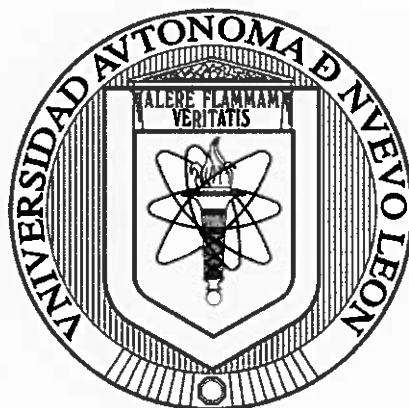


**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN**

**FACULTAD DE MEDICINA**

**HOSPITAL UNIVERSITARIO “DR. JOSÉ ELEUTERIO GONZÁLEZ”**



**“CUANTIFICACIÓN VOLUMÉTRICA DE PUNTOS DE INTERÉS EN  
HÚMERO PROXIMAL MEDIANTE UNIDADES HOUNSFIELD.”**


**POR: DR. MIGUEL ANGEL GUAJARDO MONTEMAYOR**

**COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE  
ESPECIALIDAD EN TRAUMATOLOGÍA Y ORTOPEDIA**

**ENERO 2025**


**“CUANTIFICACIÓN VOLUMÉTRICA DE PUNTOS DE INTERÉS EN  
HÚMERO PROXIMAL MEDIANTE UNIDADES HOUNSFIELD.”**

Aprobación de tesis:



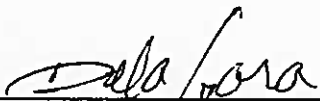
---

Dr. med. Gregorio Alejandro Villarreal Villarreal  
Director de tesis




---

Dr. med. Carlos Alberto Acosta Olivo  
Codirector de tesis



---

Dr. Santiago de la Garza Castro  
Coordinador de Enseñanza del Servicio de Traumatología y Ortopedia



---

Dr. med. Carlos Alberto Acosta Olivo  
Coordinador de Investigación del Servicio de Traumatología y Ortopedia



---

Dr. med. Victor Manuel Peña Martinez  
Jefe del Servicio de Traumatología y Ortopedia



---

Dr. med. Felipe Arturo Morales Martinez  
Subdirector de Estudios de Posgrado

## DEDICATORIA Y AGRADECIMIENTOS

A lo largo de este camino, he tenido la dicha de estar rodeado de personas y seres que llenaron mi vida de amor, inspiración y fuerza. Este trabajo es para ustedes, quienes son mi corazón y mi guía. A mis padres, mis héroes y mi mayor ejemplo. Papá, gracias por llamarme siempre "Champ", tu campeón. Tus palabras me hicieron creer que soy capaz de alcanzar cualquier sueño, y tu apoyo incondicional me dio alas para volar incluso en los días más difíciles. Mamá, que me dice siempre "mi pequeño gigante", tus abrazos y palabras de amor siempre han sido mi refugio, y tu fe en mí me ha enseñado que no hay límites para lo que podemos lograr cuando tenemos amor y perseverancia. Todo lo que soy es gracias a ustedes, mis raíces y mi fuerza.

A mis hermanas, quienes son mis compañeras de vida. Alisson, mi hermana de corazón de pollo, siempre tan noble, tan llena de amor y bondad. Eres la que me recuerda que la sensibilidad y la empatía son superpoderes que nos hacen mejores. Y Adriana, mi hermana cirujana, fuerte y decidida. Aunque eres un poquito más "fría", sé que cada palabra y cada gesto tuyo está cargado de amor y del deseo de verme triunfar y que siempre quieres verme brillar y ser el mejor. Las dos son mi orgullo y mi inspiración, y tenerlas a mi lado es una bendición.

A mis guardianes eternos, mis ángeles de cuatro patas. Zully y Floky, aunque ahora están en el cielo, los llevo siempre en mi corazón. Su amor incondicional y su lealtad fueron un regalo que nunca olvidaré. Y a Lena, mi compañera fiel que me espera cada día que voy de visita con su energía y alegría, gracias por ser un recordatorio constante de lo que significa el amor puro y sincero.

A mis maestros, quienes no solo me enseñaron conocimientos, sino que me guiaron con paciencia, rigor y sabiduría. Gracias por ser estrictos cuando lo necesitaba y por confiar en que encontraría mi propio camino. Su dedicación ha sido una luz en mi formación y su influencia la llevaré siempre conmigo.

A mis 10 hermanos de la residencia, con quienes compartí los mejores cuatro años de mi vida. Ustedes fueron mi familia en esta etapa, compartiendo desvelos, risas, triunfos y momentos inolvidables. Cada día a su lado fue un regalo, y el vínculo que construimos será eterno. Gracias por ser parte de mi vida y por hacer de esta etapa una aventura irrepetible.

Y finalmente, a todos los que, de alguna manera, formaron parte de este trayecto. Su apoyo, amor y confianza me impulsaron a llegar hasta aquí. Este logro no es solo mío, sino también de ustedes. Gracias por ser mi motor, mi refugio y mi razón para seguir adelante.

## TABLA DE CONTENIDO

<b><i>CAPÍTULO I</i></b> .....	<b>8</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>8</b>
<b><i>CAPÍTULO II</i></b> .....	<b>8</b>
<b>2. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>9</b>
2.1 Marco Teórico .....	9
2.2 Planteamiento del Problema.....	11
2.2.1 Pregunta de investigación .....	13
2.3 Justificación .....	13
<b>CAPITULO III</b> .....	<b>14</b>
<b>3. HIPÓTESIS</b> .....	<b>14</b>
Hipótesis alterna.....	14
Hipótesis nula .....	14
<b><i>CAPITULO IV</i></b> .....	<b>15</b>
<b>4. OBJETIVOS</b> .....	<b>15</b>
Objetivo primario.....	15
Objetivos secundario.....	15
<b><i>CAPITULO V</i></b> .....	<b>16</b>
<b>5. MATERIAL Y MÉTODOS</b> .....	<b>16</b>
5.1 Diseño de estudio .....	16
5.2 Criterios de selección de sujetos.....	16
5.3 Cálculo del Tamaño de la Muestra .....	17
5.4 Cuadro de Variables .....	17
5.4 Análisis estadístico.....	18
5.5 Metodología .....	19
5.6 Consideraciones éticas .....	21
5.7 Aspectos de Confidencialidad: .....	22
<b><i>CAPÍTULO VI</i></b> .....	<b>22</b>
<b>6. RESULTADOS</b> .....	<b>23</b>
<b><i>CAPÍTULO VII</i></b> .....	<b>33</b>
<b>7. DISCUSIÓN</b> .....	<b>33</b>
<b><i>CAPÍTULO VIII</i></b> .....	<b>35</b>
<b>8. CONCLUSIONES</b> .....	<b>36</b>
<b><i>CAPÍTULO IX</i></b> .....	<b>38</b>
<b>9. REFERENCIAS</b> .....	<b>38</b>

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> .....	<b>24</b>
<b>Tabla 1.</b> Objetivo primario: se demuestra la comparación entre la región medial y lateral de la tuberosidad mayor, con la media, mediana y derivación estandar respectiva.....	
<b>Tabla 2 y 3</b> .....	<b>25</b>
<b>Tabla 2.</b> Se demuestra la comparación de densidades en la tuberosidad menor, superior vs inferior.....	
<b>Tabla 3.</b> Se demuestra la comparación de densidades en la corredera bicipital proximal vs distal.....	
<b>Tabla 4</b> .....	<b>26</b>
<b>Tabla 4.</b> Se demuestra la comparación del objetivo primario en el grupo de menores a 55 años.....	
<b>Tabla 5 y 6</b> .....	<b>27</b>
<b>Tabla 5.</b> Se demuestra la comparación de densidades en la tuberosidad menor, superior vs inferior en el grupo de menores de 55 años.....	
<b>Tabla 6.</b> Se demuestra la comparación de densidades en la corredera bicipital proximal vs distal en el grupo de menores de 55 años.....	
<b>Tabla 7</b> .....	<b>28</b>
<b>Tabla 7.</b> Se demuestra la comparación del objetivo primario en el grupo de 55 a 64 años.....	
<b>Tabla 8 y 9</b> .....	<b>29</b>
<b>Tabla 8.</b> Se demuestra la comparación de densidades en la tuberosidad menor, superior... vs inferior en el grupo de 55 a 64 años.....	
<b>Tabla 9.</b> Se demuestra la comparación de densidades en la corredera bicipital proximal vs distal en el grupo de 55 a 64 años.....	
<b>Tabla 10</b> .....	<b>30</b>
<b>Tabla 10.</b> Se demuestra la comparación del objetivo primario en el grupo de mayores de 64 años.....	
<b>Tabla 11 y 12</b> .....	<b>31</b>
<b>Tabla 11.</b> Se demuestra la comparación de densidades en la tuberosidad menor, superior vs inferior en el grupo de mayores de 64 años.....	
<b>Tabla 12.</b> Se demuestra la comparación de densidades en la corredera bicipital proximal vs distal en el grupo de 55 a 64 años.....	

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> .....	<b>22</b>
Representación gráfica de la disposición de los cilindros para medición volumetrica en el húmero proximal .....	<b>22</b>

## LISTA DE ABREVIATURAS

**TMPL:** Tuberosidad mayor posterolateral

**TMML:** Tuberosidad mayor medio lateral

**TMAL:** Tuberosidad mayor anterolateral

**TMPM:** Tuberosidad mayor posteromedial

**TMMM:** Tuberosidad mayor medio medial

**TMAM:** Tuberosidad mayor anteromedial

**Tmsup:** Tuberosidad menor superior

**Tminf:** Tuberosidad menor inferior

**CBsup:** Corredera bicipital superior

**CBinf:** Corredera bicipital inferior

**OR:** *Odds Ratio*

**95% IC:** Intervalo de confianza al 95%

## CAPÍTULO I

### RESUMEN

**Antecedentes:** La densidad ósea del húmero proximal desempeña un papel crucial en la fijación de anclajes utilizados para reparar lesiones del manguito rotador, especialmente en pacientes con osteopenia u osteoporosis. La distribución de la densidad ósea en esta región puede influir en los resultados quirúrgicos.

**Objetivo:** Cuantificar volumétricamente la densidad ósea en puntos de interés del húmero proximal mediante unidades Hounsfield y evaluar las diferencias entre regiones anatómicas y grupos etarios.

**Material y métodos:** Estudio observacional, retrospectivo, realizado en pacientes mayores a 45 años que se sometieron a tomografías computarizadas de hombro entre 2018 y 2023. Se analizaron 10 puntos de interés utilizando software de segmentación volumétrica y comparaciones estadísticas. Se dividieron para su análisis en 3 grupos: de 45 a 54 años, de 55 a 65 años y mayores a 65 años, se compararon por media, mediana y derivación estandar de Unidades Hounsfield la región medial vs lateral dividida en tercios, mediante cilindros de 5.5x18mm en la tuberosidad mayor del húmero, así como 2 volúmenes en la corredera bicipital, uno en su parte proximal y otro en la distal. Por último la tuberosidad mayor se comparó su parte superior vs la inferior.

**Resultados:** Se analizaron 65 pacientes. Las caras laterales de la tuberosidad mayor presentaron una mayor densidad ósea en comparación con las caras mediales. En la comparación posterolateral (TMPL) vs. posteromedial (TMPM), la densidad fue de 108 HU (104-112) vs. 22 HU (21-73),  $p < 0.0001$ . Para la comparación mediolateral (TMML) vs. mediomedial (TMMM), la densidad fue de 108 HU (103-111) vs. 44 HU (43-46),  $p = 0.002$ . En la comparación anterolateral (TMAL) vs. anteromedial (TMAM), la densidad fue de 117 HU (113-121) vs. 82 HU (79-86),  $p < 0.0001$ .

La tuberosidad menor mostró una mayor densidad en su porción inferior en comparación con la superior, con una densidad media de 87 HU (83-90) vs. 157 HU (107-163),  $p <$



0.0001. La mediana de la densidad ósea también fue mayor en la porción inferior 16 HU (5-24) vs. 72 HU (65-75),  $p < 0.0001$ .

En la corredera bicipital, la porción superior presentó una mayor densidad en comparación con la inferior, con valores de 119 HU (115-122) vs. 81 HU (78-84),  $p < 0.0001$  en la media y 45 HU (43-54) vs. 20 HU (19-20),  $p < 0.0001$  en la mediana.

Al comparar los grupos etarios (<55, 55-64 y >65 años), no se encontraron diferencias significativas en la mayoría de los parámetros, salvo en la desviación estándar de la tuberosidad mayor posterolateral ( $p = 0.023$ ) y la mediana de la tuberosidad menor inferior ( $p = 0.025$ ), lo que sugiere que la distribución de la densidad ósea es homogénea a lo largo de las edades.

**Conclusiones:** Las regiones laterales de la tuberosidad mayor, la porción inferior de la tuberosidad menor y la porción superior de la corredera bicipital son las áreas óptimas para la fijación de anclajes en la reparación del manguito rotador y biceps braquial debido a su mayor densidad ósea.

## CAPÍTULO II

### 2. INTRODUCCIÓN

#### 2.1 Marco Teórico

La determinación precisa de la densidad ósea desempeña un papel crucial en el abordaje clínico del paciente al proporcionar información fundamental sobre la calidad ósea y la integridad estructural. No obstante, la elección de la técnica de evaluación puede restringir la aplicabilidad de la información, como ocurre con las imágenes radiográficas bidimensionales o estudios costosos de difícil acceso [1, 2].

En este contexto, la falta de información precisa sobre la densidad ósea en el húmero proximal, especialmente en la tuberosidad mayor, puede tener consecuencias significativas en el manejo clínico de diversas afecciones, incluida la lesión del manguito rotador. La deficiencia en la calidad ósea en la tuberosidad mayor podría comprometer la

estabilidad de las anclas utilizadas en estos procedimientos, diseñadas para proporcionar estabilidad a los músculos del manguito rotador [3]. Este déficit potencialmente podría afectar los resultados a largo plazo, dando lugar a complicaciones futuras o resultados menos favorables para el paciente [4].

Además, se ha observado variabilidad en la densidad ósea en diferentes regiones de la tuberosidad mayor, sugiriendo diferencias locales en la calidad ósea. Comprender estas variaciones y su relación con la distribución de las inserciones musculares en el húmero proximal podría tener implicaciones clínicas significativas para la planificación quirúrgica y el pronóstico de los pacientes [5, 6].

Con el propósito de abordar estas limitaciones y mejorar la comprensión de la densidad ósea localizada, proponemos llevar a cabo una cuantificación volumétrica de puntos específicos de interés en el húmero proximal utilizando unidades Hounsfield y técnicas de medición volumétrica. Las unidades Hounsfield, medidas cuantitativas relativas de densidad de radiación en imágenes de tomografía computarizada (TC), permiten una evaluación más precisa y objetiva de la densidad ósea en comparación con las técnicas convencionales [7].

El objetivo principal de este protocolo de investigación es realizar mediciones volumétricas de puntos de interés en el húmero proximal mediante unidades Hounsfield en tomografías computarizadas de pacientes de 40 a 65 años. Buscamos identificar las áreas con mayor densidad ósea, lo cual puede ser esencial para la ubicación de anclajes en la reparación de lesiones del manguito rotador.

Adicionalmente, pretendemos comparar la densidad volumétrica entre las regiones medial y lateral de la tuberosidad mayor, y evaluar la asociación entre la calidad ósea y la edad de los pacientes. También llevaremos a cabo una comparación de las dimensiones de los puntos de interés en diferentes grupos de edad.

En resumen, este protocolo de investigación tiene como objetivo utilizar unidades Hounsfield y técnicas de medición volumétrica para cuantificar la densidad ósea en puntos específicos del húmero proximal. Esperamos que este enfoque proporcione información detallada sobre la distribución de la densidad ósea en diferentes áreas del húmero proximal y su relación con las inserciones musculares en esta región. Estos hallazgos pueden contribuir a la optimización de los resultados clínicos en el manejo de las lesiones del

manguito rotador y otras afecciones ortopédicas relacionadas, mejorando así la calidad de vida de los pacientes.

## **2.2 Planteamiento del Problema**

La determinación precisa de la densidad ósea en el húmero proximal es esencial para planificar y prever el manejo de pacientes con lesiones del manguito rotador. Aunque actualmente se emplea la tomografía computarizada cuantitativa periférica de alta resolución (HR-pQCT) de manera habitual para obtener información detallada sobre la densidad y microarquitectura ósea, esta técnica requiere equipo especializado que no siempre está disponible y conlleva costos elevados para el paciente. La capacidad de conocer con exactitud la condición ósea en la región específica donde se planifica realizar el anclaje mediante anclas del manguito rotador es fundamental para asegurar una tasa de éxito óptima y mejorar el pronóstico a largo plazo.

Al abordar esta problemática, buscamos proporcionar una alternativa viable y eficiente para la evaluación de la densidad ósea en el húmero proximal, facilitando así la toma de decisiones clínicas informadas en el tratamiento de las lesiones del manguito rotador. Este enfoque tiene el potencial de optimizar la calidad de atención médica al hacer que la evaluación de la densidad ósea sea más accesible y efectiva en nuestro entorno clínico.

### **Antecedentes**

Las lesiones de manguito rotador son altamente prevalente en pacientes mayores a 60 años, esta población además suele presentar adicionalmente osteopenia u osteoporosis. [8-10]. Para el tratamiento de las lesiones del manguito rotador se utilizan 2 técnicas: con sutura trans óseas y mediante anclas. En la técnica del ancla, la fijación del tendón al hueso se logra mediante anclas de sutura, que se insertan en la tuberosidad mayor o menor. [11-13]

Las fallas en la reconstrucción de lesiones de manguito rotador están relacionadas a múltiples causas, tales como fallo de la sutura, aflojamiento de nudo, salida del ancla o sutura. Especialmente en pacientes con osteopenia u osteoporosis que pueden promover el aflojamiento o salida de las suturas o anclas. Debido a estos cambios óseos

osteoporóticos, los anclajes de sutura pueden salirse del hueso antes de que cicatrice el tendón, lo que provoca una nueva ruptura del tendón y el fracaso de la reparación de la sutura con ancla. [13, 14] Se reportó una tasa general de fracaso de hasta el 68 % después de la reparación de RC, con una mala calidad ósea como un factor de riesgo importante. [13, 15, 16]

Barber et al. reportó una disminución de la fuerza de “pull out” de los anclajes de sutura en la parte anterior de la tuberosidad mayor respecto a la posterior. Sin embargo, no se detectaron diferencias en la densidad mineral ósea regional (DMO) con la absorciometría de rayos X. [14, 17] Plantearon la hipótesis de que la diferencia mecánica podría estar relacionada con la microarquitectura trabecular del hueso. La pérdida de densidad ósea puede ser de gran relevancia en el tratamiento de las fracturas, pero los datos de estudios recientes sugieren que la reducción de la densidad ósea también puede comprometer los resultados de la reparación del manguito rotador, ya que influye en el poder de sujeción de los anclajes de sutura. [18] En estudios realizados por Barber et al. la evaluación por microtomografía computarizada del húmero proximal reveló que la distribución ósea en la cabeza humeral es muy heterogénea e impredecible a partir de la inspección externa, la edad o el sexo. La baja densidad del hueso esponjoso en la tuberosidad mayor es consistente con los informes de que los anclajes de sutura pueden ser difíciles de anclar con seguridad dentro de esa región debido a la calidad variable del hueso esto hace que parezca de mayor ventaja colocar anclajes de sutura debajo de la superficie articular con la inserción medializada del tendón del manguito rotador para encontrar la fuerza de sujeción adecuada. [14]

En un estudio realizado por Chlodwig Kirchhoff et al., se realizaron mediciones volumétricas mediante HR-pQCT de puntos específicos de interés en el húmero proximal. Se determinaron el volumen óseo medio a volumen total (BV/TV), así como las densidades minerales del hueso trabecular (DMHtrab) de la tuberosidad mayor (TMa) y la tuberosidad menor (TMe). Dentro del TMa, se establecieron 6 volúmenes específicos de interés (VEI), se establecieron 2 VEI dentro del TMe y 1 volumen de control dentro del área subcondral más allá de la superficie articular. Y se concluyó que se encontraron diferencias regionales significativas de la microarquitectura trabecular. El volumen de mayor calidad ósea resultó para el aspecto posteromedial del TMa. Además, se encontró

una correlación significativa entre la calidad ósea dentro del TMA y la edad, mientras que la calidad ósea dentro del TMe parece ser independiente de ésta. La unidad Hounsfield (HU) es una medida cuantitativa relativa de la densidad de radio utilizada por los radiólogos en la interpretación de imágenes de tomografía computarizada (TC) [7]. El coeficiente de absorción/atenuación de la radiación dentro de un tejido se utiliza durante la reconstrucción por TC para producir una imagen en escala de grises. La densidad física del tejido es proporcional a la absorción/atenuación del haz de rayos X. En resumen, los estudios previos han destacado la alta prevalencia de las lesiones del manguito rotador en pacientes de edad avanzada con osteopenia u osteoporosis. Las fallas en la reconstrucción de estas lesiones están asociadas a diversas causas, incluyendo cambios óseos osteoporóticos que pueden comprometer la fijación de los anclajes de sutura. Además, se ha observado una distribución ósea heterogénea en la tuberosidad mayor, lo cual podría influir en la elección de la ubicación de los anclajes de sutura. Sin embargo, hay una necesidad de investigar más a fondo estos aspectos para mejorar las técnicas de reparación y los resultados clínicos.

### **2.2.1 Pregunta de Investigación**

Se plantea la siguiente pregunta de investigación: ¿Cuál es la región de la tuberosidad mayor, menor, así como de la corredera bicipital con mayor densidad en Unidades Hounsfield?

### **2.3 Justificación**

Es necesario ampliar el conocimiento actual sobre las técnicas que permiten determinar que sitio del húmero proximal resulta ser candidato para el anclaje y reparación de una lesión del manguito rotador. En nuestro medio, utilizar técnicas de imagen que emplean equipo inaccesible y elevan el costo del tratamiento para el paciente resulta poco factible, es por eso que este estudio pretende medir volumétricamente puntos específicos de interés de húmero proximal mediante unidades Hounsfield en tomografías computarizadas de pacientes mayores a 40 años y determinar zonas con mayor densidad como propuesta para puntos de anclaje en reparación de lesiones de manguito rotador tratadas con anclas.

## **CAPITULO III**

### **3. HIPÓTESIS**

#### **Hipótesis alterna**

- La mitad medial de la tuberosidad mayor del húmero tiene un mayor volumen de densidad que la mitad lateral.

#### **Hipótesis nula**

- La mitad medial de la tuberosidad mayor del húmero tiene un menor o igual volumen de densidad que la mitad lateral.

## **CAPITULO IV**

### **4. OBJETIVOS**

#### **Objetivo primario**

- Realizar el análisis volumétrico de la densidad de la tuberosidad mayor del húmero y comparar su volumen densitométrico de la región medial y lateral.

#### **Objetivos secundarios**

- Medir la densidad por volúmenes de interés de húmero proximal en distintos puntos por unidades Hounsfield, correspondientes a la inserción del músculo infraespinoso, redondo menor y subescapular en el húmero proximal.
- Realizar una comparación de las unidades Hounsfield de dichos puntos (inserción del músculo infraespinoso, redondo menor y subescapular en el húmero proximal) por grupos de edades.
- Comparar las mediciones de dichos puntos de interés en el mismo grupo de rango de edad.
- Comparar las mediciones de dichos puntos de interés entre grupos de edades

## **CAPITULO V**

### **5. MATERIAL Y MÉTODOS**

#### **5.1 Diseño de estudio**

Observacional, Descriptivo, Transversal, Retrospectivo

#### **Lugar donde se desarrollará el proyecto**

Hospital Universitario “Dr. José Eleuterio González”, Monterrey, Nuevo León, México.

#### **5.2 Criterios de selección de sujetos**

##### **Criterios inclusión**

- Estudios de pacientes mayores de 40 años a los que se le realizó una tomografía computarizada o AngioTAC de hombro.
- Realizados en el Departamento de Radiología e Intervencionismo del Hospital Universitario “Dr. José Eleuterio González”
- Realizados a partir del año 2018 a diciembre 2023.

##### **Criterios exclusión**

- Estudios donde se aprecie antecedente de fractura en cualquiera de las zonas a evaluar.
- Estudios donde exista evidencia de patología previa (metástasis, tumores óseos).
- Estudios con evidencia de materiales de osteosíntesis o artefactos en las regiones a evaluar.
- Estudios incompletos



### 5.3 Cálculo del Tamaño de la Muestra

El presente estudio no utilizó un cálculo estadístico para el tamaño de muestra, ya que se incluyeron todos los estudios de tomografía computarizada de hombro realizados en pacientes de 40 a 65 años entre 2018 y 2023 que cumplían con los criterios de selección. Este enfoque censal permite garantizar la inclusión de toda la población relevante disponible, maximizando la validez de los resultados al eliminar el sesgo de selección inherente a técnicas de muestreo.

### 5.4 Cuadro de Variables

Variable	Tipo de variable	Definición conceptual	Definición operacional
<b>Sexo</b>	Cualitativa nominal	Sexo asignado según fenotipo o genotipo.	1: Masculino 2: Femenino
<b>Edad</b>	Cuantitativa continua	Cantidad de tiempo transcurrido desde el nacimiento hasta un punto específico en el tiempo.	Diferencia en años desde el nacimiento hasta la realización del estudio (TAC o Angiotac de hombro)
<b>Volumen específico de interés:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Tuberosidad mayor del húmero (TM)</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Región medial (tercio posterior, medio y anterior)</li> </ul> </li> </ul>	Cuantitativa continua	Cantidad tridimensional de espacio ocupado por la región específica del húmero proximal en un examen de tomografía computarizada o Angiotac de hombro, utilizando unidades Hounsfield como medida de densidad.	Volumen determinado mediante la segmentación y medición precisa de la región de interés utilizando el software 3-D slicer.

<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Región lateral (tercio posterior, medio y anterior)</li> <li>● <b>Tuberosidad menor del húmero (Tm)</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Región superior</li> <li>○ Región inferior</li> </ul> </li> <li>● <b>Corredera bicipital</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Región proximal</li> <li>○ Región distal</li> </ul> </li> </ul>			
---	--	--	--

#### 5.4 Análisis estadístico

Para el análisis estadístico en este estudio se utilizará SPSS versión 22.0 (SPSS, Inc., Amonk, NY). Los participantes del estudio se dividirán en tres grupos de acuerdo su sexo y en grupos de edades (45-55, 55-65, +65). Se calcularán las medias y las desviaciones estándar a las variables continuas, y se determinarán las frecuencias y los porcentajes para las variables categóricas.

Para determinar la naturaleza de los datos y seleccionar la prueba estadística adecuada, primero evaluaremos la distribución normal de los datos. Aplicamos la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk a los valores de densidad ósea. Si los datos mostraron una distribución normal ( $p > 0.05$ ), procedemos con análisis paramétricos. En caso contrario, si los datos no siguieron una distribución normal, optamos por pruebas no paramétricas para el análisis subsecuente, asegurando así la validez y robustez de los resultados obtenidos.

La prueba Kruskal-Wallis es adecuada para evaluar diferencias entre tres o más grupos independientes cuando se supone que los datos no siguen una distribución normal. Nos

permitirá comparar las distribuciones de densidad ósea entre los grupos de hombres y mujeres, así como entre los diferentes rangos de edad (40-55 años, 55-65 años, >65 años). Este enfoque estadístico robusto y no paramétrico asegura la validez de nuestras comparaciones, permitiéndonos identificar diferencias significativas en la densidad ósea entre los grupos sin depender de la suposición de normalidad. Se considerará un valor de  $p < 0.05$  como estadísticamente significativo.

Para evaluar las diferencias en la densidad ósea entre las distintas regiones anatómicas del húmero proximal, utilizamos la prueba t de Student para muestras relacionadas. Este análisis nos permitió comparar las mediciones continuas de densidad ósea entre las regiones distal y proximal, superior e inferior, así como medial y lateral.

En nuestro estudio, cada par de mediciones proviene del mismo conjunto de pacientes, lo cual justifica el uso de esta prueba para identificar diferencias locales en la densidad ósea con un alto nivel de precisión estadística. Se considerará un valor de  $p < 0.05$  como estadísticamente significativo.

Para evaluar la relación entre la densidad ósea medida mediante tomografía computarizada y la edad de los pacientes, utilizamos la prueba de correlación de Spearman. Esta prueba no paramétrica es adecuada para medir la fuerza y la dirección de la asociación entre dos variables ordinales o continuas cuando no se asume que los datos sigan una distribución normal. La prueba de Spearman nos permite analizar si existe una correlación significativa entre la densidad ósea y la edad de los pacientes. Al aplicar esta prueba, se determina si la densidad ósea tiende a aumentar o disminuir con la edad, proporcionando información valiosa sobre cómo varía la calidad ósea en función de la edad y ayudando a identificar factores de riesgo en diferentes grupos etarios.

## **5.5 Metodología**

El presente es un estudio observacional, transversal, descriptivo y retrospectivo en estudios de pacientes entre 40-65 años a quienes se les realizó un estudio de imagen tipo tomografía computarizada simple o Angiotac computarizada de hombro realizado en el Servicio de Radiodiagnóstico e Imagen del Hospital Universitario "Dr. José Eleuterio González". Se seleccionarán los estudios que cumplan con los criterios de inclusión del protocolo del año 2018 al año 2023 (mes de diciembre).

Se medirán 10 puntos de interés en húmero proximal los cuales serán volúmenes de densidad cilíndricos con un diámetro de 5.5mm y 18mm de profundidad, que es el volumen común de las anclas en el tratamiento de lesiones de manguito rotador. Se utilizará como herramienta para su medición volumétrica el programa 3-D slicer y se compararán el promedio, la media y la derivación estándar mediante Unidades Hounsfield

entre puntos previamente elegidos que normalmente se usan como puntos de anclaje en la reparación de lesiones del manguito rotador (músculos supra espinoso, infraespinoso, redondo menor y subescapular), así como del músculo bíceps braquial en la corredera bicipital.

### ***Cuantificación y medidas de TAC's de hombro.***

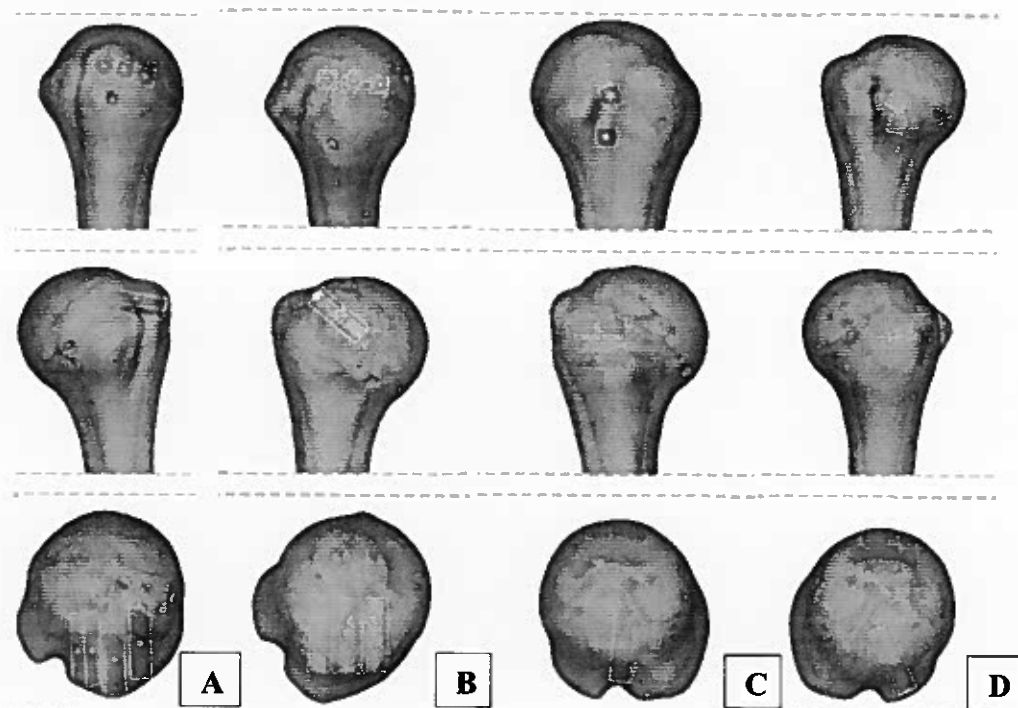
#### **Volúmenes específicos de interés**

Los volúmenes específicos de interés (VEI) serán volúmenes de densidad cilíndricos con un diámetro de 5.5mm y 18mm de profundidad, que es el volumen común de las anclas, colocadas a 45° respecto a la tuberosidad mayor del húmero. [14, 15] La tuberosidad mayor del húmero se dividirá en medial y lateral a la huella de inserción del músculo supraespinoso y se subdividirá en 3 cada uno de igual tamaño (posterior, medio y anterior). El VEI TMPM (tuberosidad mayor posteromedial) se fijó en el tercio posterior de la tuberosidad mayor del húmero, el VEI TMMM en el medio y el VEI TMAM en el tercio anterior de la tuberosidad mayor del húmero (**figura 1-A**) en la mitad medial, de igual manera se dividirá el TML (tuberosidad mayor lateral) en posterior, medio y anterior (TMPL, TMMM y TMAM) respectivamente (**figura 1-B**). La tuberosidad menor del húmero se dividió en 2 VEI (Tmsup y Tminf) (**figura 1-D**). Estos volúmenes se localizaron en la huella de inserción anatómica del músculo subescapular. TmSup se colocó en la parte superior de la huella de inserción del músculo subescapular, con TmInf en la parte inferior.

Además de la fijación de 2 puntos a nivel de la corredera bicipital CB (bíceps braquial), uno a nivel del borde proximal de la corredera bicipital (CBsup) y el otro en su porción distal (CBinf) (**figura 1-C**).

#### ***Muestra***

Se utilizará una muestra poblacional que comprenda todos aquellos estudios de imagen (TAC o Angiotac de hombro) de pacientes que cumplan los criterios de selección desde el año 2018 hasta el mes de diciembre del año 2023.



**Figura 1.** A) Disposición de los cilindros de 5.5x18mm localizados en la región lateral de la tuberosidad mayor (TMPL, TMML, TMAL). B) Disposición de los cilindros localizados en la región medial de la tuberosidad mayor (TPPM, TMMM, TMAM). C) Disposición de los cilindros localizados proximal y distal en la corredera bicipital (CBSup y CBinf). D) Disposición de los cilindros localizados en la parte superior e inferior de la tuberosidad menor del húmero (Tmsup y Tminf).

## 5.6 Consideraciones éticas

De acuerdo con los principios establecidos en la Declaración de Helsinki de la Asociación Médica Mundial adaptada por 52a Asamblea General, en Edimburgo, Escocia en el año 2000 en su Artículo 1, considerando también se el artículo 13, el 15 y las últimas enmiendas de la declaración; que señalan que la investigación debe basarse en un conocimiento cuidadoso del campo científico, se revisó cuidadosamente la bibliografía para redactar los antecedentes y la metodológica del proyecto.

Esta investigación de acuerdo con el "Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Investigación para la Salud" en su Título 2º, Capítulo 1º, Artículo 17, Fracción II, se considera como Investigación sin riesgo.

El proyecto es congruente con la Ley General de Salud, de los Estados Unidos Mexicanos, título quinto "Investigación para la salud", capítulo único, Artículo 100,

debido a que a) se adapta a los principios científicos y éticos que justifican la investigación médica; b) el conocimiento que se pretende producir no puede obtenerse por otro método idóneo; c) existe una razonable seguridad para no exponer a riesgos ni daños innecesarios al sujeto de investigación; d) los procedimientos se realizarán por profesionales de la salud e institución que actúan bajo la vigilancia de autoridades sanitarias competentes; y e) el profesional responsable suspenderá la investigación en cualquier momento, si sobreviene el riesgo de lesiones graves, invalidez o muerte del sujeto.

Artículo 100, dado que su realización no expondrá a los participantes a riesgos y daños innecesarios (Artículo 100, Fracción III) y se apega a los principios científicos y éticos que justifican su realización, con la que se pretende producir nuevo conocimiento (Artículo 100, Fracción I y II).

El proyecto se ajusta a las Normas Institucionales en Materia de Investigación Científica, se someterá a su evaluación y registro correspondiente previo a su desarrollo.

Los pacientes detectados con resultados anormales serán informados y enviados a su Consulta de Medicina Familiar asignada y a Medicina Preventiva .

La información se manejará de forma anónima y si algún participante no aceptara colaborar en forma voluntaria, no se le obligará o coaccionará.

Este estudio fue evaluado y aprobado por el comité de ética en investigación y comité de investigación del Hospital Universitario "Dr. José Eleuterio González" bajo la clave de aprobación: OR24-00019.

### **5.7 Aspectos de Confidencialidad:**

Respetando la confidencialidad de los pacientes, únicamente los miembros del equipo de investigación tendrán acceso a la información recopilada y los resultados serán divulgados únicamente con una intención científica, sin utilizar datos personales de ningún paciente.

## CAPÍTULO VI

### 6. RESULTADOS

Se analizó un total de 65 paciente de los cuales la mediana de edad fue de 63 (48-61) años, 33 (52%) pacientes fueron del género masculino y 30 (48%) femenino. En cuanto a su lateralidad, el 52% de los pacientes tenían una predominancia por el lado izquierdo mientras que 48% la tenían del lado derecho.

**La Tabla 1** muestra los resultados de nuestro objetivo primario; la comparación de los diferentes parámetros de la tuberosidad mayor del humero comparando específicamente el lado medial contra el lado lateral.

Como objetivo secundario comparamos otros puntos de inserción de interés en la tuberosidad menor superior e inferior (**Tabla 2**) y corredera bicipital proximal (superior) y distal (inferior) (**Tabla 3**). Como objetivo secundario dividimos en tres grupos a los pacientes, menores de 54 años, de 55 a 64 y mayores de 65. Las **Tablas 4, 5 y 6** muestran los resultados en el grupo de pacientes menores de 54 años; las **Tablas 7, 8 y 9** muestran los del grupo de 55 a 64 años; las **Tablas 10, 11 y 12** muestran los del grupo >64 años.

**Tabla 1.** Objetivo Primario donde se muestra la comparación entre medias de los tres parámetros arrojados por el sistema de media, mediana y DS del total de la población.

		<b>Media</b>	<b>Mediana</b>	<b>DS</b>
<b>Posterolateral vs posteromedial</b>	TMPL	108 (104-112)	72 (71-75)	126 (122-138)
	TMPM	22 (21-73)	9 (8.8-9)	70 (68-100)
		p=<.0001	p=<.0001	p=<.0001
<b>Mediolateral vs mediomedial</b>	TMML	108 (103-111)	22 (21-23)	219 (200-227)
	TMMM	44 (43-46)	19 (18-20)	84 (81-114)
		p=<.0001	p=.002	p=<.0001
<b>Anterolateral vs anteromedial</b>	TMAL	117 (113-121)	78 (76-81)	154 (148-160)
	TMAM	82 (79-86)	50 (48-51)	109 (106-112)
		p=<.0001	p=<.0001	p=<.001



**Tabla 2.** Objetivo Secundario mostrando densidades diferentes en puntos de interés para inserción en tuberosidad menor.

	<b>Tuberosidad menor superior</b>	<b>Tuberosidad menor inferior</b>	<b>Significancia</b>
<b>Media</b>	87 (83-90)	157 (107-163)	p=<.0001
<b>Mediana</b>	16 (5-24)	72 (65-75)	p=<.0001
<b>DS</b>	214 (209-222)	257 (166-270)	p=.057

**Tabla 3.** Objetivo Secundario mostrando densidades diferentes en puntos de interés para inserción en corredera bicipital.

	<b>Corredera Bicipital superior</b>	<b>Corredera Bicipital inferior</b>	<b>Significancia</b>
<b>Media</b>	119 (115-122)	81 (78-84)	p=<.0001
<b>Mediana</b>	45 (43-54)	20 (19-20)	p=<.0001
<b>DS</b>	197 (191-203)	182 (176-190)	p=<.0001

**Tabla 4.** Parámetros en el grupo de menores de 55 años.

		<b>Media</b>	<b>Mediana</b>	<b>DS</b>
<b>Posterolateral vs posteromedial</b>	TMPL	108 (104-112)	72 (72-74)	125 (114-131)
	TMPM	22 (21-94)	9 (9-41)	71 (68-105)
		p=<.002	p=<.0001	p=<.008
<b>Mediolateral vs mediomedial</b>	TMML	106 (98-111)	22 (21-31)	219 (219-226)
	TMMM	44 (43-90)	19 (18-34)	84 (80-138)
		p=<.002	p=.014	p=<.0001
<b>Anterolateral vs anteromedial</b>	TMAL	117 (113-122)	78 (76-81)	153 (141-156)
	TMAM	84 (79-111)	49 (47-51)	110 (105-113)
		p=<.0001	p=<.0001	p=<.034

**Tabla 5.** Grupo de menores de 54 años, puntos de interés para inserción en tuberosidad menor.

	<b>Tuberosidad menor superior</b>	<b>Tuberosidad menor inferior</b>	<b>Significancia</b>
<b>Media</b>	87 (84-102)	159 (84-164)	p=<.023
<b>Mediana</b>	16 (7-24)	71 (47-74)	p=<.0001
<b>DS</b>	214 (208-222)	255 (143-265)	p=.396

**Tabla 6.** Grupo de menores de 54 años, puntos de interés para inserción en corredera bicipital.

	<b>Corredera Bicipital superior</b>	<b>Corredera Bicipital inferior</b>	<b>Significancia</b>
<b>Media</b>	118 (115-135)	81 (77-83)	p=<.0001
<b>Mediana</b>	45 (43-70)	20 (17-20)	p=<.0001
<b>DS</b>	197 (191-204)	186 (173-191)	p=<.0001

**Tabla 7. Parámetros en el grupo de 55 a 64 años**

		<b>Media</b>	<b>Mediana</b>	<b>DS</b>
<b>Posterolateral vs posteromedial</b>	TMPL	110 (105-112)	72 (71-75)	131 (125-134)
	TMPM	22 (21-62)	9 (8.7-9)	70 (67-94)
		p=<.002	p=<.0001	p=<.007
<b>Mediolateral vs mediomedial</b>	TMML	108 (113-121)	78 (76-80)	217 (200-224)
	TMMM	44 (43-69)	19 (19-36)	84 (81-122)
		p=<.015	p=.478	p=<.0001
<b>Anterolateral vs anteromedial</b>	TMAL	118 (113-122)	78 (76-81)	153 (148-161)
	TMAM	81 (79-85)	50 (49-51)	109 (107-139)
		p=<.002	p=<.001	p=<.037

**Tabla 8.** Grupo de 55 a 64 años, puntos de interés para inserción en tuberosidad menor.

	<b>Tuberosidad menor superior</b>	<b>Tuberosidad menor inferior</b>	<b>Significancia</b>
<b>Media</b>	88 (85-105)	154 (107-162)	p=<.086
<b>Mediana</b>	20 (6-37)	73 (66-75)	p=<.001
<b>DS</b>	216 (211-220)	259 (141-272)	p=.575

**Tabla 9.** Grupo de 55 a 64 años, puntos de interés para inserción en corredera bicipital.

	<b>Corredera Bicipital superior</b>	<b>Corredera Bicipital inferior</b>	<b>Significancia</b>
<b>Media</b>	119 (114-122)	81 (80-85)	p=<.0001
<b>Mediana</b>	44 (43-52)	20 (19-21)	p=<.002
<b>DS</b>	200 (195-204)	182 (177-190)	p=<.0001

**Tabla 10. Parámetros en el grupo de >65 años.**

		<b>Media</b>	<b>Mediana</b>	<b>DS</b>
<b>Posterolateral vs posteromedial</b>	TMPL	108 (106-112)	72 (71-75)	125 (124-127)
	TMPM	22 (22)	9 (9)	68 (67-71)
		p=<.007	p=<.007	p=<.005
<b>Mediolateral vs mediomedial</b>	TMML	107 (106-112)	23 (22-23)	225 (218-232)
	TMMM	45 (44-46)	19 (19-20)	82 (80-84)
		p=<.005	p=<.005	p=<.005
<b>Anterolateral vs anteromedial</b>	TMAL	117±3	78 (77-81)	159 (154-161)
	TMAM	80 (79-83)	50 (50-51)	109 (106-111)
		p=<.007	p=<.005	p=<.074

**Tabla 11.** Grupo de >65 años, puntos de interés para inserción en tuberosidad menor.

	<b>Tuberosidad menor superior</b>	<b>Tuberosidad menor inferior</b>	<b>Significancia</b>
<b>Media</b>	84±3	156 (153-162)	p=<.005
<b>Mediana</b>	18 (-9-23)	75 (73-76)	p=<.005
<b>DS</b>	214±8	269 (254-274)	p=<.009

**Tabla 12.** Grupo de > 65 años, puntos de interés para inserción en corredera bicipital.

	<b>Corredera Bicipital superior</b>	<b>Corredera Bicipital inferior</b>	<b>Significancia</b>
<b>Media</b>	121 (118-122)	82±3	p=<.005
<b>Mediana</b>	44 (43-45)	20 (19-20)	p=<.005
<b>DS</b>	196±7	183±6	p=.001

**Objetivo primario:** Se demuestra que todas las caras laterales incluyendo anterior, medio y posterior tienen mayor densidad con significancia estadística a comparación de la porción medial

En cuanto a la tuberosidad menor, la porción inferior tiene mayor densidad considerando las medias, medianas y no existe diferencia entre sus desviaciones estándar.

En cuanto a la corredera bicipital, la porción superior tiene una mayor densidad a comparación de la inferior en todos los parámetros incluyendo media, mediana y de.

**Grupo menores de 55 años:** Todas las caras laterales son más densas estadísticamente significativas a comparación de las mediales al compararlas uno contra uno en cuanto a media, mediana y derivación estándar.

La porción inferior de la tuberosidad menor es más densa con significancia estadística en la media y mediana sin diferencia en la derivación estándar comprando la porción superior.

En cuanto a la corredera bicipital, la porción superior es más densa a comparación de la inferior en todos los parámetros.

**Grupo de 55-64 años:** Todas las caras laterales son más densas estadísticamente hablando a comparación de las mediales al compararlas uno contra uno en cuanto a media, mediana y de. solamente no se encontró diferencia entre las medianas de las porciones mediolateral y mediomedial.

La cara inferior de la tuberosidad menor es más densa con significancia estadística en la media y mediana sin diferencia comprando la derivación estándar.

En cuanto a la corredera bicipital, la porción superior es más densa a comparación de la inferior en todos los parámetros.

**Grupo >65 años:** Todas las caras laterales son más densas estadísticamente hablando a comparación de las mediales al compararlas uno contra uno en cuanto a media, mediana y derivación estándar. solamente no se encontró diferencia entre las medianas de las porciones anterolateral y anteromedial.

La cara inferior de la tuberosidad es más densa con significancia estadística en la media, mediana y de que la superior.



En cuanto a la corredera bicipital, la porción superior es mas densa a comparación de la inferior en todos los parámetros.

**Comparación entre grupos:** realizamos una comparación entre cada uno de los parámetros entre grupo con la prueba de Kruskal Wallis para muestras independientes considerando tres grupos (<54, 55 a 64 y >65) con lo cual observamos solamente dos parámetros con diferencias importantes, siendo estos la desviación estándar de la TMPL con una diferencia significativa que obtuvo una  $p=.023$  y la mediana de TmI  $p=.025$ ; el subanálisis del primer elemento mostró que la diferencia especial ocurrió entre el grupo 1 y 2 con una  $p=.026$ ; el subanálisis del segundo mostró diferencia especial entre el grupo 1 y 3. Se puede considerar que solo dos parámetros tienen diferencias importantes entre los grupos lo cual nos habla de que los resultados son homogéneos entre los rangos de edad.

## CAPÍTULO VII

### 7. DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en este estudio destacan la importancia de la densidad ósea en la planificación quirúrgica de la reparación del manguito rotador y la colocación de anclajes en el húmero proximal. Se identificaron diferencias significativas en la densidad ósea de la tuberosidad mayor, la tuberosidad menor y la corredera bicipital, lo que tiene implicaciones relevantes en la biomecánica de la fijación de anclajes.

#### 7.1. Distribución de la Densidad Ósea en la Tuberosidad Mayor

Se observó que las caras laterales de la tuberosidad mayor (posterolateral, mediolateral y anterolateral) presentan una mayor densidad ósea en comparación con las caras mediales (posteromedial, mediomedial y anteromedial). Estos resultados fueron estadísticamente significativos en todos los grupos etarios ( $p < 0.0001$ ) (Tabla 1).

Este hallazgo es consistente con estudios previos, como el de Kirchhoff et al. (2010), quienes reportaron que la densidad ósea en la tuberosidad mayor no es homogénea, siendo la porción posterolateral la de mayor densidad [9]. La mayor densidad en esta región sugiere que es el sitio ideal para la colocación de anclajes en la reparación del manguito rotador, optimizando la fijación y reduciendo el riesgo de aflojamiento del anclaje.

Además, al analizar la comparación por grupos etarios, se observó que la densidad ósea de la tuberosidad mayor se mantiene relativamente estable entre los grupos de edad, con solo dos parámetros con diferencias significativas entre grupos ( $p = 0.023$  y  $p = 0.025$ ) (Tabla 1). Esto indica que la distribución de la densidad en esta región no se ve fuertemente afectada por la edad, lo que la convierte en una opción confiable para la colocación de anclajes en pacientes de diferentes edades.

## **7.2. Comparación de Densidad Ósea en la Tuberosidad Menor**

Otro hallazgo relevante fue la diferencia en densidad ósea entre la porción superior e inferior de la tuberosidad menor. Se encontró que la porción inferior presenta valores de densidad significativamente mayores en comparación con la superior en todos los grupos etarios ( $p < 0.0001$ ) (Tablas 2, 5, 8 y 11).

Este resultado es consistente con estudios previos que sugieren que la tuberosidad menor puede desempeñar un papel clave en la fijación de anclajes en cirugías reconstructivas del hombro [5]. La mayor densidad en la porción inferior podría traducirse en una mejor estabilidad para los anclajes, lo que sugiere que esta zona es preferible para la fijación de estructuras como el músculo subescapular.

Desde un punto de vista clínico, este hallazgo es importante, ya que permite optimizar la selección del sitio de anclaje en función de la densidad ósea, reduciendo el riesgo de falla mecánica del anclaje en pacientes con osteopenia u osteoporosis.

## **7.3. Densidad Ósea en la Corredera Bicipital**

En cuanto a la corredera bicipital, se encontró que la porción superior presenta una mayor densidad ósea en comparación con la porción inferior, con diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0.0001$ ) en todos los grupos etarios (Tablas 3, 6, 9 y 12).

Este hallazgo es relevante para la colocación de anclajes en procedimientos relacionados con la reparación del bíceps braquial. Estudios previos han sugerido que la fijación en la porción superior de la corredera bicipital puede proporcionar una mejor estabilidad mecánica, reduciendo el riesgo de aflojamiento del anclaje [14].

La mayor densidad ósea en la porción superior podría estar relacionada con las cargas biomecánicas a las que se somete esta región, lo que explica su mayor resistencia estructural. En términos quirúrgicos, esto respalda la recomendación de posicionar los anclajes en la parte superior de la corredera bicipital para garantizar una mayor fijación y reducir el riesgo de falla postoperatoria.

## **7.4. Comparación entre Grupos Etarios**

El análisis entre grupos de edad mostró que la densidad ósea en la tuberosidad mayor, tuberosidad menor y corredera bicipital se mantiene relativamente constante a lo largo del tiempo, con solo dos parámetros que mostraron diferencias significativas ( $p = 0.023$  y  $p = 0.025$ ) en la desviación estándar de la tuberosidad mayor lateral y la mediana de la tuberosidad menor inferior (Tabla 1).

Este hallazgo sugiere que, aunque la densidad ósea puede disminuir con la edad, las regiones de mayor densidad relativa se mantienen constantes. Esto indica que los sitios óptimos de fijación identificados en este estudio son aplicables en pacientes de diferentes edades, sin que la edad sea un factor determinante en la elección del sitio de anclaje.

## **7.5. Implicaciones Clínicas**

Los resultados de este estudio tienen importantes implicaciones clínicas para la planificación quirúrgica en la reparación del manguito rotador y otras intervenciones ortopédicas del hombro:

- **Optimización de la Fijación de Anclajes:** La identificación de regiones con mayor densidad ósea permite una mejor selección del sitio de anclaje, optimizando la fijación y reduciendo el riesgo de aflojamiento del anclaje.
- **Estrategias para Pacientes con Osteopenia u Osteoporosis:** En pacientes con baja densidad ósea, la elección del sitio de anclaje en función de los valores de densidad ósea identificados en este estudio puede mejorar los resultados quirúrgicos.
- **Personalización del Tratamiento:** Los hallazgos sugieren que la planificación quirúrgica debe considerar la distribución de la densidad ósea para mejorar la estabilidad mecánica de los anclajes y reducir el riesgo de falla postoperatoria.

## **7.6. Limitaciones del Estudio**

A pesar de los hallazgos relevantes, este estudio presenta algunas limitaciones:

1. **Tamaño de Muestra:** Aunque se analizaron 65 pacientes, una muestra mayor podría proporcionar resultados más robustos y generalizables.
2. **Diseño Retrospectivo:** La naturaleza retrospectiva del estudio limita la capacidad de controlar ciertas variables, como el estado metabólico óseo de los pacientes.
3. **Falta de Seguimiento Clínico:** No se evaluó la evolución postoperatoria de los pacientes tras la colocación de anclajes, lo que podría haber brindado información adicional sobre la efectividad de los sitios de anclaje identificados.

A pesar de estas limitaciones, los resultados obtenidos proporcionan información valiosa para la optimización de la colocación de anclajes en la cirugía del manguito rotador y otras intervenciones en el húmero proximal.

## CAPÍTULO VIII

### 8. CONCLUSIONES

#### 1. Tuberosidad Mayor:

- Las caras laterales (posterolateral, mediolateral y anterolateral) presentaron una mayor densidad ósea en comparación con las caras mediales (posteromedial, mediomedial y anteromedial).
- **Densidad media:**
  - **Posterolateral:** 108 HU (104-112) vs. Posteromedial: 22 HU (21-73) ( $p < 0.0001$ ).
  - **Mediolateral:** 108 HU (103-111) vs. Mediomedial: 44 HU (43-46) ( $p < 0.002$ ).
  - **Anterolateral:** 117 HU (113-121) vs. Anteromedial: 82 HU (79-86) ( $p < 0.0001$ ).
- Esto sugiere que la fijación de anclajes en la cara lateral podría mejorar la estabilidad biomecánica.

#### 2. Tuberosidad Menor:

- La porción inferior presentó una mayor densidad ósea en comparación con la porción superior.
- **Densidad media:**
  - Superior: 87 HU (83-90) vs. Inferior: 157 HU (107-163) ( $p < 0.0001$ ).
  - **Mediana:** Superior: 16 HU (5-24) vs. Inferior: 72 HU (65-75) ( $p < 0.0001$ ).
- La fijación en la porción inferior podría ofrecer una mejor estabilidad en procedimientos reconstructivos.

#### 3. Corredera Bicipital:

- La porción superior de la corredera bicipital presentó una mayor densidad ósea en comparación con la inferior.
- **Densidad media:**
  - Superior: 119 HU (115-122) vs. Inferior: 81 HU (78-84) ( $p < 0.0001$ ).

- **Mediana:** Superior: 45 HU (43-54) vs. Inferior: 20 HU (19-20) ( $p < 0.0001$ ).
- La colocación de anclajes en la porción superior podría mejorar la fijación y estabilidad.

#### 4. Comparación entre Grupos Etarios:

- No se encontraron diferencias significativas en la mayoría de los parámetros entre los grupos de edad.
- Solo dos parámetros mostraron diferencias relevantes:
  - **Desviación estándar de la tuberosidad mayor posterolateral:**  
 $p = 0.023$ .
  - **Mediana de la tuberosidad menor inferior:**  $p = 0.025$ .
- Esto sugiere que la distribución de la densidad ósea es relativamente homogénea a lo largo de los grupos etarios.

Estos resultados pueden contribuir a optimizar la selección de sitios de anclaje en cirugías de reparación del manguito rotador y otros procedimientos ortopédicos en el húmero proximal.

## CAPÍTULO IX

### 9. REFERENCIAS

1. Boutroy, S., et al., In vivo assessment of trabecular bone microarchitecture by high-resolution peripheral quantitative computed tomography. *J Clin Endocrinol Metab*, 2005. 90(12): p. 6508-15.
2. Kirchhoff, C., et al., Assessment of bone quality within the tuberosities of the osteoporotic humeral head: relevance for anchor positioning in rotator cuff repair. *Am J Sports Med*, 2010. 38(3): p. 564-9.
3. Lill, H., et al., Proximal humeral fractures: how stiff should an implant be? A comparative mechanical study with new implants in human specimens. *Arch Orthop Trauma Surg*, 2003. 123(2-3): p. 74-81.
4. Abtahi, A.M., E.K. Granger, and R.Z. Tashjian, Factors affecting healing after arthroscopic rotator cuff repair. *World J Orthop*, 2015. 6(2): p. 211-20.
5. Waldorff, E.I., et al., Bone density of the greater tuberosity is decreased in rotator cuff disease with and without full-thickness tears. *J Shoulder Elbow Surg*, 2011. 20(6): p. 904-8.
6. Kamer, L., et al., Computational anatomy of the proximal humerus: An ex vivo high-resolution peripheral quantitative computed tomography study. *J Orthop Translat*, 2016. 4: p. 46-56.
7. DenOtter, T.D. and J. Schubert, Hounsfield Unit, in *StatPearls*. 2023, StatPearls Publishing Copyright © 2023, StatPearls Publishing LLC.: Treasure Island (FL).
8. Gerber, C., et al., Correlation of atrophy and fatty infiltration on strength and integrity of rotator cuff repairs: a study in thirteen patients. *J Shoulder Elbow Surg*, 2007. 16(6): p. 691-6.
9. Gladstone, J.N., et al., Fatty infiltration and atrophy of the rotator cuff do not improve after rotator cuff repair and correlate with poor functional outcome. *Am J Sports Med*, 2007. 35(5): p. 719-28.

10. Sher, J.S., et al., Abnormal findings on magnetic resonance images of asymptomatic shoulders. *J Bone Joint Surg Am*, 1995. 77(1): p. 10-5.
11. Craft, D.V., et al., Fixation strength of rotator cuff repairs with suture anchors and the transosseous suture technique. *J Shoulder Elbow Surg*, 1996. 5(1): p. 32-40.
12. Gartsman, G.M., Arthroscopic rotator cuff repair. *Clin Orthop Relat Res*, 2001(390): p. 95-106.
13. Gerber, C., et al., Mechanical strength of repairs of the rotator cuff. *J Bone Joint Surg Br*, 1994. 76(3): p. 371-80.
14. Barber, F.A., et al., The relationship of suture anchor failure and bone density to proximal humerus location: a cadaveric study. *Arthroscopy*, 1997. 13(3): p. 340-5.
15. Djurasovic, M., et al., Revision rotator cuff repair: factors influencing results. *J Bone Joint Surg Am*, 2001. 83(12): p. 1849-55.
16. Harryman, D.T., 2nd, et al., Repairs of the rotator cuff. Correlation of functional results with integrity of the cuff. *J Bone Joint Surg Am*, 1991. 73(7): p. 982-9.
17. Pietschmann, M.F., et al., Suture anchor fixation strength in osteopenic versus non-osteopenic bone for rotator cuff repair. *Arch Orthop Trauma Surg*, 2009. 129(3): p. 373-9.
18. Rossouw, D.J., et al., A biomechanical evaluation of suture anchors in repair of the rotator cuff. *J Bone Joint Surg Br*, 1997. 79(3): p. 458-61.