óseas en el tubérculo mayor en cuatro húmeros (4.7%) y en el tubérculo menor en siete húmeros (8.2%), y se identificaron crestas supratuberculares en un total de 10 húmeros (11.8%).

### Conclusiones

Las dimensiones del surco intertubercular fueron mayores en los húmeros derechos. El análisis de los ángulos del surco intertubercular proporciona una descripción más precisa de su morfología

## Conflicto de interés

Los autores declaran no tener conflictos de interés. Los autores no recibieron apoyo de ninguna organización para el trabajo presentado. Los autores no tienen intereses financieros ni no financieros relevantes que declarar. Los autores no tienen intereses en competencia relevantes para el contenido de este artículo. Todos los autores certifican que no tienen afiliaciones ni participación en ninguna organización o entidad con intereses financieros o no financieros relacionados con el tema o los materiales discutidos en este manuscrito.

## Financiamiento

No se recibió financiamiento para la preparación de este manuscrito. No se recibió financiamiento para realizar este estudio. No se recibieron fondos, subvenciones u otro tipo de apoyo. Los autores no tienen intereses financieros ni patrimoniales en ningún material discutido en este artículo

## Declaración de contribución de autoría (CRediT)

**DR.** Conceptualización, curación de datos, análisis formal, investigación, metodología, administración del proyecto, software, supervisión, validación, visualización, redacción - borrador original, y redacción - revisión y edición. **SD** curación de datos, análisis formal, metodología, administración del proyecto, software y visualización. **NV** conceptualización, análisis formal, investigación, metodología, administración del proyecto, validación, visualización y redacción - revisión y edición. **DM** conceptualización, metodología, administración del proyecto, visualización, redacción - borrador original, y redacción - revisión y edición. **RP** curación de datos, análisis formal, metodología, administración del proyecto y visualización

## Disponibilidad de datos

Los datos que respaldan los hallazgos de este estudio están disponibles a través de la autora de correspondencia, Dragana Radošević, MD, PhD. Correo electrónico: dragana.radoševic@mf.uns.ac.rs.

## Abstract

### Background:

The anatomical variations and deviations from the expected intertubercular sulcus morphometry are associated with the physiology of the long head of the biceps brachii tendon. These variations may affect tendon biomechanics, potentially impacting shoulder joint stability.

### Aim:

To evaluate the osteometric features of the intertubercular sulcus, including its dimensions, angles, and bony protrusions, and to compare these variables according to side and sex.

### Methods:

The descriptive, cross-sectional study included a sample of 85 humeri. Morphometric analysis involved measurements of the intertubercular sulcus width, depth, and length; distances between its walls and the lesser and greater tubercles; and calculations of angles. Measurements were obtained using ImageJ (version 150i). Additionally, a non-metric method was used to determine sex based on the shape and prominence of structures at the distal end of the humerus.

### Results:

The distances between the head and the greater and lesser tubercles were statistically significantly greater on the right humeri. The length of the lateral lip of the sulcus was greater in males compared with female humeri (114.2 mm vs. 108.7 mm). The right side's opening angle was higher than on the left (78.7° vs. 74.4°). Bony spikes were observed on the greater tubercle in four humeri (4.7%), on the lesser tubercle in seven humeri (8.2%), and supratubercular ridges were identified in a total of 10 humeri (11.8%).

### Conclusions:

The dimensions of the intertubercular sulcus were larger on the right humeri. Analysis of the angles of the intertubercular sulcus provides a more precise account of its morphology.

## Contribucion del estudio

### 1) ¿Por qué se realizó este estudio?

Este estudio se llevó a cabo para examinar las características morfológicas del surco intertubercular (dimensiones, ángulos y protrusiones óseas) en el extremo proximal del húmero. El objetivo fue investigar las variaciones del surco intertubercular, así como las de las estructuras que lo forman. Teniendo en cuenta el enfoque antropológico del estudio, también se compararon los parámetros entre los sexos y según el lado del cuerpo. Asimismo, se buscó detectar y describir las protrusiones óseas dentro del surco, ya que se ha demostrado que su presencia está relacionada con la biomecánica del tendón y de la articulación del hombro.

### 2) ¿Cuáles fueron los resultados más relevantes?

El hallazgo más significativo del estudio es que el surco intertubercular del húmero es más prominente en el sexo masculino que en el femenino. El ángulo de apertura del surco intertubercular es mayor en los húmeros derechos que en los izquierdos, lo que puede sugerir una mayor inestabilidad del tendón de la cabeza larga del bíceps braquial en la articulación del hombro. También se identificaron protrusiones óseas en el surco, como espolones óseos y crestas supratuberculares.

### 3) ¿Qué aportan estos resultados?

Estos resultados contribuyen a una mejor comprensión de las variaciones óseas anatómicas de la articulación del hombro. La definición precisa de los ángulos que caracterizan el surco intertubercular permite determinar con mayor exactitud la posición del tendón de la cabeza larga del bíceps braquial dentro del surco. Los resultados constituyen una base para futuros estudios clínicos que examinen la relación entre las variaciones del surco intertubercular y las condiciones patológicas

## Introducción

Los tubérculos (mayor y menor) en el extremo proximal del húmero delimitan el surco intertubercular (ITS), cuya dirección forma un ángulo obtuso abierto hacia adentro y hacia abajo. La pared medial del surco intertubercular está limitada por el tubérculo menor, el labio lateral por el tubérculo mayor, y el espacio es puenteado por el ligamento humeral transverso<sup>1</sup>. El surco intertubercular también está cubierto por los tendones del subescapular, del supraespinoso y del pectoral mayor<sup>2</sup>. En este surco se encuentra el tendón de la cabeza larga del bíceps braquial. De acuerdo con Rajani y Man<sup>3</sup>, el surco intertubercular y el ligamento transverso del húmero estabilizan la articulación del hombro y reducen la posibilidad de luxación del tendón de la cabeza larga del bíceps braquial durante movimientos multidireccionales.

Según estudios biométricos publicados en diferentes poblaciones, el ancho promedio del surco intertubercular es de 8.0 a 10.0 mm, la profundidad de 4.0 a 6.0 mm y la longitud de 80.0 a 100.0 mm, respectivamente<sup>3-6</sup>. El ángulo de apertura (el ángulo entre las paredes del surco intertubercular y los tubérculos) es uno de los parámetros más frecuentemente analizados para determinar con mayor precisión las características morfométricas del surco en su conjunto, así como su relación con el tendón de la cabeza larga del bíceps braquial. Los valores de este ángulo se sitúan aproximadamente entre 70° y 100°, y parece estar asociado con la estabilidad de la articulación del hombro<sup>3-5</sup>.

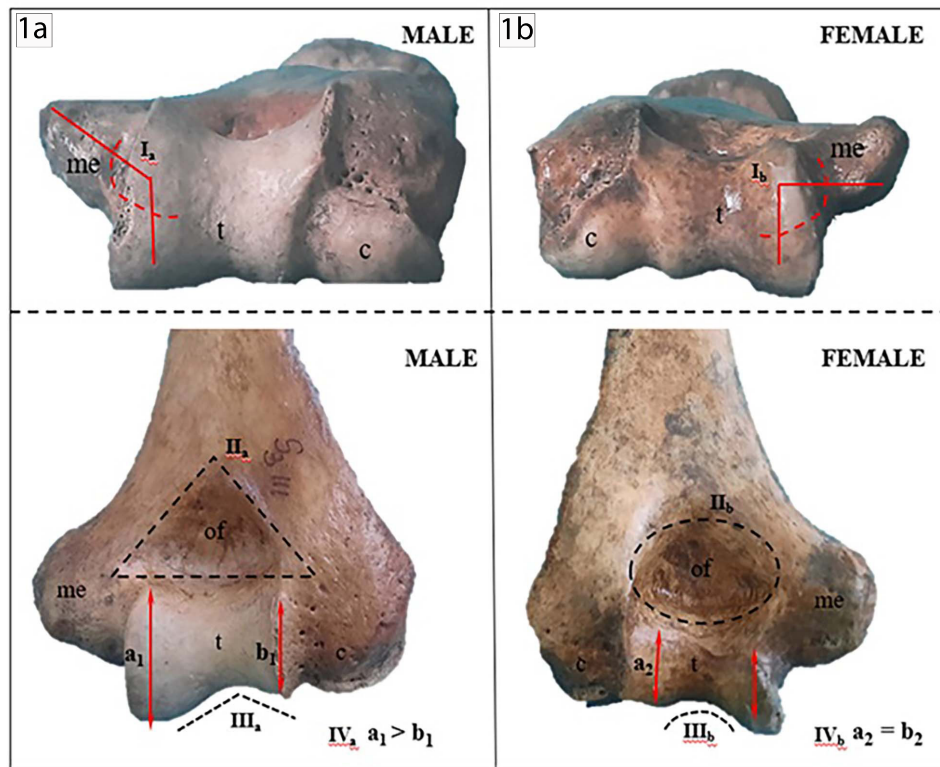
La literatura sugiere que el surco intertubercular de los humanos es único en su profundidad, ancho y longitud en comparación con el de otros primates<sup>7,8</sup>. Las desviaciones de los valores estándar del surco intertubercular pueden provocar sobrecarga del tendón, lesiones traumáticas, tendinitis e inflamaciones de la vaina tendinosa<sup>9-11</sup>. Los cambios en el ángulo formado por los dos tubérculos con los labios del surco intertubercular, así como en el ancho del surco y el grosor del tendón, también pueden contribuir a estos problemas<sup>8</sup>. Cualquier desviación de la anatomía habitual de los elementos de la articulación del hombro puede resultar en el síndrome de pinzamiento del hombro y en un rango de movimiento limitado<sup>12,13</sup>. Un surco poco profundo puede conducir a una mayor movilidad en la articulación del hombro y a una posible luxación del tendón, mientras que un surco profundo puede provocar cambios patológicos en el tendón muscular<sup>14,15</sup>. Una cresta supratubercular puede alterar la dirección del tendón de la cabeza larga del bíceps braquial, lo que podría provocar inflamación, luxaciones y rupturas del tendón<sup>16</sup>. Además, pueden presentarse cambios degenerativos, como espolones en la cresta supratubercular y en el surco<sup>17</sup>. El surco intertubercular es importante para la orientación durante la cirugía de la articulación del hombro y la reconstrucción protésica del extremo superior del húmero<sup>18</sup>.

Dado que las variaciones anatómicas del hombro están relacionadas con la funcionalidad y la estabilidad de la articulación, el objetivo fue determinar las características osteométricas del surco intertubercular mediante la medición de sus dimensiones y ángulos, la identificación de espolones y crestas óseas, y la comparación de estas características por lado y por sexo.

## Materiales y Métodos

El estudio descriptivo se llevó a cabo en el Departamento de Anatomía de la Facultad de Medicina de la Universidad de Novi Sad. La investigación fue aprobada por el Comité de Ética (número de decisión 01-39/269). Se seleccionaron húmeros sin daños visibles en las regiones superior e inferior de la colección osteológica del departamento de anatomía. La muestra total consistió en 85 huesos secos (56 del lado derecho y 29 del lado izquierdo) procedentes de cadáveres de edad desconocida, sobre los cuales el propio investigador realizó mediciones posteriores.

Los húmeros fueron fotografiados horizontalmente, desde el frente y desde la parte superior, en una posición fija, utilizando una cámara digital Olympus SP-560UZ con zoom óptico de 18x. Todos los parámetros se determinaron en el programa de procesamiento de imágenes ImageJ (versión 150i, software de dominio público). Durante la fotografía se observaron las normas para la validez de los resultados obtenidos mediante análisis de imagen (distancia y



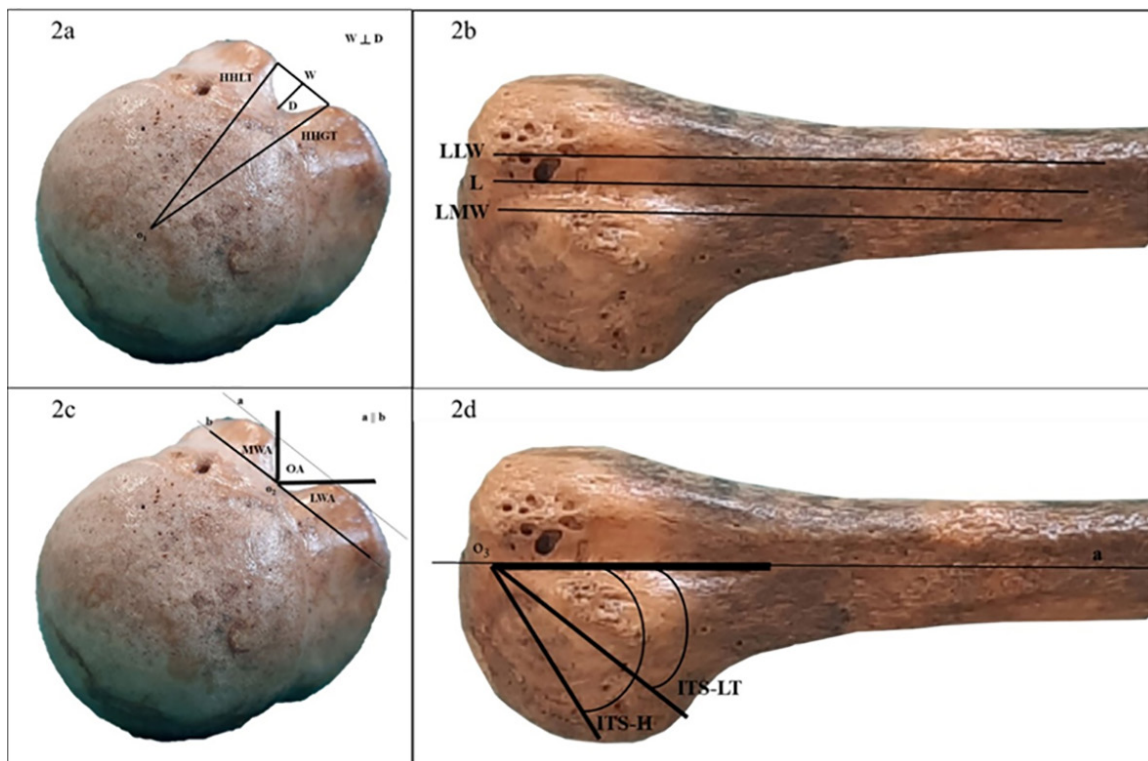
**Figura 1.** Determinación del sexo del húmero basada en la apariencia de la estructura del extremo inferior (me: epicóndilo medial; t: tróclea; c: capitulo; of: fosa del olécranon)

ángulos consistentes entre la lente de la cámara y la estructura objetivo, con el mismo grado de iluminación en el entorno). Inicialmente, se realizó la determinación no métrica del sexo del cadáver, seguida de una inspección detallada del surco intertubercular y de la anotación de la presencia de protuberancias óseas en forma de espolones y de crestas supratuberculares.

La diferenciación sexual de los húmeros se realizó de manera no métrica, basándose en las diferencias estructurales entre los sexos en el extremo inferior del hueso. Se analizaron los siguientes cuatro parámetros<sup>19,20</sup> (Figura 1):

1. El ángulo formado por el epicóndilo medial (em) con el resto del extremo inferior abierto hacia adelante: este ángulo es obtuso en los húmeros masculinos (Ia) y recto en los húmeros femeninos (Ib).
2. La forma de la fosa del olécranon (fo): triangular en ejemplares masculinos (IIa) y más ovalada en los femeninos (IIb).
3. La forma de la superficie inferior de la tróclea (t) se caracteriza por una muesca angular en los húmeros masculinos (IIIa) y por un arco muescado en los húmeros femeninos (IIIb).
4. Simetría de la tróclea en relación con el capitulo (c) del húmero: asimétrica en el sexo masculino (IVa) y simétrica en el sexo femenino (IVb).

Para que un hueso se clasificara como masculino o femenino, debía cumplir al menos tres de los cuatro criterios enumerados para el sexo correspondiente. Así, se analizaron posteriormente 53 húmeros masculinos y 32 femeninos.



**Figura 2.** Representación de los parámetros del surco intertubercular calculados en el extremo superior del húmero (W: ancho, D: profundidad, HH-LT: distancia entre el centro del eje de la cabeza humeral y el punto más prominente del tubérculo menor, HH-GT: distancia entre el centro del eje de la cabeza humeral y el punto más prominente del tubérculo mayor, W  $\perp$  D: D forma un ángulo recto con la dirección de la extensión de W (2a). LLW: longitud de la pared lateral, L: longitud, LMW: longitud de la pared medial (2b). MWA: ángulo de la pared medial, OA: ángulo de apertura, LWA: ángulo de la pared lateral, a  $\parallel$  b: la línea a que pasa por los puntos más prominentes del surco es paralela a la línea b que pasa por el punto más profundo del surco (O2) (2c). ITS-LT: ángulo formado por una línea que pasa por el punto más medial del tubérculo menor y una línea que coincide con la dirección de L, con vértice en el punto más proximal del surco, ITS-H: ángulo formado por una línea que pasa por el punto más medial de la cabeza humeral y una línea que coincide con la dirección de L, con vértice en el punto más proximal del surco (2d)).

### Análisis Osteométrico

El análisis osteométrico incluyó la medición de las dimensiones de las estructuras que forman el surco intertubercular, los ángulos formados por estos elementos y las estructuras óseas correspondientes en el extremo superior del húmero.

La medición y el cálculo de los parámetros que definen las dimensiones del surco intertubercular incluyeron (Figuras 2 a y 2b):

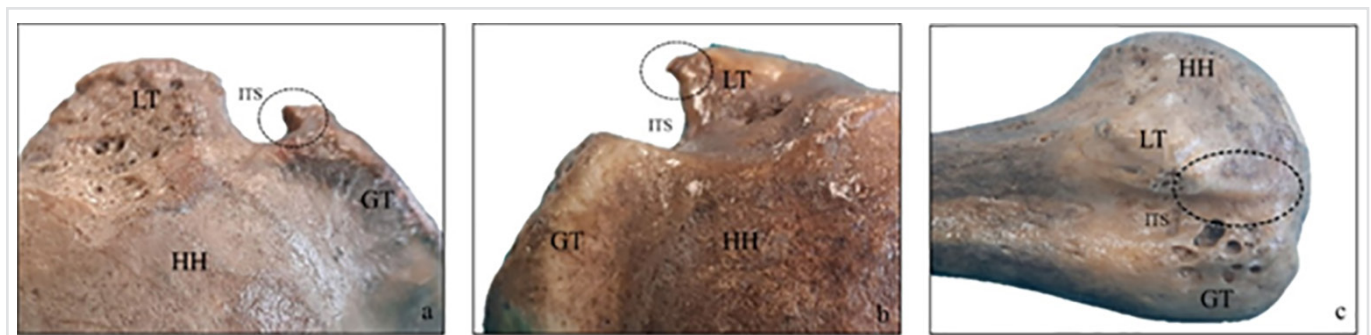
- W (ancho del surco): la distancia entre los puntos más prominentes del tubérculo menor y del mayor.
- D (profundidad del surco): la distancia entre el punto más profundo del surco intertubercular y el ancho.
- L (longitud del surco): la distancia entre los puntos proximal y distal del surco intertubercular.
- LMW: longitud de la pared medial del surco intertubercular.

- LLW: longitud de la pared lateral del surco intertubercular.
- HH-LT: distancia desde el centro del eje de la cabeza humeral hasta el punto más prominente del tubérculo menor.
- HH-GT: distancia desde el centro del eje de la cabeza humeral hasta el punto más prominente del tubérculo mayor.

La medición y el cálculo de los ángulos formados por las estructuras del surco intertubercular incluyeron los siguientes parámetros (Figuras 2 c y 2d):

- MWA (ángulo de la pared medial): ángulo formado por la pared medial del surco intertubercular con una línea (b) que pasa por el punto más profundo del surco ( $O_2$ ) y es paralela a una línea (a) que coincide con el ancho (W) del surco intertubercular.
- LWA (ángulo de la pared lateral): ángulo formado por la pared lateral del surco intertubercular con una línea (b) que pasa por el punto más profundo del surco ( $O_2$ ) y es paralela a una línea (a) que coincide con el ancho (W) del surco intertubercular.
- OA (ángulo de apertura): ángulo formado por las paredes medial y lateral del surco intertubercular a nivel de los puntos más prominentes del tubérculo menor y del tubérculo mayor.
- ITS-LT: ángulo formado por una línea que pasa por el punto más medial del tubérculo menor y una línea que coincide con la dirección de la longitud (L) del surco intertubercular, con vértice en el punto más proximal del surco.
- ITS-H: ángulo formado por una línea que pasa por el punto más medial de la cabeza humeral y una línea que coincide con la dirección de la longitud (L) del surco intertubercular, con vértice en el punto más proximal del surco.

Los datos obtenidos se analizaron con el paquete de software SPSS 24.0 (SPSS, Inc., Chicago, IL). Los resultados se presentan como parámetros de estadística descriptiva (media, desviación estándar (DE) y valores mínimo y máximo (Min-Max)). Se utilizó la prueba t de Student para determinar las diferencias entre grupos, considerando estadísticamente significativa cualquier diferencia con  $p < 0.05$ . Los resultados obtenidos se presentan mediante figuras, tablas y gráficos.



**Figura 3.** Representación de las proyecciones en forma de picos en el tubérculo mayor (a), el tubérculo menor (b) y la cresta supratubercular (c). HH: cabeza humeral; LT: tubérculo menor; GT: tubérculo mayor; ITS: surco intertubercular

**Tabla 1.** Presentación de los resultados del análisis descriptivo de los parámetros de dimensiones y ángulos del surco intertubercular en todos los húmeros examinados (N= 85).

Parámetro	N= 85		
	Media ± DE	Min	Max
Ancho (mm)	9.3±1.6	6.5	13.4
Profundidad (mm)	3.8 ± 0.8	1.8	6.1
Longitud (mm)	104.2 ± 13.9	73.7	143.8
Longitud de la pared medial (mm)	98.7 ± 13.1	73.2	133.9
Longitud de la pared lateral (mm)	112.2 ± 13.8	83.9	155.2
Cabeza humeral-tubérculo menor (mm)	24.4 ± 2.6	19.3	30.7
Cabeza humeral-tubérculo mayor (mm)	25.8 ± 2.7	20.8	32.5
Ángulo de la pared medial (°)	53.6 ± 15.2	21.6	93.7
Ángulo de la pared lateral (°)	53.0 ± 14.9	12.6	91.1
Angulo de apertura (°)	77.2 ± 22.4	24.0	138.5
Ángulo entre el tubérculo menor y el punto más prominente del surco intertubercular (°)	44.4 ± 6.7	25.1	50.6
Ángulo entre la cabeza humeral y el punto más prominente del surco intertubercular (°)	70.1 ± 7.6	50.6	90.9

N: número de la muestra; Media: valor medio; DE: desviación estándar; Min: valor mínimo; Max: valor máximo.

## Resultados

Se encontraron espolones óseos en forma de picos en el tubérculo mayor en cuatro huesos (4.7%), con picos en el tubérculo menor en siete huesos (8.2%), y se identificaron crestas supratuberculares en un total de 10 húmeros (11.8%) (Figura 3).

### Resultados del análisis osteométrico

El análisis estadístico descriptivo de los parámetros que determinan con mayor precisión las dimensiones y los ángulos de las estructuras del surco intertubercular se presenta en la Tabla 1. El valor medio del ancho del surco fue de 9.3 mm, la profundidad de 3.8 mm y la longitud de 104.2 mm. El ángulo de apertura fue de 77.2° y presentó, al mismo tiempo, el mayor valor de desviación estándar entre todos los demás ángulos medidos (± 22.4°) (Tabla 1).

**Tabla 2.** Resultados de las estadísticas descriptivas y diferencias en las dimensiones y los ángulos del surco intertubercular según el lado.

Parámetro	N= 85	Húmeros derechos (N= 56)			Húmeros izquierdos (N= 29)			p
		Media ± DE	Min	Max	Media ± DE	Min	Max	
Ancho (mm)		9.5 ± 1.7	6.5	13.4	8.8 ± 1.3	6.5	11.8	0.08
Profundidad (mm)		3.8 ± 0.8	1.8	6.1	3.8 ± 0.8	2.2	5.8	0.92
Longitud (mm)		104.7 ± 14.1	73.7	143.8	103.3 ± 13.7	80.3	140.0	0.68
Longitud de la pared medial (mm)		99.4 ± 13.5	73.2	133.9	97.2 ± 12.6	75.8	129.3	0.47
Longitud de la pared lateral (mm)		112.6 ± 14.3	83.9	155.2	111.3 ± 12.8	87.0	144.9	0.70
Cabeza humeral-tubérculo menor (mm)		24.8 ± 2.5	19.8	30.7	23.6 ± 2.7	19.3	30.2	0.03*
Cabeza humeral-tubérculo mayor (mm)		26.3 ± 2.6	21.5	32.5	24.9 ± 2.8	20.8	31.0	0.03*
Ángulo de la pared medial (°)		52.5 ± 16.5	21.6	93.7	55.7 ± 12.4	31.3	80.9	0.37
Ángulo de la pared lateral (°)		52.4 ± 15.9	12.6	91.1	54.2 ± 12.9	34.7	79.4	0.60
Angulo de apertura (°)		78.7 ± 23.7	24.0	138.5	74.4 ± 19.8	48.6	114.6	0.41
Ángulo entre el tubérculo menor y el punto más prominente del surco intertubercular (°)		44.8 ± 7.1	25.1	59.7	45.0 ± 10.3	31.2	88.7	0.95
Ángulo entre la cabeza humeral y el punto más prominente del surco intertubercular (°)		69.9 ± 8.0	50.6	90.9	70.6 ± 6.8	58.1	85.0	0.70

\* p: <0.05; N: número de la muestra; Media: valor medio; DE: desviación estándar; Min: valor mínimo; Max: valor máximo

**Tabla 3.** Resultados de las estadísticas descriptivas y diferencias en las dimensiones y ángulos del surco intertubercular según el sexo.

Parámetro	N= 85	Húmeros masculinos (N= 53)			Húmeros femeninos (N= 32)			p
		Media ± DE	Min	Max	Media ± DE	Min	Max	
Ancho (mm)		9.5 ± 1.6	6.6	13.4	8.9 ± 1.5	6.5	11.9	0.14
Profundidad (mm)		3.8 ± 0.8	2.3	6.1	3.8 ± 0.9	1.8	5.8	0.97
Longitud (mm)		105.8 ± 16.1	73.7	143.8	101.5 ± 8.9	79.4	119.4	0.17
Longitud de la pared medial (mm)		100.3 ± 15.2	73.2	133.9	95.9 ± 8.4	77.0	113.7	0.14
Longitud de la pared lateral (mm)		114.2 ± 15.8	83.9	155.2	108.7 ± 8.8	87.9	120.5	0.07
Cabeza humeral-tubérculo menor (mm)		24.7 ± 2.7	19.8	30.7	24.0 ± 2.5	19.3	30.2	0.55
Cabeza humeral-tubérculo mayor (mm)		26.2 ± 2.8	21.5	32.5	25.2 ± 2.6	20.8	30.8	0.13
Ángulo de la pared medial (°)		53.7 ± 15.7	21.6	93.7	53.4 ± 14.6	31.5	86.5	0.91
Ángulo de la pared lateral (°)		52.8 ± 12.6	29.3	80.2	53.3 ± 18.3	12.6	91.1	0.89
Ángulo de apertura (°)		77.9 ± 19.4	24.0	128.6	76.2 ± 27.0	28.4	138.5	0.74
Ángulo entre el tubérculo menor y el punto más prominente del surco intertubercular (°)		44.4 ± 7.6	25.1	61.1	45.8 ± 9.3	36.5	88.7	0.45
Ángulo entre la cabeza humeral y el punto más prominente del surco intertubercular (°)		70.3 ± 8.1	50.6	90.9	69.8 ± 6.7	57.7	84.9	0.76

N: N: número de la muestra; Media: valor medio; DE: desviación estándar; Min: valor mínimo; Max: valor máximo.

La Tabla 2 presenta un análisis de las estadísticas descriptivas y de las diferencias entre los húmeros derecho e izquierdo en los parámetros que definen las dimensiones del surco intertubercular. Se encontró una diferencia estadísticamente significativa ( $p= 0.03$ ) en las distancias entre el centro del eje de la cabeza humeral y el punto más prominente del tubérculo menor, así como el punto más prominente del tubérculo mayor, entre los húmeros derecho e izquierdo.

La Tabla 3 presenta los resultados de las estadísticas descriptivas de las dimensiones y ángulos medidos del surco intertubercular, así como los resultados de la comparación de dichos parámetros según el sexo. Todos los parámetros presentan valores ligeramente más altos en los húmeros masculinos. Aunque no es estadísticamente significativo, el parámetro que muestra la mayor diferencia entre sexos es la longitud de la pared lateral del surco intertubercular, con un valor de 114.2 mm en los húmeros masculinos frente a 108.7 mm en los húmeros femeninos. Los valores medios de los ángulos formados entre el punto más proximal del surco intertubercular con el tubérculo menor y la cabeza humeral no muestran una diferencia significativa entre sexos (Tabla 3).

## Discusión

La etiología de las variaciones en los húmeros proviene de diferentes formas de desarrollo y de conformación del surco intertubercular, ya sea relacionada con el origen embrionario, con distintos estilos de vida o con su acción combinada. En casos de ausencia congénita de la cabeza larga del bíceps braquial, la formación del surco intertubercular no se produce<sup>21</sup>, lo que indica su interdependencia embrionaria, anatómica y funcional. La actividad muscular determina la remodelación de las estructuras óseas, lo que conduce a la adaptación de la morfología a la función. Los tejidos blandos alrededor del surco intertubercular desempeñan un papel crucial en la funcionalidad del tendón del bíceps braquial y en la estabilidad de la articulación<sup>22,23</sup>.

En nuestra muestra de 85 húmeros, cuatro huesos presentaron protuberancias en forma de espolones en el tubérculo mayor (4.7%), mientras que en el tubérculo menor la incidencia fue mayor (8.2%). Los espolones óseos pueden considerarse como formación de osteofitos que ocurre durante la inflamación o la osificación de la vaina sinovial del tendón de la cabeza larga del bíceps braquial<sup>24,25</sup>. Venkatesan et al.<sup>17</sup>, determinaron la prevalencia de protuberancias en el tubérculo menor del 15.5% y en el tubérculo mayor del 1.95% en una muestra de 200 huesos. Nuestros hallazgos muestran, de manera similar, una mayor frecuencia de espolones óseos en el tubérculo menor que en el mayor. Considerando que el tendón cambia su dirección hacia una orientación más horizontal con respecto a la cabeza humeral después de salir del surco intertubercular y se inserta en el tubérculo supraglenoideo de la escápula, es posible que el tendón tenga una relación anatómica y funcional más cercana con el tubérculo menor.

Algunos autores sugirieron una asociación entre la cresta supratubercular y la tendinitis de la cabeza larga del bíceps braquial<sup>26</sup>, mientras que otros enfatizaron que dicha asociación no es significativa<sup>25</sup>. En nuestra muestra, diez huesos (11.8%) presentaron una cresta supratubercular, lo que es menor que los hallazgos de otros autores<sup>16,17,25,26</sup>.

### Análisis Osteométrico

El análisis osteométrico de los parámetros del surco intertubercular mostró que el valor promedio del ancho del surco es de 9.3 mm, la profundidad de 3.8 mm y la longitud de 104.2 mm. En el estudio de Cone et al.<sup>25</sup>, el 90% de la muestra examinada presentó una profundidad inferior a 3 mm, lo que estos autores consideraron patológico. Los ángulos medidos (ángulo de la pared medial: 53.6°, ángulo de la pared lateral: 52.4° y ángulo de apertura: 77.2°) obtenidos en nuestra investigación no evidenciaron desviaciones significativas con respecto a otros datos disponibles<sup>15,25,27</sup>. Según los trabajos revisados, nuestro estudio es el primero en considerar la relación angular entre el tubérculo menor y la cabeza humeral con el punto más proximal del surco intertubercular, obteniendo valores de 44.4° y 70.1°, respectivamente. Consideramos que el análisis de estos ángulos, junto con otros parámetros, podría contribuir significativamente a una comprensión más precisa del tamaño y la estructura del surco y, por lo tanto, a una evaluación más detallada de la posición del tendón del bíceps braquial dentro de la articulación del hombro.

En este estudio, la longitud promedio del surco intertubercular en los húmeros derechos es de 104.7 mm, mientras que en los izquierdos es de 103.3 mm. Los valores de profundidad obtenidos difieren de los de otros estudios, siendo nuestros valores más bajos y la distribución de nuestros datos más cercana a los resultados de la población de la India. Además, en el estudio de Itamura et al.<sup>18</sup>, realizado en húmeros de cadáveres, la profundidad fue de solo 50.2 mm, lo que indica heterogeneidad en los resultados, posiblemente derivada de la diversidad de características étnicas y antropológicas de las personas. Solo Ghalawat et al.<sup>4</sup>, encontraron una diferencia significativa en el ancho, el cual fue mayor en los húmeros derechos. Es importante señalar que los estilos de vida, las especificidades profesionales y la orientación deportiva requieren un mayor compromiso de la musculatura de la parte del cuerpo correspondiente. Se espera que el trabajo manual intensivo ejerza una mayor presión sobre el tendón del bíceps braquial en el surco intertubercular, lo que resulta en remodelación ósea y en la alineación de las dimensiones y la forma del surco. Para las distancias entre la cabeza humeral y el punto más prominente del tubérculo menor, los valores en los huesos derechos son estadísticamente significativamente mayores ( $p=0.03$ ). También se encontró una diferencia significativa ( $p=0.03$ ) en la distancia entre la cabeza humeral y el punto más prominente del tubérculo mayor al comparar los húmeros derecho (26.3 mm) e izquierdo (24.9 mm). La prominencia de estos parámetros en los húmeros derechos, en comparación con los izquierdos, respalda la idea de que los huesos derechos son ligeramente más grandes, dado que los individuos diestros representan el 90-95% de la población mundial<sup>28</sup>.

El valor del ángulo de la pared medial en los húmeros derechos en nuestro estudio es de 52.5° y en los izquierdos, de 55.7°, mientras que el ángulo de apertura es de 78.7° (derecho) y 74.4° (izquierdo). Los valores promedio de los ángulos coinciden casi con los de estudios realizados en la población de la India<sup>3,17,26</sup>. Según la clasificación de Wafae et al.<sup>5</sup>, el valor del ángulo de apertura de la población serbia se sitúa en la categoría de ángulo de apertura medio; sin embargo, el intervalo es extremadamente amplio (24.0° - 138.5°). Hitchcock y Bechtol<sup>29</sup> destacaron que un ángulo <45° predispone a lesiones en el tendón de la cabeza larga del bíceps braquial y a inestabilidad de la articulación del hombro.

Entre los parámetros analizados de dimensiones y ángulos del surco intertubercular, se observó que la mayoría difiere entre los sexos; es decir, las dimensiones y los ángulos medidos son mayores en los húmeros masculinos que en los femeninos. La mayor diferencia se observó en la longitud de la pared lateral del surco intertubercular: 111.2 mm frente a 108.7 mm. En el estudio de Khan et al.<sup>6</sup>, los valores obtenidos fueron similares a los nuestros,

sin diferencias estadísticamente significativas entre sexos. Estos resultados confirman diferencias morfológicas constitucionales entre sexos. Aun así, la ausencia de una diferencia estadísticamente significativa puede deberse al tamaño de la muestra y al hecho de que los huesos procedían de adultos, sin defectos óseos visibles. Además, las diferencias en los enfoques metodológicos y en la expresión fenotípica pueden explicar significativamente las variaciones en la variabilidad cualitativa y morfométrica entre estudios<sup>30</sup>.

Las características morfométricas del surco intertubercular y la presencia de crecimientos óseos, como espolones y crestas supratuberculares, son factores potenciales que contribuyen a la inestabilidad de la articulación del hombro. Un surco intertubercular superficial y la presencia de una cresta supratubercular se han asociado con traumatismos del tendón del bíceps braquial<sup>14,31</sup>. Yoo et al.<sup>27</sup>, descubrieron una correlación significativa entre la tendinitis de la cabeza larga del bíceps braquial y el ángulo de apertura pronunciado del surco intertubercular. Sin embargo, algunos autores sostienen que el surco intertubercular contribuye a la estabilización y a la prevención de traumatismos en los músculos del manguito rotador (subescapular, supraespinoso, infraespinoso y redondo menor)<sup>32</sup>. De manera similar, el conocimiento preciso de las características osteométricas del surco intertubercular resulta necesario durante la tenotomía y la tenodesis del tendón del bíceps braquial<sup>21,33</sup>.

Este estudio presenta limitaciones que deben señalarse. La determinación del sexo se realizó mediante un método no métrico basado en las diferencias en la apariencia de las estructuras morfológicas del extremo distal del húmero. No se disponía de datos sobre la mano dominante del cadáver, dado que se asume que la intensidad de la actividad muscular determina la arquitectura ósea con la que está en contacto. Aunque todos los huesos pertenecían a adultos, no se disponía de datos más precisos sobre la edad. Sin embargo, es fundamental que futuros estudios incorporen un análisis de la orientación profesional junto con el uso de diversas modalidades radiológicas, que han demostrado ser casi tan efectivas como las reparaciones anatómicas para mejorar la precisión de la planificación quirúrgica<sup>34,35</sup>.

## Conclusión

Nuestros hallazgos sugieren que las dimensiones del surco intertubercular son, en general, más prominentes en los húmeros derechos. El análisis de los ángulos proporciona una explicación más precisa de la morfología del surco. La variabilidad anatómica de los elementos del surco intertubercular observada en este estudio podría servir de base para futuras investigaciones clínicas sobre el impacto de las variaciones óseas en la funcionalidad y la estabilidad de la articulación del hombro. Esto también puede ser relevante para otras investigaciones morfológicas y antropológicas, ya que las variaciones anatómicas constituyen su fundamento esencial.

## Referencias

1. Neviaser RJ, Neviaser TJ. Lesions of musculotendinous cuff of shoulder diagnosis and management. *Instr Course Lect.* 1981;30:239–257. [PubMed] [Google Scholar]
2. MacDonald K, Bridger J, Cash C, Parkin I. Transverse humeral ligament Does it exist? *Clin Anat.* 2007;20(6):663–667. doi: 10.1002/ca.20459. [PubMed] [CrossRef] [Google Scholar]
3. Rajani S, Man S. Review of Bicipital Groove Morphology and Its Analysis in North Indian Population. *ISRN Anat.* 2013;2013:243780–243780. doi: 10.5402/2013/243780. [PubMed] [CrossRef] [Google Scholar]
4. Ghalawat N, Malik VS, Garsa VK, Rathee SK. Morphometric Analysis of Bicipital Groove in Haryana Population. *AANAT.* 2020;6(1):26–29. doi: 10.21276/aanat.2020.6.1.6. [CrossRef] [Google Scholar]
5. Wafae N, Santamaría LEA, Vitor L, Pereira LA, Ruiz CR, Wafae GC. Morphometry of the human bicipital groove (sulcus intertubercularis) *J Shoulder Elbow Surg.* 2010;19(1):65–68. doi: 10.1016/j.jse.2009.05.005. [PubMed] [CrossRef] [Google Scholar]

6. Khan R, Satyapal KS, Naidoo N, Lazarus L. Dimensional analysis of the bicipital groove and its associated pathology in a South African population. *J Orthop.* 2020;19:128–131. doi: 10.1016/j.jor.2019.11.019. [PubMed] [CrossRef] [Google Scholar]
7. Robertson DD, Yuan J, Bigliani LU, Flatow EL, Yamaguchi K. Three-Dimensional Analysis of the Proximal Part of the Humerus Relevance to Arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am.* 2000;82(11):1594–1602. doi: 10.2106/00004623-200011000-00013. [PubMed] [CrossRef] [Google Scholar]
8. Rockwood C., Jr. *The Shoulder.* W. B. Saunders Company: Philadelphia; 1990. [Google Scholar]
9. Karistinos A, Paulos LE. Anatomy and Function of the Tendon of the Long Head of the Biceps Muscle. *Oper Tech Sports Med.* 2007;15(1):2–6. doi: 10.1053/j.otsm.2006.12.004. [CrossRef] [Google Scholar]
10. Gückel C, Nidecker A. MR arthrographic findings in tenosynovitis of the long bicipital tendon of the shoulder. *Skeletal Radiol.* 1998;27(1):7–12. doi: 10.1007/s002560050326. [PubMed] [CrossRef] [Google Scholar]
11. Levinsohn EM, Santelli ED. Bicipital groove dysplasia and medial dislocation of the biceps brachii tendon. *Skeletal Radiol.* 1991;20(6):419–423. doi: 10.1007/BF00191083. [PubMed] [CrossRef] [Google Scholar]
12. Pena L, Pena J, López-Anglada E, Braña AF. Instability after reverse total shoulder arthroplasty risk factors and how to avoid them. *Acta Orthop Belg.* 2022;88(2):372–379. doi: 10.52628/88.2.8495. [PubMed] [CrossRef] [Google Scholar]
13. Biederwolf NE. A proposed evidence-based shoulder special testing examination algorithm clinical utility based on a systematic review of the literature. *Int J Sports Phys Ther.* 2013;8(4):427–440. [PubMed] [Google Scholar]
14. Toshiaki A, Itoi E, Minagawa H, Yamamoto N, Tuoheti Y, Seki N. Cross-sectional area of the tendon and the muscle of the biceps brachii in shoulders with rotator cuff tears A study of 14 cadaveric shoulders. *Acta Orthop.* 2005;76(4):509–512. doi: 10.1080/17453670510041493. [PubMed] [CrossRef] [Google Scholar]
15. Abboud JA, Bartolozzi AR, Widmer BJ, DeMola PM. Bicipital groove morphology on MRI has no correlation to intra-articular biceps tendon pathology. *J Shoulder Elbow Surg.* 2010;19(6):790–794. doi: 10.1016/j.jse.2010.04.044. [PubMed] [CrossRef] [Google Scholar]
16. Karmali NK, Modi S. Morphological and morphometric study on bicipital groove of humerus in eastern Indian population. *Int J Med Health Res.* 2019;5(3):25–27. [Google Scholar]
17. Venkatesan R, Gnanadeepam JC, Rajavel ATS, Eswaran S. Morphometry and morphology of the human bicipital groove with its clinical significance. *Indian J Basic App Medical Res.* 2017;6(4):99–107. [Google Scholar]
18. Itamura J, Dietrick T, Roidis N, Shean C, Chen F, Tibone J. Analysis of the bicipital groove as a landmark for humeral head replacement. *J Shoulder Elbow Surg.* 2002;11(4):322–326. doi: 10.1067/mse.2002.124345. [PubMed] [CrossRef] [Google Scholar]
19. Rogers TL. Sex determination of adolescent skeletons using the distal humerus. *American J Phys Anthropol.* 2009;140(1):143–148. doi: 10.1002/ajpa.21060. [CrossRef] [Google Scholar]
20. Rajan S, Chakraborty S. Sex determination from lower end of humerus using morphological traits in indian population. *MLU.* 2020;20(4):438–443. doi: 10.37506/mlu.v20i4.1855. [CrossRef] [Google Scholar]
21. Van Deurzen DFP, Garssen FL, Kerkhoffs GMMJ, Bleys RLAW, Ten Have I, Van Den Bekerom MPJ. Clinical relevance of the anatomy of the long head bicipital groove, an evidence-based review. *Clin Anat.* 2021;34(2):199–208. doi: 10.1002/ca.23610. [PubMed] [CrossRef] [Google Scholar]

22. Ulucakoy C, Kaptan AY, Yapar A, Orhan O, Ozer M, Kanatli U. The effect of bicipital groove morphology on the stability of the biceps long head tendon. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2021;141(8):1325–1330. doi: 10.1007/s00402-021-03760-z. [PubMed] [CrossRef] [Google Scholar]
23. Tang X, Zhang J, Zhang J, He Y. Correlation between the morphological features of the biceps groove and injuries to the biceps pulley and the long head tendon of the biceps. *BMC Musculoskelet Disord.* 2023;24(1):377–377. doi: 10.1186/s12891-023-06497-5. [PubMed] [CrossRef] [Google Scholar]
24. Cardoso A, Ferreira JN, Viegas R, Amaro P, Gamelas P, Alonso R, et al. La evaluación radiográfica de la morfología del surco intertubercular no pronostica cambios intraarticulares en el tendón de la porción larga del biceps. *Radiologia (Engl Ed)* 2023;65(S2):S3–S9. doi: 10.1016/j.rx.2020.09.015. [CrossRef] [Google Scholar]
25. Cone R, Danzig L, Resnick D, Goldman A. The bicipital groove radiographic, anatomic, and pathologic study. *AJR Am J Roentgenol.* 1983;141(4):781–788. doi: 10.2214/ajr.141.4.781. [PubMed] [CrossRef] [Google Scholar]
26. Kumar P, Saha S, Arora G, Aneja PS. Detailed morphometry and morphology of bicipital groove of humerus among north indian population. *J Clin Diagn Res.* 2021;15(12):AC01–AC05. doi: 10.7860/JCDR/2021/51782.15747. [CrossRef] [Google Scholar]
27. Yoo JC, Iyyampillai G, Park D, Koh KH. The influence of bicipital groove morphology on the stability of the long head of the biceps tendon. *J Orthop Surg (Hong Kong)* 2017;25(2):2309499017717195–2309499017717195. doi: 10.1177/2309499017717195. [PubMed] [CrossRef] [Google Scholar]
28. Ropper AH, Samuels MA, Klein JP, Prasad S. Adams and Victor's principles of neurology. 11th. New York: McGraw-Hill Education LLC; 2019. [Google Scholar]
29. Hitchcock HH, Bechtol CO. Painful shoulder observations on the role of the tendon of the long head of the biceps brachii in its causation. *J Bone Joint Surg Am.* 1948;30(2):263–273. doi: 10.2106/00004623-194830020-00001. [CrossRef] [Google Scholar]
30. García N, Porras FPL, Acuña BLE. Morphological evaluation of the distal medial striate artery A study with cadaveric material. *Colomb Med (Cali)* 2020;51(3):e204440. doi: 10.25100/cm.v51i3.4440. [PubMed] [CrossRef] [Google Scholar]
31. Refior HJ, Sowa D. Long tendon of the biceps brachii sites of predilection for degenerative lesions. *J Shoulder Elbow Surg.* 1995;4(6):436–440. doi: 10.1016/S1058-2746(05)80035-7. [PubMed] [CrossRef] [Google Scholar]
32. Cardoso A, Freire G, Alonso R, Afonso PD, Pires L. Bicipital groove cross-sectional area on ultrasonography Does a correlation to intra-articular tendon pathology exist? *Orthop Traumatol Surg Res.* 2021;107(1):102747–102747. doi: 10.1016/j.otsr.2020.102747. [PubMed] [CrossRef] [Google Scholar]
33. Martínez-Rondanelli A, Gomez-Sierra MA, Ossa AA, Hernández RD, Torres M. Damage control in orthopedics and traumatology. *Colomb Med (Cali)* 2021;52(2):e4184802. doi: 10.25100/cm.v52i2.4802. [PubMed] [CrossRef] [Google Scholar]
34. Umaña M, García A, Bustamante L, Castillo JL, Sebastián Martínez J. Variations in the anatomical relationship between the common carotid artery and the internal jugular vein an ultrasonographic study. *Colomb Med (Cali)* 2015;46(2):54–59. doi: 10.25100/cm.v46i2.1652. [PubMed] [CrossRef] [Google Scholar]
35. Paul S, Das S. Anomalous posterior clinoid process and its clinical importance. *Colomb Med (Cali)* 2007;38(3):301–304. doi: 10.25100/cm.v38i3.513. [CrossRef] [Google Scholar]