

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE MEDICINA



UANL

**Relación entre la infiltración grasa y la atrofia del músculo
supraespinoso en los desgarros del manguito rotador en la
población mexicana**

Por

NÉSTOR MARTÍNEZ SEPÚLVEDA

**Como requisito parcial para obtener el grado de ESPECIALIDAD
MÉDICA en Ortopedia y Traumatología**

Octubre, 2025




UANL

**RELACIÓN ENTRE LA INFILTRACIÓN GRASA Y LA ATROFIA DEL
MÚSCULO SUPRAESPINO SO EN LOS DESGARROS DEL MANGUITO
ROTADOR EN LA POBLACIÓN MEXICANA**

POR

NESTOR MARTÍNEZ SEPULVEDA


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



DR. MED. CARLOS ALBERTO ACOSTA OLIVO
DIRECTOR DE TESIS



DR. MED. SANTIAGO DE LA GARZA
COORDINADOR DE ENSEÑANZA



DR. MED. CARLOS ALBERTO ACOSTA OLIVO
COORDINADOR DE INVESTIGACIÓN



DR. MED. VÍCTOR MANUAL PEÑA MARTÍNEZ
JEFE DEL SERVICIO



DR. MED. FELIPE ARTURO MORALES MARTÍNEZ
SUBDIRECTOR DE ESTUDIOS DE POSGRADO



UANL

**RELACIÓN ENTRE LA INFILTRACIÓN GRASA Y LA ATROFIA DEL MÚSCULO
SUPRAESPINO SO EN LOS DESGARROS DEL MANGUITO ROTADOR EN LA
POBLACIÓN MEXICANA**

**El presente trabajo fue realizado en el Servicio de Ortopedia y Traumatología
del Hospital Universitario "Dr. José Eleuterio González" en la Facultad de
Medicina de la Universidad Autónoma de Nuevo León, bajo la dirección de
Dr. med. Carlos Alberto Acosta Olivo.**

Director

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS	i
DEDICATORIA	ii
LISTA DE ABREVIATURAS	iii
LISTA DE TABLAS	iv
LISTA DE FIGURAS	v
RESUMEN	vi
ABSTRACT	vii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. ANTECEDENTES	2
2.1 Definición	3
2.2 Epidemiología	3
2.3 Anatomía y localización de los desgarros del manguito rotador	3
2.3.1 Predilección anatómica y factores predisponentes	4
III. JUSTIFICACIÓN	5
IV. HIPÓTESIS	6
V. OBJETIVOS	7
Objetivo General	7
Objetivos Específicos	7
VI. MATERIALES Y MÉTODOS	8
5.1. Diseño de estudio y sede	8
5.2. Población y criterios de selección	8
5.3. Variables y mediciones	8
5.4. Análisis estadístico	9
5.5. Consideraciones éticas	9
VII. RESULTADOS	10
VIII. DISCUSIÓN	16
IX. CONCLUSIONES	19
X. BIBLIOGRAFÍA	20
XIII. RESUMEN AUTOBIOGRÁFICO	24

AGRADECIMIENTOS

A lo largo de mi trayectoria, cada paso ha sido posible gracias al apoyo incondicional de mi familia y de todas las personas que me quieren. Ellos han sido mi fuerza, mi refugio y mi inspiración constante. Su amor, paciencia y aliento me han sostenido en los momentos de mayor desafío y me han impulsado a continuar con determinación en la búsqueda de mis sueños.

Expreso mi más sincero agradecimiento al Servicio de Ortopedia y Traumatología, por haber brindado el apoyo y los recursos necesarios para el desarrollo de esta tesis. Su compromiso con la formación académica y la investigación ha sido un ejemplo de profesionalismo y dedicación.

A la Universidad Autónoma de Nuevo León y a la Facultad de Medicina, les debo mi más profundo reconocimiento por ofrecer un entorno de excelencia académica y humana, en el que he tenido la oportunidad de crecer tanto personal como profesionalmente.

Mi especial gratitud al Dr. Carlos Alberto Acosta Olivo, Director de Tesis, por su valiosa orientación, paciencia y confianza. Su guía fue esencial para dar forma a este trabajo y para fortalecer en mí el compromiso con la investigación y la práctica médica.

Finalmente, quiero agradecer con todo mi respeto y admiración a los pacientes, quienes son la razón de nuestra vocación médica. Gracias por su confianza, por permitirnos aprender de ustedes y recordarnos el verdadero sentido de nuestra profesión: servir con empatía, conocimiento y humanidad.

DEDICATORIA

A mi familia, por su constante apoyo, comprensión y fortaleza, pilares fundamentales en cada etapa de mi formación profesional.

A los pacientes, cuya confianza y participación hacen posible el aprendizaje y el ejercicio de la medicina con sentido humano.

LISTA DE ABREVIATURAS

IMC	Indice Masa Corporal
RP	Rango promedio
RM	Resonancia magnética
RIC	Rango intercuantil
TC	Tomografía computarizada
U	Resultado prueba no paramétrica U de MannWhitney

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Características demográficas y antropométricas según sexo.	8
Tabla 2. Distribución de las clasificaciones de infiltración grasa y hallazgos asociados	9
Tabla 3. Comparaciones por parejas de clasificación de Thomazeau (estudio 1, 2 y 3)	10
Tabla 4. Correlación no paramétrica entre las clasificaciones de Goutallier y Thomazeau	11
Tabla 5. Estimaciones de parámetro. Regresión Logística Ordinal	13

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Boxplot. Se expresan medianas, rangos intercuartílicos (RIC) y rangos.
12

Figura 2. Scatterplot. Regresión Lineal de las clasificaciones que demuestra asociación positiva.
13

Figura 3. Pirámide de Frecuencias de Rangos
14

Figura 4. Pirámide de Frecuencias de Rangos
14

RESUMEN

Introducción. El manguito rotador es un complejo musculotendinoso esencial para la estabilidad dinámica y movilidad del hombro. La **rotura** de sus tendones, especialmente del supraespinoso, constituye una de las causas más frecuentes de dolor y disfunción de la articulación glenohumeral. En el contexto de los desgarros crónicos, se observan dos alteraciones estructurales principales: la infiltración grasa y la atrofia muscular, ambas con impacto directo en la función y el pronóstico quirúrgico. La infiltración grasa, descrita por Goutallier et al., y la atrofia muscular, evaluada mediante el índice de Thomazeau y el signo de la tangente, son indicadores críticos de degeneración crónica y predictores de malos resultados postoperatorios. Sin embargo, la mayoría de los estudios se han realizado en poblaciones europeas o asiáticas, siendo limitada la evidencia en población latinoamericana.

Objetivo. Evaluar la relación entre la infiltración grasa y la atrofia del músculo supraespinoso en pacientes mexicanos con desgarros del manguito rotador, e identificar factores asociados a mayor degeneración muscular.

Material y Métodos. Se realizó un estudio observacional, transversal y analítico, entre 2019 y 2024. Se incluyeron 140 estudios radiológicos (TC o RM) de hombros con diagnóstico confirmado de desgarró del manguito rotador. Se evaluó la infiltración grasa del supraespinoso según la clasificación de Goutallier (0–4) y la atrofia muscular mediante el índice de Thomazeau (1–3) y el signo de la tangente. Las mediciones fueron realizadas de manera independiente por dos observadores entrenados, obteniéndose una concordancia interobservador muy buena ($\kappa = 0.88$). Se aplicaron pruebas no paramétricas (Kruskal–Wallis, Mann–Whitney, correlación de Spearman) y regresión logística ordinal para identificar factores independientes asociados con infiltración grasa elevada.

Comentado [3]: El término adecuado en español es "rotura", hay que revisarlo en todo el documento. "Rotura" se usa para el quiebre de cosas físicas y materiales, mientras que "ruptura" se emplea para las realidades inmateriales.

Resultados. El 65.7% fueron mujeres, con edad promedio de 58 ± 13 años. Predominó la infiltración grasa grado 2 (64.3%) y la atrofia leve (Thomazeau 1, 75.7%). Se encontró una correlación positiva fuerte entre infiltración grasa y atrofia ($\rho = 0.721$, $p < 0.001$). El signo del tangente positivo se asoció con mayor daño estructural ($p < 0.001$). La edad fue el único factor independiente relacionado con mayor infiltración grasa ($p = 0.001$).

Conclusiones. Existe una asociación directa entre la infiltración grasa y la atrofia del supraespinoso, ya que la influencia en ambos se da fundamentalmente a una edad avanzada. **ambas influenciadas principalmente por la edad**. Estos hallazgos refuerzan la utilidad de las clasificaciones de **Goutallier** y **Thomazeau** como herramientas diagnósticas complementarias en la evaluación preoperatoria y pronóstico funcional del manguito rotador.

Comentado [4]: No usar negritas en el texto, solo para los títulos y encabezados.

Comentado [5]: ¿A mayor edad, mayor infiltración y atrofia? Hay que interpretar la asociación encontrada.

ABSTRACT

Introduction. The rotator cuff is a complex musculotendinous structure essential for the dynamic stability and mobility of the shoulder. Rupture of its tendons, particularly the supraspinatus, is one of the most common causes of shoulder pain and dysfunction. In chronic tears, two key structural alterations are typically observed: fatty infiltration and muscle atrophy, both of which have a direct impact on shoulder function and surgical outcomes. Fatty infiltration, first described by Goutallier et al., and muscle atrophy, assessed using the Thomazeau index and the tangent sign, are critical indicators of chronic degeneration and predictors of poor postoperative results. However, most studies have been conducted in European or Asian populations, with limited evidence available in Latin American cohorts.

Objective. To evaluate the relationship between fatty infiltration and atrophy of the supraspinatus muscle in the Mexican population with rotator cuff tears, and to identify factors associated with more advanced muscular degeneration.

Materials and Methods. A cross-sectional, observational, and analytical study was conducted in the Department of Orthopedics and Traumatology at *Hospital Universitario “Dr. José Eleuterio González”*, Universidad Autónoma de Nuevo León, between 2019 and 2024. A total of 140 shoulder imaging studies (CT or MRI) with confirmed rotator cuff tears were included. Fatty infiltration of the supraspinatus was graded using the Goutallier classification (0–4), while muscle atrophy was assessed according to the Thomazeau index (1–3) and the tangent sign.

Measurements were independently performed by two trained observers, achieving excellent interobserver agreement ($\kappa = 0.88$). Nonparametric statistical tests (Kruskal–Wallis, Mann–Whitney, Spearman’s correlation) and ordinal logistic regression were applied to identify independent predictors of severe fatty infiltration.

Results. Of the study population, 65.7% were women with a mean age of 58 ± 13 years. Fatty infiltration grade 2 (64.3%) and mild atrophy (Thomazeau grade 1, 75.7%) were the most prevalent findings. A strong positive correlation was observed between fatty infiltration and muscle atrophy ($\rho = 0.721$, $p < 0.001$). The presence of a positive tangent sign was significantly associated with greater structural degeneration ($p < 0.001$). Age was the only independent factor correlated with higher degrees of fatty infiltration ($p = 0.001$).

Conclusions. There is a direct and significant association between fatty infiltration and supraspinatus muscle atrophy, both primarily influenced by age. These findings reinforce the diagnostic value of the Goutallier and Thomazeau classifications as complementary tools in the preoperative assessment and functional prognosis of rotator cuff tears.

I. INTRODUCCIÓN

Comentado [6]: Hay que revisar la redacción, hay errores de puntuación y falta de acentos.

El manguito rotador constituye un complejo funcional esencial para la estabilidad dinámica y la movilidad de la articulación gleno-humeral. Está conformado por cuatro músculos: supraespinoso, infraespinoso, subescapular y redondo menor, cuyos tendones confluyen formando una inserción conjunta sobre la cabeza humeral, íntimamente relacionada con la cápsula articular y el deltoides ^{1,2}. Su función primordial es mantener centrada la cabeza humeral durante los movimientos del hombro, evitando su migración superior y permitiendo la ejecución coordinada de la abducción y rotación ³.

Comentado [7]: El tamaño de la fuente tiene que ser 12 y el interlineado al menos 1.5.

Las lesiones del manguito rotador representan una de las causas más frecuentes de dolor y disfunción del hombro, con una prevalencia reportada entre 30% en individuos asintomáticos y hasta 64% en pacientes sintomáticos ⁴. Los desgarros pueden clasificarse como traumáticos o degenerativos, siendo estos últimos los más comunes en adultos mayores, en quienes los cambios microestructurales y vasculares predisponen al deterioro progresivo del tendón, particularmente del supraespinoso ⁵⁻⁷. La pérdida de integridad tendinosa conduce a retracción muscular, alteración del ángulo de penetración y sustitución progresiva del tejido contráctil por grasa y tejido fibroso ⁸.

La infiltración grasa y la atrofia muscular son manifestaciones estructurales clave de la degeneración crónica del manguito rotador. La primera fue descrita originalmente por Goutallier et al. mediante tomografía computarizada (TC), estableciendo una clasificación de cinco grados según la proporción de grasa intramuscular ⁹. Posteriormente, su presencia se reconoció como un importante factor pronóstico para la reparabilidad tendinosa y el resultado funcional postoperatorio ^{10,11}. La atrofia, por otro lado, refleja la pérdida de volumen muscular y puede evaluarse indirectamente por el signo del tangente descrito por Zanetti et al., o mediante el índice de Thomazeau ^{12,13}.

Diversos estudios han demostrado que tanto la infiltración grasa como la atrofia aumentan progresivamente con la duración del desgarro y la edad del paciente.

Melis et al. observaron que la degeneración grasa moderada aparece en promedio tres años después del inicio de los síntomas, mientras que la severa puede desarrollarse después de cinco años ¹⁴. Además, la coexistencia de ambas condiciones limita la capacidad contráctil y compromete la respuesta a la reparación quirúrgica, incrementando el riesgo de rerrotura ^{9-11,15-17}.

En la práctica clínica, la identificación precisa del grado de infiltración grasa y atrofia del músculo supraespinoso es esencial para el pronóstico funcional y la planificación quirúrgica. Sin embargo, la mayoría de los estudios se han realizado en poblaciones europeas o asiáticas, existiendo escasa evidencia en población latinoamericana. Por lo tanto, el presente estudio tiene como objetivo identificar los factores asociados con la infiltración grasa del músculo supraespinoso y analizar su relación con la atrofia muscular, evaluadas mediante las clasificaciones de Goutallier y Thomazeau, respectivamente, en una muestra de pacientes mexicanos con desgarros del manguito rotador.

II. ANTECEDENTES

Melis et al en 2010 ¹³ realizaron un estudio retrospectivo para identificar la aparición de infiltración grasa en el músculo supraespinoso, así como su relación con la atrofia; revisaron 1688 pacientes con desgarros del manguito rotador y registraron lo siguiente: número de tendones desgarrados, etiología del desgarro, tiempo entre el inicio de los síntomas del hombro y diagnóstico de desgarro del manguito rotador. La infiltración grasa del supraespinoso se clasificó utilizando la clasificación por TC o por resonancia magnética. La atrofia muscular se midió indirectamente usando el signo de la tangente.

Sus resultados mostraron la aparición de infiltración grasa supraespinosa moderada a 3 años después del inicio de los síntomas y la infiltración grasa severa en un promedio de 5 años después del inicio de los síntomas. Un signo tangente positivo apareció en un promedio de 4,5 años después del inicio de los síntomas.

Becerra y Serrano en 2019 ¹⁸ realizaron un estudio retrospectivo para determinar mediciones que estuvieran relacionadas con la infiltración grasa en el manguito rotador; valoraron 133 pacientes con rotura del manguito de los rotadores para encontrar el grado de infiltración grasa del supraespinoso, el tamaño de rotura, la infiltración grasa del infraespinoso/redondo menor, la distancia acromio-humeral y el índice de Thomazeau. Sus resultados encontraron que el tamaño de rotura y el índice de Thomazeau tienen una correlación positiva fuerte con la infiltración grasa del supraespinoso y observaron una correlación positiva moderada con la infiltración grasa del infraespinoso/redondo menor y una correlación negativa débil con la distancia acromio-humeral.

Peña Martínez et al en 2024 ¹⁹ evaluaron la relación entre el desplazamiento inicial de las fracturas de humero proximal y la infiltración **grasa** del manguito rotador mediante TC de acuerdo a la clasificación Goutallier en un total de 62 pacientes. En este estudio demostraron que los pacientes mayores de 50 años presentaban una degeneración grasa más avanzada que los de menor edad, por

Comentado [8]: Hasta aquí se ha manejado como "infiltración grasa" todo lo relacionado con la clasificación de Goutallier, aunque en el artículo tal vez se maneje así, creo que hay que homogenizar los términos en el documento.

lo que deja claro que existen factores que modifican dicha degeneración. Es por ello que en nuestro estudio intentaremos demostrar si la atrofia muscular se relaciona con el grado de infiltración grasa y qué factores predisponen a esta.

2.1 Definición

El manguito rotador, una estructura crucial en la articulación del hombro, se compone de cuatro músculos distintos: el supraespinoso, el infraespinoso, el subescapular y el redondo menor. Cada uno de estos músculos presenta inserciones proximales bien definidas en la escápula, pero convergen en una capa única de tendones al acercarse a la cabeza humeral. Este conjunto músculo tendinoso del manguito rotador se encuentra en estrecha relación con la cápsula glenohumeral y se une a la cabeza humeral.¹

Comentado [9]: Aquí inician otra vez las referencias desde la No. 1, pero algunas no coinciden con lo que se describe.

El manguito rotador desempeña dos funciones principales: estabiliza la articulación glenohumeral y ayuda en la movilidad de dicha articulación. El manguito centra la cabeza humeral en la cavidad glenoidea mediante efectos pasivos y multidireccionales activos, en resumen, el manguito evita la migración hacia arriba de la cabeza humeral causada por la tracción del músculo deltoides en el comienzo de la elevación del brazo ^{2,3}.

2.2 Epidemiología

La prevalencia de la enfermedad del manguito rotador es alta tanto en individuos asintomáticos como sintomáticos, con tasas reportadas del 30% y 64%, respectivamente. Los desgarros del manguito rotador corresponden a soluciones de continuidad en un tendón fragilizado por un proceso degenerativo o en un tendón sano. Clasificándose según su etiología en degenerativos y traumáticos y por su grado de solución de continuidad del tendón en totales y parciales, y estos a su vez se dividen en intrasustancia, superficiales y profundos. ⁴

La mayoría de los desgarros del manguito rotador se localizan en la parte tendinosa del manguito, se asigna un desgarro a un músculo determinado si se

encuentra a lo largo del eje del vientre muscular. El grado de deterioro funcional del músculo depende del tamaño del desgarro. ⁵

2.3 Anatomía y localización de los desgarros del manguito rotador

La mayoría de los desgarros del manguito rotador se localizan en la parte tendinosa del manguito, se asigna un desgarro a un músculo determinado si se encuentra a lo largo del eje del vientre muscular. El grado de deterioro funcional del músculo depende del tamaño del desgarro ⁵.

Las roturas degenerativas del manguito de los rotadores pueden causar amiotrofia y degeneración grasa muscular que, en caso de estar avanzada, compromete el resultado de la cirugía ⁶.

2.3.1 Predilección anatómica y factores predisponentes

Los desgarros no traumáticos se localizan principalmente en la porción anterior del músculo supraespinoso. Los estudios de cadáveres ^{7,8} mostraron incremento en la tasa de desgarros de espesor parcial, que involucraban la superficie articular con más frecuencia que la superficie extra-articular. El supraespinoso es el principal músculo afectado debido a su localización, cargas superficiales y profundas ⁹, el suministro vascular escaso cerca del sitio de inserción y la edad avanzada que producen un deterioro progresivo de los tendones ocasionando un desgarro.

III. JUSTIFICACIÓN

Las lesiones de manguito rotador son un padecimiento común en la población, existen diferentes tipos de tratamiento y rehabilitación para los pacientes. Sin embargo, estos tratamientos siguen siendo tema de debate por las ventajas y desventajas que ofrece cada uno. Los factores pronósticos (infiltración grasa, atrofia) juegan un papel muy importante en la tasa de éxito de estos tratamientos, por lo cual resulta de vital importancia el estudio de estos factores en las diferentes lesiones, así como su medición individual en el músculo supraespinoso debido a la poca literatura con la que se cuenta.

El conocimiento de tales factores de riesgo y su medición es relevante para la elección del mejor tratamiento en cada paciente, su implicación en procedimientos quirúrgicos y factor pronóstico en rehabilitación, elaboración de futuras guías de práctica clínica, y finalmente en términos de valor académico.

Comentado [10]: No son factores de riesgo, en todo caso serían factores pronósticos.

IV. HIPÓTESIS

A mayor grado de infiltración grasa del músculo supraespinoso, existe una mayor atrofia del músculo supraespinoso.

V. OBJETIVOS

Objetivo General

Identificar factores relacionados con la infiltración grasa del músculo supraespinoso y estudiar la asociación entre esta y la atrofia muscular.

Objetivos Específicos

- Graduar la infiltración grasa del músculo supraespinoso mediante la clasificación de Goutallier.
- Analizar la relación entre el grado de infiltración grasa con la edad, el sexo, IMC y la cronología del dolor de hombro de los pacientes.
- Determinar la atrofia muscular mediante el signo de la tangente.
- Correlacionar la infiltración grasa con la atrofia muscular.

VI. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. Diseño de estudio y sede

Estudio observacional, transversal, ambispectivo y analítico realizado en el Servicio de Ortopedia y Traumatología del Hospital Universitario “Dr. José Eleuterio González” de la Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, México. El protocolo fue aprobado por el Comité de Ética e Investigación del hospital y se condujo conforme a la Declaración de Helsinki y las normas nacionales aplicables.

5.2. Población y criterios de selección

Se incluyeron pacientes ≥ 18 años con diagnóstico radiológico de ruptura del manguito rotador confirmado por TC o RM (2019–2024). Criterios de inclusión: estudios que permitieran clasificar infiltración grasa del supraespinoso (Goutallier 0–4) y atrofia por índice de Thomazeau (1–3) y/o signo de la tangente. Criterios de exclusión: antecedente de cirugía, fractura o infección en hombro.

Comentado [11]: Criterios de inclusión

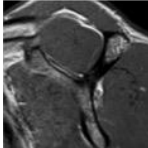
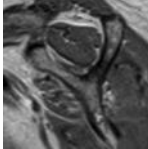
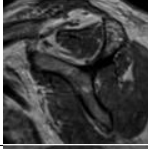
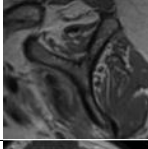
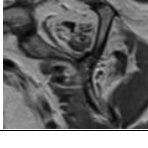
Comentado [12]: Criterios de exclusión

5.3. Variables y mediciones

Variables demográficas: sexo, edad, peso, talla y IMC.

Variables radiológicas: Las variables radiológicas se evaluaron mediante resonancia magnética, utilizando clasificaciones previamente validadas para cuantificar la atrofia y la infiltración grasa muscular, así como para describir el tipo de desgarro tendinoso.

1. Clasificación de Goutallier (infiltración grasa del músculo supraespinoso):
Evalúa el grado de infiltración grasa observable en los cortes axiales de resonancia magnética.

Grado	Descripción	Interpretación	
0	Músculo normal, sin grasa visible.	Sin degeneración.	
1	Pequeñas estrías o trazos grasos.	Infiltración mínima.	
2	Grasa presente, pero menor cantidad que el músculo.	Degeneración moderada.	
3	Grasa y músculo en proporciones similares.	Degeneración avanzada.	
4	Predomina la grasa sobre el músculo.	Degeneración severa.	

2. Índice de Thomazeau (atrofia muscular del supraespinoso)

Determina el grado de atrofia muscular mediante la proporción entre el vientre del músculo supraespinoso y la fosa supraespinosa en cortes sagitales oblicuos de resonancia magnética.

Grado	Descripción	Interpretación
1	El vientre muscular llena completamente la fosa.	Sin atrofia.
2	El vientre muscular ocupa aproximadamente la mitad de la fosa.	Atrofia moderada.
3	El vientre muscular ocupa menos de la mitad de la fosa.	Atrofia severa.

3. Signo de la tangente

Se evalúa en la vista sagital oblicua.

- Negativo: El vientre del músculo supraespinoso se encuentra por encima o en contacto con la línea trazada entre el borde superior de la escápula y el borde superior del músculo infraespinoso.
- Positivo: El vientre muscular se sitúa por debajo de dicha línea. Un signo positivo indica atrofia muscular significativa.

4. Tipo de desgarro del tendón del supraespinoso

Tipo de desgarro	Descripción
Total	Compromiso completo del espesor del tendón.
Parcial intrasustancia	Afecta el interior del tendón sin comunicación con las superficies.
Parcial superficial (bursal)	Afecta la cara superior o bursal del tendón.
Parcial profundo (articular)	Afecta la cara inferior o articular del tendón.

Evaluadores y reproducibilidad: Las mediciones radiológicas fueron realizadas de forma independiente por dos observadores:

Comentado [13]: Evaluadores

1. Un residente de tercer año de Radiología e Imagen, y
2. Un residente de Ortopedia y Traumatología previamente capacitado en la aplicación de las clasificaciones radiológicas (Goutallier, Thomazeau y signo de la tangente).

Para evaluar la concordancia interobservador en las variables categóricas (clasificaciones de Goutallier, Thomazeau y signo de la tangente), se utilizó el coeficiente Kappa (κ) de Cohen, que cuantifica el grado de acuerdo entre dos evaluadores más allá de la coincidencia esperada por azar. El valor de $\kappa = 0.88$ obtenido en este estudio se interpretó como muy buen nivel de concordancia, de acuerdo con la escala propuesta por Landis y Koch (1977)²⁰:

Valor de κ	Interpretación
< 0.00	Sin concordancia
0.00 – 0.20	Ligera

0.21 – 0.40	Aceptable
0.41 – 0.60	Moderada
0.61 – 0.80	Buena
0.81 – 1.00	Muy buena

Para las variables numéricas (como medidas angulares o proporciones continuas), la concordancia se evaluó mediante el Coeficiente de Correlación Intraclass (CCI), el cual estima la consistencia o reproducibilidad de las mediciones continuas entre observadores. Se consideró un valor de CCI > 0.75 como indicativo de buena confiabilidad, y > 0.90 como excelente reproducibilidad.

5.4. Análisis estadístico

El análisis estadístico se realizó utilizando el programa IBM SPSS Statistics versión 26. Las variables cuantitativas se expresaron como media \pm desviación estándar (DE), mientras que las variables cualitativas se describieron mediante frecuencias absolutas y porcentajes. Dadas las distribuciones y la naturaleza ordinal, se aplicaron pruebas no paramétricas: Kruskal–Wallis (Goutallier vs Thomazeau), U de Mann–Whitney (Goutallier vs signo de la tangente), Spearman (ρ) (Goutallier–Thomazeau).

Asimismo, con el fin de identificar los factores independientes asociados a una infiltración grasa elevada, se empleó un modelo de regresión logística ordinal, considerando como covariables la edad, sexo, peso, talla e índice de masa corporal (IMC). Se adoptó un nivel de significancia estadística de $p < 0.05$.

5.5. Consideraciones éticas

El estudio no implicó contacto directo con los pacientes ni intervenciones clínicas adicionales. Se otorgó exención de consentimiento informado, dado que se trató de una investigación retrospectiva con anonimización total de los datos.

Los registros se almacenaron en una base de datos protegida dentro de la coordinación de investigación, con acceso restringido exclusivamente a los

autores del estudio. Las imágenes analizadas no incluyeron nombres, números de expediente ni otros datos identificables.

El proyecto no recibió financiamiento externo y los autores declaran no tener conflictos de interés.

VII. RESULTADOS

La muestra estuvo compuesta por 140 sujetos, de los cuales el 65.7% fueron mujeres y el 34.3% hombres. La edad promedio global fue de 58 ± 13 años, siendo las mujeres ligeramente mayores (61 ± 11 años) que los hombres (52 ± 15 años). En cuanto a las características antropométricas, el peso promedio fue de 70.4 ± 11.0 kg, la talla de 1.64 ± 0.10 m y el índice de masa corporal promedio de 26.3 ± 4.1 kg/m². No se encontraron diferencias estadísticamente significativas en el IMC por sexo, lo cual sugiere una composición corporal relativamente homogénea entre los grupos.

Tabla 1. Características demográficas y antropométricas según sexo.

Variable	Hombres	Mujeres	Total
Recuento y %	48 (34.3%)	92 (65.7%)	140 (100%)
Edad (años)	52 ± 15	61 ± 11	58 ± 13
Peso (kg)	78.7 ± 11.2	70.4 ± 11.0	73.4 ± 11.3
Talla (m)	1.73 ± 0.09	1.64 ± 0.10	1.67 ± 0.11
IMC (kg/m²)	26.6 ± 5.1	26.3 ± 4.1	26.4 ± 4.5

Las variables se expresan como media \pm desviación estándar (DE).

Comentado [14]: Hay que hacer referencia en el texto a cada una de las tablas, conforme se van describiendo los resultados.

Comentado [15]: Hay que colocar las tablas, no imágenes de las tablas.

En la clasificación de Goutallier, la mayoría de los pacientes se concentró en los grados intermedios, particularmente en el grado 2 (64.3%), seguido de los grados 1 (16.4%), 3 (7.9%) y 4 (10.7%). Solo un paciente (0.7%) presentó un músculo sin infiltración grasa. En la clasificación de Thomazeau, el 75.7% se ubicó en el estadio 1, el 9.3% en el estadio 2 y el 15% en el estadio 3. La gran mayoría de los casos (99.7%) presentó ruptura del tendón del supraespinoso, mientras que el signo de la tangente fue positivo en el 27.8%.

Tabla 2. Distribución de las clasificaciones de infiltración grasa y hallazgos asociados

Variable	Valor	Recuento n (%)
Clasificación de Goutallier	0. Sin infiltración grasa (0%)	1 (0.7%)
	1. Trazas de grasa (<25%)	23 (16.4%)
	2. Grasa moderada (25–50%)	90 (64.3%)
	3. Grasa severa (50–75%)	11 (7.9%)
	4. Grasa extensa (>75%)	15 (10.7%)
Clasificación de Thomazeau	1	106 (75.7%)
	2	13 (9.3%)
	3	21 (15.0%)
Lesión	Ruptura	139 (99.7%)
	Tendinitis	1 (0.7%)
Signo de la tangente	Negativo	101 (72.1%)
	Positivo	39 (27.9%)

La prueba de Kruskal-Wallis mostró diferencias significativas entre las distribuciones de la clasificación de Goutallier en los distintos estadios de Thomazeau ($H=77.890$, $p<0.001$). Este resultado indica que los niveles de infiltración grasa aumentan de forma progresiva a medida que se incrementa el grado de atrofia muscular.

Las comparaciones por pares evidenciaron que las diferencias entre los estadios 1 y 3 fueron las más significativas ($p<0.001$), seguidas de las diferencias entre los estadios 1 y 2 ($p=0.013$) y entre 2 y 3 ($p=0.001$). Esto confirma una relación positiva y robusta entre el daño estructural del músculo y el reemplazo graso.

Tabla 3. Comparaciones por parejas de clasificación de Thomazeau (estadio 1, 2 y 3).

Sample 1- Sample 2	Estadístico de prueba	Desv. Error	Desv. Estadístico de prueba	Sig.	Sig. ajustada ^a
1-2	-28.968	10.171	-2.848	.004	.013
1-3	-71.596	8.267	-8.660	<.001	.000
2-3	-42.628	12.214	-3.490	<.001	.001

Cada fila prueba la hipótesis nula que las distribuciones de la Muestra 1 y la Muestra 2 son iguales. Se visualizan las significaciones asintóticas (pruebas bilaterales). El nivel de significación es de .05.

a. Los valores de significación se han ajustado mediante la corrección Bonferroni para varias pruebas.

Comentado [16]: Hay que editar las tablas que arroja el SPSS para que expliquen mejor los resultados y sean más didácticas.

El análisis gráfico mediante diagramas de caja (boxplots) permite visualizar la tendencia ascendente del daño muscular. Los pacientes con estadio 1 de Thomazeau mostraron medianas en el grado 2 de Goutallier, mientras que los de estadio 3 alcanzaron una mediana en el grado 4. El rango intercuartílico (RIC) se desplazó progresivamente hacia valores más altos, lo que respalda la asociación entre ambas clasificaciones.

Comentado [17]: Hay que escribir los valores de la mediana y de RIC para tener más certeza de las comparaciones.

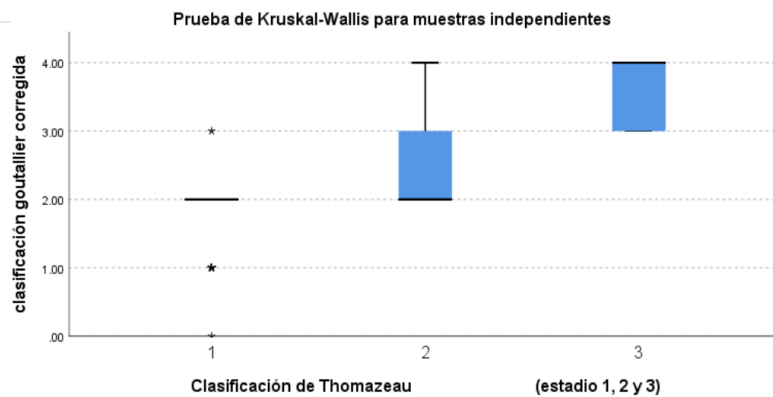


Figura 1. Boxplot. Se expresan medianas, rangos intercuartílicos (RIC). Asteriscos representan datos atípicos.

El coeficiente de correlación de Spearman ($\rho=0.721$, $p<0.001$) demostró una asociación fuerte, positiva y estadísticamente significativa entre las clasificaciones de Goutallier y Thomazeau. Esto implica que conforme aumenta

la infiltración grasa del músculo, se incrementa de forma paralela el grado de atrofia, lo cual refuerza la validez de ambas escalas como herramientas complementarias para evaluar el deterioro estructural del supraespinoso.

Tabla 4. Correlación no paramétrica entre las clasificaciones de Goutallier y Thomazeau.

			Clasificación de Goutallier	Clasificación de Thomazeau
Rho de Spearman	Clasificación de Goutallier	Coefficiente de correlación	1.000	.721**
		Sig. (unilateral)	.	<.001
		N	140	140
	Clasificación de Thomazeau	Coefficiente de correlación	.721**	1.000
		Sig. (unilateral)	<.001	.
		N	140	140

** La correlación es significativa en el nivel 0,01 (unilateral).

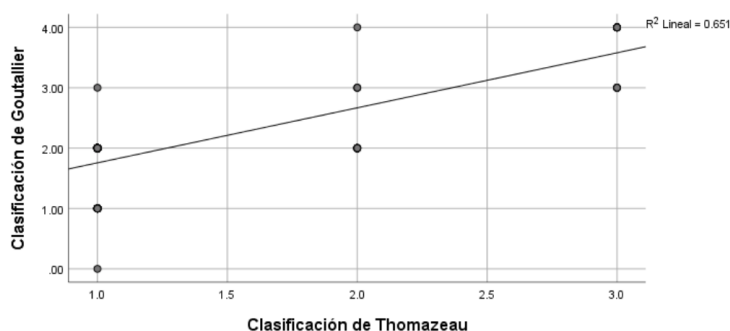


Figura 2. Scatterplot. Regresión lineal de las clasificaciones que demuestra asociación positiva.

Al comparar a los pacientes con signo de la tangente positivo frente a los negativos, se observó una diferencia estadísticamente significativa en la clasificación de Goutallier (RP=106.87 vs. 56.46, U=3388.00, $p<0.001$) y en la clasificación de Thomazeau (RP=100.79 vs. 58.80, U=3151.00, $p<0.001$). Estos hallazgos indican que la presencia de un signo de la tangente positivo se asocia con mayor infiltración grasa y atrofia, reflejando un compromiso anatómico más severo.

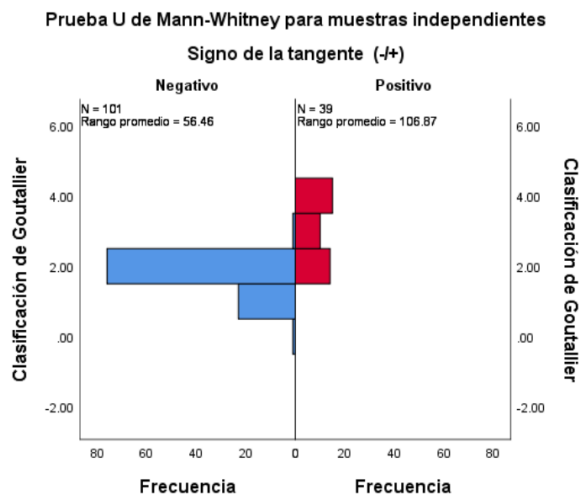


Figura 3. Pirámide de frecuencias de rangos.

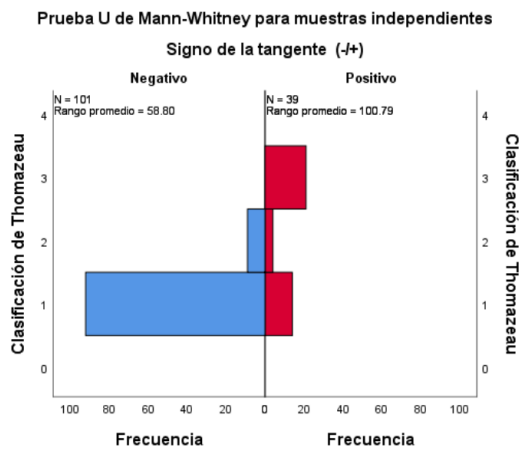


Figura 4. Pirámide de frecuencias de rangos

El modelo de regresión logística ordinal identificó la edad como un predictor independiente y significativo de una clasificación más alta de Goutallier ($p=0.001$). Las demás variables, peso, talla e IMC, no mostraron influencia significativa sobre la infiltración grasa. Este resultado sugiere que el proceso degenerativo muscular se ve favorecido por el envejecimiento, lo que posiciona

a la edad como un determinante relevante en la progresión de cambios estructurales dentro del manguito rotador.

Tabla 5. Estimaciones de parámetro. Regresión logística ordinal.

		Estimación	Desv. Error	Wald	gl	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
							Límite inferior	Límite superior
Umbral	[Clasif.Goutallier = .00]	-33.505	22.554	2.207	1	.137	-77.709	10.699
	[Clasif.Goutallier = 1.00]	-29.260	22.532	1.686	1	.194	-73.422	14.902
	[Clasif.Goutallier = 2.00]	-22.504	22.425	1.007	1	.316	-66.457	21.449
	[Clasif.Goutallier = 3.00]	-21.161	22.412	.891	1	.345	-65.088	22.767
Ubicación	Edad	.097	.020	23.224	1	.001	.058	.137
	Peso	.164	.158	1.068	1	.301	-.147	.474
	Talla	-15.463	13.522	1.308	1	.253	-41.966	11.039
	IMC	-.543	.435	1.560	1	.212	-1.395	.309
	[Signodelatangente=Negativo]	-4.997	1.069	21.843	1	.000	-7.092	-2.901
	[Signodelatangente=Positivo]	0 ^a	.	.	0	.	.	.

Función de enlace: Logit.

a. Este parámetro está establecido en cero porque es redundante.

En conjunto, los resultados del presente análisis estadístico evidencian una relación directa y significativa entre la infiltración grasa, la atrofia muscular y la edad. La correlación positiva entre las clasificaciones de Goutallier y Thomazeau, así como la asociación con el signo de la tangente, refuerzan la hipótesis de que la degeneración muscular del supraespinoso sigue un patrón predecible de deterioro estructural. Estos hallazgos poseen relevancia clínica y quirúrgica, al permitir una mejor estimación del pronóstico funcional y la viabilidad reparadora del tendón.

VIII. DISCUSIÓN

El presente estudio demostró una asociación significativa entre la infiltración grasa del músculo supraespinoso y la atrofia muscular, determinada por las clasificaciones de Goutallier y Thomazeau, respectivamente. La correlación positiva observada ($p = 0.721$, $p < 0.001$) y las diferencias significativas entre los estadios de atrofia según el grado de infiltración grasa confirman que ambas alteraciones representan fenómenos degenerativos interdependientes dentro del proceso de desgarro crónico del manguito rotador. Estos hallazgos coinciden con lo descrito por Melis et al., quienes reportaron una progresión temporal paralela entre la pérdida de volumen muscular y la sustitución grasa en lesiones no tratadas del supraespinoso ¹⁴.

Comentado [18]: ¿Esto cómo se interpreta?

Asimismo, la presencia de un signo de la tangente positivo se asoció con valores más altos de Goutallier y Thomazeau ($p < 0.001$), reforzando su utilidad como indicador indirecto de atrofia avanzada y deterioro estructural del vientre muscular. Estos resultados respaldan la observación de Zanetti et al., quienes propusieron este signo como un marcador confiable para predecir resultados funcionales desfavorables tras la reparación quirúrgica del manguito ¹².

La edad fue identificada como un factor predictivo independiente de mayor infiltración grasa ($p = 0.001$), lo cual concuerda con estudios previos que describen una tendencia al incremento de la degeneración grasa y la atrofia con el envejecimiento ^{8, 14, 18}. En cambio, variables como el peso, talla e IMC no mostraron influencia significativa, sugiriendo que los cambios musculares son más dependientes de la cronicidad del daño estructural que de parámetros antropométricos generales.

En este sentido, nuestros resultados coinciden con lo reportado por Martin y Serrano en una cohorte mexicana, quienes también observaron una correlación positiva entre la infiltración grasa, el índice de Thomazeau y la distancia acromio-humeral ¹⁸. Esto sugiere que los patrones de degeneración muscular en la

población mexicana siguen un comportamiento similar al descrito internacionalmente, aunque factores genéticos o metabólicos podrían modular su severidad.

Desde el punto de vista clínico, la coexistencia de atrofia e infiltración grasa tiene importantes implicaciones pronósticas y terapéuticas. Se ha demostrado que ambas reducen la capacidad contráctil, limitan el potencial de cicatrización y aumentan el riesgo de rerotura tras la reparación quirúrgica^{9-11, 15-17}. Por ello, la evaluación preoperatoria detallada mediante RM o TC debe considerarse esencial no solo para la planificación quirúrgica, sino también para orientar las expectativas funcionales y seleccionar estrategias de rehabilitación personalizadas¹⁵⁻¹⁷.

El hallazgo de una concordancia interobservador muy buena ($\kappa = 0.88$) respalda la fiabilidad de las mediciones realizadas por observadores con distinta formación —un residente de Ortopedia y Traumatología y un residente de Radiología e Imagen—, validando la aplicabilidad clínica de las clasificaciones de Goutallier y Thomazeau en entornos hospitalarios multidisciplinares. Este resultado es congruente con la reproducibilidad reportada previamente por Somerson et al., quienes destacaron la consistencia interobservador de estas escalas en la práctica clínica habitual¹¹.

7.1 Limitantes del estudio

Este estudio presenta algunas limitaciones inherentes a su diseño transversal y observacional, lo que impide establecer relaciones causales o analizar la progresión temporal de la degeneración muscular. Aunque el tamaño de muestra ($n = 140$) permitió detectar asociaciones estadísticamente significativas, no se incluyeron variables metabólicas o de estilo de vida (p. ej., tabaquismo, diabetes mellitus tipo 2, nivel de actividad física) que podrían influir en la composición muscular.

Adicionalmente, las mediciones radiológicas se basaron en clasificaciones ordinales visuales, que, si bien son ampliamente aceptadas, pueden subestimar pequeñas variaciones en el porcentaje de grasa o volumen muscular. El uso de técnicas cuantitativas avanzadas (como resonancia magnética con secuencias Dixon o análisis automatizado por inteligencia artificial) podría proporcionar una evaluación más precisa en estudios futuros.

Finalmente, al ser un estudio unicéntrico realizado en un hospital de referencia del noreste de México, los resultados deben interpretarse con precaución al extrapolarlos a otras poblaciones, aunque representan un aporte original y clínicamente relevante sobre el patrón de degeneración muscular en pacientes mexicanos con desgarros del manguito rotador.

IX. CONCLUSIONES

La infiltración grasa y la atrofia del músculo supraespinoso constituyen fenómenos degenerativos estrechamente relacionados en los desgarros del manguito rotador. En este estudio, se demostró una asociación positiva y significativa entre las clasificaciones de Goutallier y Thomazeau, confirmando que el incremento en la infiltración grasa se acompaña de una pérdida progresiva del volumen muscular.

La edad emergió como un factor predictor independiente de mayor infiltración grasa, mientras que otras variables antropométricas como el peso, la talla y el IMC no mostraron influencia significativa. Estos hallazgos sugieren que el proceso degenerativo del supraespinoso está determinado principalmente por factores estructurales y temporales más que metabólicos.

La presencia de un signo del tangente positivo se asoció con mayor grado de degeneración muscular, reforzando su valor como marcador radiológico de mal pronóstico funcional.

Estos resultados aportan evidencia en población mexicana que respalda la integración sistemática de la evaluación morfológica del manguito rotador en la planeación quirúrgica y en la predicción del pronóstico funcional. Futuros estudios longitudinales con análisis cuantitativos de imagen permitirán esclarecer la progresión temporal de estos cambios y su impacto en los resultados clínicos a largo plazo.

X. BIBLIOGRAFÍA

Comentado [19]: Revisa que la lista de referencias esté completa, tienes 21 citadas y aquí sólo hay 18.

1. **Clark JM, Harryman DT 2nd.** Tendons, ligaments, and capsule of the rotator cuff. Gross and microscopic anatomy. *J Bone Joint Surg Am.* 1992;74(5):713–25. PMID: 1624486.
2. **Schenkman M, Rugo de Cartaya V.** Kinesiology of the shoulder complex. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1987;8(9):438–50. doi:10.2519/jospt.1987.8.9.438. PMID: 18797034.
3. **Harryman DT 2nd, Sidles JA, Clark JM, McQuade KJ, Gibb TD, Matsen FA 3rd.** Translation of the humeral head on the glenoid with passive glenohumeral motion. *J Bone Joint Surg Am.* 1990;72(9):1334–43. PMID: 2229109.
4. **Beaudreuil J.** Patología degenerativa del manguito de los rotadores. *Rev Rhum.* 2017;84(6):430–8. doi:10.1016/S1286-935X(17)88369-6.
5. **Ogata S, Uhthoff HK.** Acromial enthesopathy and rotator cuff tear: a radiologic and histologic postmortem investigation of the coracoacromial arch. *Clin Orthop Relat Res.* 1990;(254):39–48. PMID: 2323148.
6. **Ozaki J, Fujimoto S, Nakagawa Y, Masuhara K, Tamai S.** Tears of the rotator cuff of the shoulder associated with pathological changes in the acromion: a study in cadavera. *J Bone Joint Surg Am.* 1988;70(8):1224–30. PMID: 3417708.
7. **Huang CY, Wang VM, Pawluk RJ, Bucchieri JS, Levine WN, Bigliani LU, et al.** Inhomogeneous mechanical behavior of the human supraspinatus tendon under uniaxial loading. *J Orthop Res.* 2005;23(4):924–30. doi:10.1016/j.orthres.2004.02.016. PMID: 16023009.
8. **Gerber C, Meyer DC, Frey E, von Rechenberg B, Hoppeler H, Frigg R, et al.** Neer Award 2007: Reversion of structural muscle changes caused by chronic rotator cuff tears using continuous musculotendinous traction—an experimental study in sheep. *J Shoulder Elbow Surg.* 2009;18(2):163–71. doi:10.1016/j.jse.2008.09.003. PMID: 19095462.

9. **Goutallier D, Postel JM, Bernageau J, Lavau L, Voisin MC.** Fatty muscle degeneration in cuff ruptures: pre- and postoperative evaluation by CT scan. *Clin Orthop Relat Res.* 1994;(304):78–83. PMID: 8020238.
10. **Goutallier D, Bernageau J, Patte D.** Assessment of the trophicity of the muscles of the ruptured rotator cuff by CT scan. In: Post M, Morrey BF, Hawkins RJ, editors. *Surgery of the Shoulder.* St. Louis (MO): Mosby; 1990. p. 11–13.
11. **Somerson JS, Hsu JE, Gorbaty JD, Gee AO.** Classifications in Brief: Goutallier Classification of Fatty Infiltration of the Rotator Cuff Musculature. *Clin Orthop Relat Res.* 2016;474(5):1328–32. doi:10.1007/s11999-015-4630-1. PMID: 26584800; PMCID: PMC4814439.
12. **Zanetti M, Gerber C, Hodler J.** Quantitative assessment of the muscles of the rotator cuff with magnetic resonance imaging. *Invest Radiol.* 1998;33(3):163–70. doi:10.1097/00004424-199803000-00006. PMID: 9525755.
13. **Thomazeau H, Rolland Y, Lucas C, Duval JM, Langlais F.** Atrophy of the supraspinatus belly: assessment by MRI in 55 patients with rotator cuff pathology. *Acta Orthop Scand.* 1996;67(3):264–8. doi:10.3109/17453679608994684. PMID: 8686468.
14. **Melis B, DeFranco MJ, Chuinard C, Walch G.** Natural history of fatty infiltration and atrophy of the supraspinatus muscle in rotator cuff tears. *Clin Orthop Relat Res.* 2010;468(6):1498–505. doi:10.1007/s11999-009-1207-x. PMID: 20094853; PMCID: PMC2865597.
15. **Favard L, Bacle G, Berhouet J.** Rotator cuff repair. *Joint Bone Spine.* 2007;74(6):551–7. doi:10.1016/j.jbspin.2007.08.003. PMID: 17993287.
16. **Kwon J, Kim SH, Lee YH, Kim TI, Oh JH.** The Rotator Cuff Healing Index: A new scoring system to predict rotator cuff healing after surgical repair. *Am J Sports Med.* 2019;47(1):173–80. doi:10.1177/0363546518810763. PMID: 30485753.
17. **van der Meijden OA, Westgard P, Chandler Z, Gaskill TR, Kokmeyer D, Millett PJ.** Rehabilitation after arthroscopic rotator cuff repair: current

- concepts review and evidence-based guidelines. *Int J Sports Phys Ther.* 2012;7(2):197–218. PMID: 22530194; PMCID: PMC3325631.
18. **Martin BJ, Serrano AM.** Relación entre la infiltración grasa, el tamaño de rotura, el índice de Thomazeau y la distancia acromio-humeral en pacientes con rotura del manguito de los rotadores. *An Med Hosp ABC.* 2019;64(2):87–92.
19. **Peña-Martínez V, Meza-Camacho J, Tamez-Mata Y, Simental-Mendía M, Villarreal-Villarreal G, Salinas-Garza R, Acosta-Olivo C.** Proximal humeral fractures: association between displacement and fatty degeneration of the supraspinatus muscle. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2024 Jul 15. doi: 10.1007/s00402-024-05458-4. Epub ahead of print. PMID: 39008080.
20. **Landis, J. R., & Koch, G. G. (1977).** The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics*, 33(1), 159–174. <https://doi.org/10.2307/2529310>

XIII. RESUMEN AUTOBIOGRÁFICO

Candidato(a) para el grado de:

Especialista en Ortopedia y Traumatología

Tesis

Relación entre la infiltración grasa y la atrofia del músculo supraespinoso en los desgarros del manguito rotador en la población mexicana

Campo de estudio:

Ciencias de la Salud

Biografía:

Personal: Nacido el 10 de febrero de 1997, en Nuevo León, Hijo de Nestor Martínez Pérez y Sofía Alejandra Sepulveda Cantú.

Educación: Egresado de la Facultad de Medicina de la Universidad Autónoma de Nuevo León con grado de Médico Cirujano y Partero en 2021.