

Exactitud diagnóstica de la puntuación Vertebral Bone Quality (VBQ) en la diferenciación de fracturas patológicas

Diagnostic accuracy of the Vertebral Bone Quality (VBQ) score in differentiating pathologic vertebral fractures

Camila Zunino*, M. Elena Rudolf-Irurzun, Aixa Gentile, Martín Aguilar

Departamento de Diagnóstico por Imágenes, Clínica FLENI, Buenos Aires, Argentina

Resumen

Introducción: El diagnóstico de las fracturas vertebrales puede ser desafiante cuando los hallazgos clínicos y radiológicos son inconcluyentes. La puntuación de Calidad Ósea Vertebral (VBQ, Vertebral Bone Quality), derivada de la intensidad de señal de la médula ósea en secuencias de resonancia magnética (RM) ponderadas en T1, ha sido propuesta como una herramienta objetiva para la evaluación de la calidad ósea y la diferenciación entre fracturas de origen osteoporótico y tumoral. **Objetivo:** Evaluar la capacidad de la puntuación VBQ en RM para diferenciar fracturas vertebrales osteoporóticas de fracturas tumorales. Secundariamente, establecer el punto de corte óptimo para identificar fracturas osteoporóticas. **Método:** Estudio retrospectivo, transversal y observacional de exactitud diagnóstica. Se analizaron 49 RM de columna con fractura (2017-2024) en pacientes mayores de 18 años. Se excluyeron imágenes con artefactos, material de artrodesis, traumatismos de alta energía y estudios sin imágenes. Tres radiólogos clasificaron las fracturas como osteoporóticas o tumorales según criterios imagenológicos. La puntuación VBQ se calculó en imágenes T1 como la relación entre la señal de L1-L4 y la del líquido cefalorraquídeo. El estudio fue aprobado por el Comité de Ética institucional. **Resultados:** Se analizaron 32 pacientes adultos (edad promedio: 66,2 años). El VBQ fue significativamente mayor en las fracturas osteoporóticas ($3,76 \pm 0,72$) que en las tumorales ($3,11 \pm 0,99$) ($p = 0,047$), con alta concordancia interobservador (ICC: 0,950). El AUC fue 0,722, con punto de corte óptimo de 3,17 (sensibilidad del 66,7% y especificidad del 87%). **Conclusiones:** La escala VBQ es una herramienta prometedora para asistir en el diagnóstico diferencial de fracturas vertebrales en la práctica clínica.

Palabras clave: Fracturas vertebrales. Fracturas patológicas. Fracturas osteoporóticas. Imágenes por resonancia magnética. Densidad ósea. Puntuación VBQ.

Abstract

Introduction: The diagnosis of vertebral fractures may be challenging when clinical and radiological findings are inconclusive. The Vertebral Bone Quality (VBQ) score, derived from bone marrow signal intensity on T1-weighted magnetic resonance imaging (MRI) sequences, has been proposed as an objective tool for evaluating bone quality and differentiating osteoporotic fractures from fractures of tumoral origin. **Objective:** To assess the ability of the VBQ score on MRI to distinguish osteoporotic from neoplastic vertebral fractures. Secondly, to determine the optimal cut-off value for identifying osteoporotic fractures. **Method:** Retrospective, cross-sectional, observational study of diagnostic accuracy. A total of 49 spine MRI with vertebral fractures (2017–2024) from patients over 18 years old were reviewed. Exclusion criteria included artifacts, spinal instrumentation,

*Correspondencia:

Camila Zunino

E-mail: camilazuninofleni@gmail.com

Fecha de recepción: 14-07-2025

Fecha de aceptación: 28-10-2025

DOI: 10.24875/RAR.25000065

Disponible en internet: 26-08-2026

Rev Argent Radiol. 2026;90(3):123-129

www.revistarar.com

1852-9992 / © 2025 Sociedad Argentina de Radiología (SAR) y Federación Argentina de Asociaciones de Radiología, Diagnóstico por Imágenes y Terapia Radiante (FAARDIT). Publicado por Permanyer. Este es un artículo open access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

high-energy trauma, or incomplete studies. Three radiologists classified fractures as osteoporotic or neoplastic based on imaging criteria. VBQ was calculated on T1-weighted images as the ratio of signal intensity from L1–L4 to that of cerebrospinal fluid. Study approved by the institutional ethics board. **Results:** Thirty-two adult patients were analyzed (mean age: 66.2 years). VBQ was significantly higher in osteoporotic fractures (3.76 ± 0.72) compared to neoplastic ones (3.11 ± 0.99) ($p = 0.047$), with high interobserver agreement (ICC: 0.950). The AUC was 0.722, with an optimal cut-off of 3.17 (sensitivity 66.7% and specificity 87%). **Conclusions:** The VBQ score is a promising tool to support the differential diagnosis of vertebral fractures in clinical practice.

Keywords: Spinal fractures. Pathological fractures. Osteoporotic fractures. Magnetic resonance imaging. Bone density. VBQ score.

Introducción

La diferenciación entre fracturas vertebrales de origen osteoporótico y aquellas secundarias a infiltración tumoral continúa representando un desafío diagnóstico relevante en la práctica radiológica, en particular en pacientes añosos, en los que ambas condiciones pueden coexistir o presentar hallazgos por imágenes superpuestos. La correcta clasificación etiológica de estas fracturas es esencial, ya que determina las estrategias terapéuticas, el pronóstico y la planificación multidisciplinaria del abordaje clínico.

Si bien existen criterios imagenológicos establecidos en la literatura para orientar esta diferenciación, como los propuestos por Griffith y Guglielmi¹ o los de Mauch et al.², su aplicación puede no ser concluyente en todos los casos. En este contexto, surge la necesidad de contar con herramientas objetivas y cuantificables que complementen la evaluación por imágenes convencional. La puntuación *Vertebral Bone Quality* (VBQ), desarrollada a partir de imágenes sagitales ponderadas en T1 de resonancia magnética (RM), ha demostrado una correlación con la calidad ósea y ha sido validada como factor de riesgo independiente para fracturas por insuficiencia, resultando de utilidad en la planificación de artrodesis lumbar³. Su valor radica en la capacidad de estimar indirectamente el contenido graso de la médula ósea, el cual se incrementa en estados de baja densidad mineral⁴.

Este estudio propone evaluar la utilidad de la puntuación VBQ como herramienta diagnóstica no invasiva para distinguir fracturas osteoporóticas de fracturas por infiltración neoplásica en pacientes con fracturas vertebrales patológicas, sumando criterios cuantitativos al análisis cualitativo de estas fracturas por RM⁵. De confirmarse su valor discriminativo, podría convertirse en un marcador complementario a los hallazgos radiológicos clásicos, aportando precisión diagnóstica, mejorando la toma de decisiones clínicas y optimizando el manejo de estos pacientes.

Método

La selección de pacientes fue no probabilística por conveniencia, se basó en una búsqueda retrospectiva en la base clínica institucional (SIDCA), con el fin de identificar estudios de RM realizados entre enero de 2017 y septiembre de 2024. De una base de datos de 922 pacientes preseleccionados con diagnóstico de fractura y estudio por RM se seleccionaron 49 de ambos sexos, mayores de 18 años, con diagnóstico de fractura vertebral evidenciada por RM y que presentaban diagnóstico definitivo por anatomía patológica. De estos, 17 pacientes fueron eliminados del análisis por falta de imágenes, presencia de material de artrodesis lumbar, antecedente de traumatismo de alta energía o presencia de artefacto cinético u otro que imposibilitara la toma de medidas para la VBQ. La unidad de análisis fue el paciente. En aquellos casos con compromiso vertebral múltiple, se utilizó para la categorización diagnóstica la fractura considerada predominante según criterios clínico-radiológicos y la correspondiente RM índice.

Para la interpretación de los resultados se tuvieron en cuenta la edad y el sexo.

El análisis de las imágenes lo realizaron dos residentes de diagnóstico por imágenes (primer y segundo año) y un médico radiólogo con más de 10 años de experiencia, quienes fueron responsables de revisar las RM y calcular las puntuaciones VBQ.

Una vez seleccionados los pacientes, cada uno de los investigadores clasificó de forma independiente, de acuerdo con los parámetros morfológicos conocidos, las fracturas de los estudios seleccionados creando dos categorías: fracturas tumorales y fracturas osteoporóticas. Cada investigador clasificó los estudios de forma independiente, sin conocimiento de la valoración de los otros observadores durante la lectura inicial. Posteriormente, los casos discrepantes fueron revisados en conjunto para establecer una clasificación por consenso. Para esto, se tomaron como referencia los criterios imagenológicos establecidos en la literatura²:

- Señal de los elementos vertebrales posteriores, observando alteraciones en la intensidad de la señal que pudiesen sugerir la afectación de estructuras adyacentes, como la médula ósea o los tejidos periféricos.
- Presencia de masas paravertebrales o epidurales, por lo general sugestivas de lesión tumoral o metástasis, diferenciándose de las fracturas osteoporóticas, en las que no suelen presentarse.
- Evaluación del muro posterior, que en caso de verse fracturado podría sugerir una fractura compleja o una fractura de origen traumático.
- Retropulsión de las fracturas, que es más frecuente en las fracturas osteoporóticas que en las tumorales.
- Preservación parcial de la señal grasa en T1 por fuera de la fractura, indicación importante de que el hueso conserva su estructura normal y no presenta alteraciones malignas, ya que las fracturas tumorales suelen asociarse con la pérdida de esta señal.
- Márgenes de la fractura, ya que los bien definidos suelen estar asociados con fracturas osteoporóticas, mientras que los irregulares o borrosos podrían sugerir una etiología tumoral.
- Banda hipointensa en T1/T2, típica de fracturas osteoporóticas, que indica colapso trabecular y fibrosis; su ausencia sugiere un posible origen tumoral.

Una vez hecha esta clasificación inicial, se procedió a calcular la puntuación VBQ (Fig. 1)⁶. Esta se obtiene mediante imágenes sagitales de RM ponderadas en T1, sin contraste, de la columna lumbar. En primer lugar, se seleccionaron las regiones de interés (ROI, *region of interest*) en los cuerpos vertebrales L1 a L4, siendo estos del mismo tamaño y evitando las estructuras que puedan alterar la señal, como la cortical, fracturas, hemangiomas, etc. La intensidad de señal (IS) de cada una de estas vértebras se mide de forma individual, obteniendo un promedio por cada área seleccionada. El promedio de la IS de los cuerpos vertebrales se divide por una ROI localizada en el líquido cefalorraquídeo (LCR), que no debe contactar con la médula espinal ni las raíces, dando como resultado la puntuación VBQ:

$$VBQ = \frac{\text{Promedio de la IS media de las ROI L1-4}}{\text{IS media de la ROI de LCR}}$$

Para el cálculo se utilizaron imágenes obtenidas en resonadores de diferentes intensidades de campo (1,5 y 3 T). No se realizó ajuste ni estratificación en función de esta variable, por lo que las mediciones de VBQ se analizaron en conjunto independientemente del resonador utilizado.

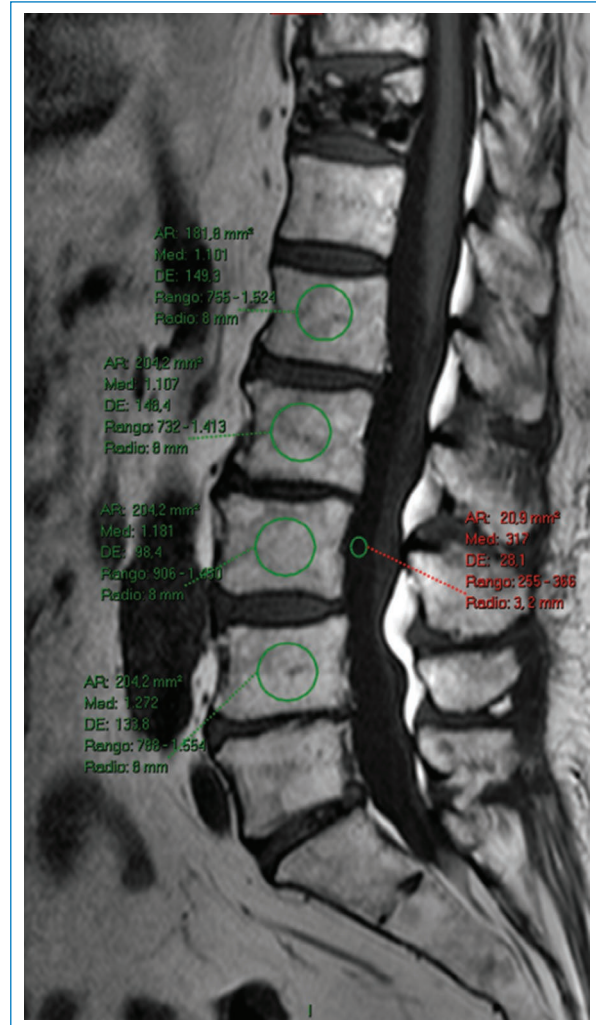


Figura 1. Fractura del cuerpo vertebral D11. Referencia de la toma de medidas para determinar la puntuación VBQ: ROI de 8 mm en los cuerpos vertebrales del segmento L1-L4 y de 3 mm en LCR a nivel de L3.

Luego se compararon los datos preliminares obtenidos de los investigadores para evaluar la discrepancia entre los resultados. Se analizaron en conjunto todos los pacientes, consensuando aquellos con discrepancias para que pudieran ser categorizados como fractura patológica u osteoporótica.

Los datos se plasmaron en hojas de cálculo de Google Drive y se analizaron utilizando el *software* estadístico Jamovi. La distribución de normalidad de las variables continuas se evaluó mediante el test de Shapiro-Wilk. Las variables con distribución normal se expresaron como media y desviación estándar (DE), y se compararon utilizando la prueba t de Student para muestras independientes. En caso de no normalidad, se utilizó la prueba no paramétrica de Mann-Whitney.

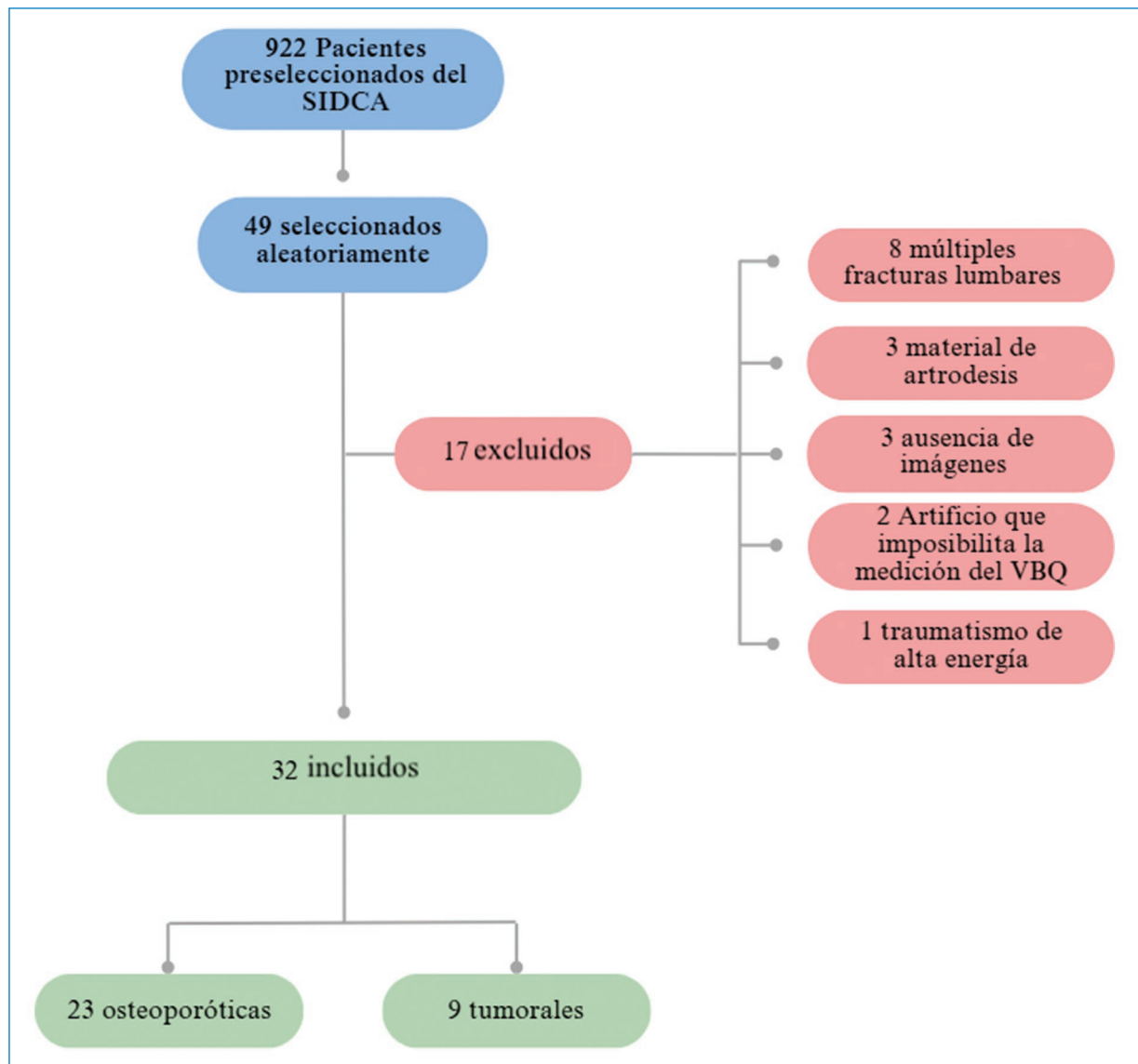


Figura 2. Diagrama de flujo de los pacientes analizados.

La concordancia interobservador para obtener la puntuación VBQ se evaluó mediante el coeficiente de correlación intraclase (ICC), empleando un modelo de efectos mixtos de tipo *absolute-agreement*.

Para explorar la capacidad discriminativa del VBQ en la diferenciación entre fracturas osteoporóticas y tumorales se realizó un análisis de curvas ROC (*Receiver Operating Characteristic*). Se calculó el área bajo la curva (AUC) junto con el intervalo de confianza del 95% (IC 95%), y se determinó el punto de corte óptimo mediante el índice de Youden, reportando la sensibilidad y la especificidad correspondientes.

Se construyó un modelo de regresión logística binaria para evaluar la asociación entre la puntuación VBQ

y el tipo de fractura (osteoporótica o tumoral), ajustando por variables clínicas relevantes. Se reportaron las *odds ratio* (OR) con sus respectivos IC 95% y valores de p. Se consideró estadísticamente significativo un valor de $p < 0,05$.

Resultados

Se evaluaron 32 pacientes, de los cuales 23 presentaron fracturas osteoporóticas (grupo 0) y 9 fracturas tumorales (grupo 1) (Fig. 2). La edad media fue de 66,2 años (DE: 18,4), con un rango de 19 a 96 años y una mediana de 72 años (Fig. 3). En cuanto al sexo, 12 pacientes (37,5%) eran hombres y 20 (62,5%) eran mujeres.

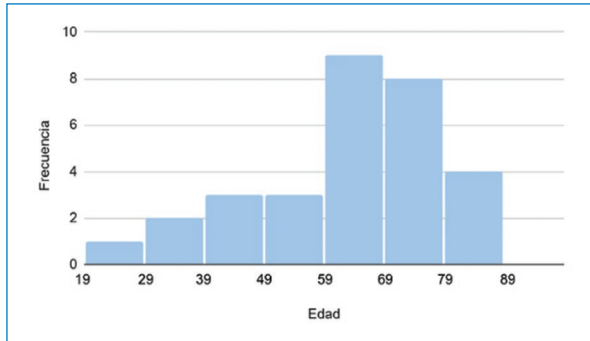


Figura 3. Distribución de la muestra por edad. Se observa una mayor concentración de pacientes entre 65 y 85 años, con casos aislados en los extremos etarios.

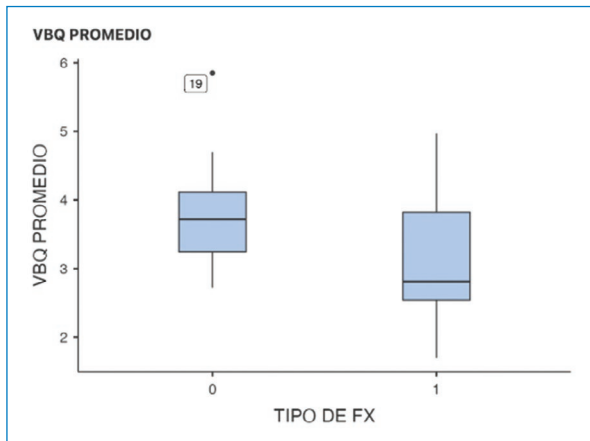


Figura 4. Distribución de las puntuaciones VBQ promedio en fracturas osteoporóticas (grupo 0) y tumorales (grupo 1). Los valores de VBQ son más altos en las fracturas osteoporóticas (media: 3,76) que en las tumorales (media: 3,11), dando como resultado una diferencia estadísticamente significativa ($p = 0,047$).

El valor de VBQ promedio fue significativamente mayor en las fracturas osteoporóticas ($3,76 \pm 0,72$) que en las tumorales ($3,11 \pm 0,99$) (Tabla 1), con una diferencia estadísticamente significativa ($p = 0,047$) y un tamaño del efecto grande (d de Cohen: 0,816) (Tabla 2 y Fig. 4).

El análisis de la curva ROC arrojó un AUC de 0,722 (IC 95%: 0,463-0,981), indicando una capacidad diagnóstica aceptable. El punto de corte óptimo fue de 3,17, con una sensibilidad del 66,7% (IC 95% $\approx$ 44,9% a 84,0%) y una especificidad del 87% (IC 95% $\approx$ 51,8% a 99,7%) (Fig. 5).

La regresión logística binaria mostró una tendencia estadísticamente no significativa, pero clínicamente

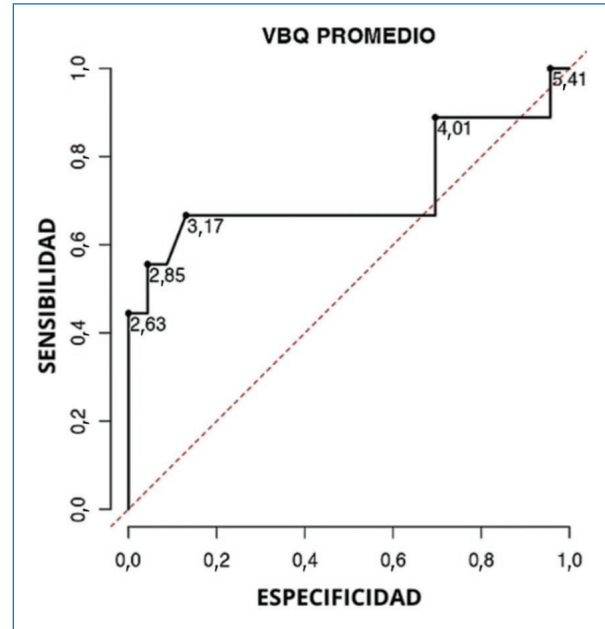


Figura 5. Curva ROC para evaluar la capacidad de la puntuación VBQ en la diferenciación entre fracturas vertebrales osteoporóticas y tumorales. El AUC fue de 0,722 (IC 95%: 0,463-0,981), indicando una capacidad diagnóstica aceptable. El punto de corte óptimo identificado fue 3,17, con una sensibilidad del 66,7% y una especificidad del 87%.

Tabla 1. Estadísticas descriptivas según la puntuación VBQ promedio por grupo

Predictor	Grupo*	n	Media	Mediana	DE	EE
VBQ promedio	0	23	3,76	3,72	0,718	0,150
	1	9	3,11	2,81	0,991	0,330

*El grupo 0 corresponde a fracturas osteoporóticas ($n = 23$) y el grupo 1 a fracturas tumorales ($n = 9$).

DE: desviación estándar; EE: error estándar.

relevante, entre la puntuación VBQ y la presencia de fractura tumoral (OR: 0,30; IC 95%: 0,085-1,06) (Tabla 3).

En el análisis de regresión logística se observó una tendencia a la asociación entre VBQ y fracturas tumorales (OR: 0,30) (Tabla 3).

Discusión

Los pacientes seleccionados tenían una edad media de 66,2 años (DE: 18,4), con un rango de 19 a 96 años (Fig. 3). Si bien en los datos obtenidos se observa la presencia de fractura osteoporótica

Tabla 2. Resultados de la prueba t para muestras independientes de la puntuación VBQ promedio

Predictor							IC 95%		Tamaño del efecto
							Inferior	Superior	d de Cohen
VBQ promedio	t de Student	2,08	30,0	0,047	0,653	0,314	0,0106	1,29	0,816

Se observa una diferencia de medias de 0,653, la cual es estadísticamente significativa ($p = 0,047$), con un tamaño del efecto grande (d de Cohen: 0,816). El IC 95% para la diferencia de medias no incluye el cero (0,0106-1,29).

EE: error estándar; IC 95%: intervalo de confianza del 95%.

Tabla 3. Coeficientes del modelo de regresión logística binomial para la predicción del tipo de fractura

Predictor	Estimador	EE	Z	P	OR	IC 95%	
						Inferior	Superior
Constante	3,17	2,167	1,46	0,143	23,866	0,3411	1669,98
VBQ promedio	-1,20	0,645	-1,87	0,062	0,300	0,0849	1,06

Log de odds de tipo de fx = 1 vs. tipo de fx = 0

La OR de 0,300 para VBQ promedio indica que, por cada unidad de aumento en la puntuación VBQ, las probabilidades de una fractura tumoral se reducen en un 70%. Se observa una tendencia a la significancia estadística ($p = 0,062$).

EE: error estándar; IC 95%: intervalo de confianza del 95%; OR: odds ratio.

predominantemente en pacientes mayores, su hallazgo en pacientes jóvenes sugiere una disminución de la calidad ósea secundaria a un tratamiento o condición de base.

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos, el índice VBQ es considerado como un parámetro fácil de realizar y replicable entre los profesionales radiólogos para ser aplicado en la evaluación sistemática de estudios de RM de columna lumbar. Se destaca su utilidad en la diferenciación entre ambos tipos de fracturas, asociando un mayor valor promedio de VBQ con fractura osteoporótica y menor probabilidad de fractura de origen tumoral. Igualmente, se posiciona como un prometedor método de cribado oportunista en la valoración de la calidad ósea de pacientes estudiados por otros motivos.

Si bien la regresión logística no alcanzó significancia estadística, el sentido de la asociación es clínicamente relevante y concordante con la literatura. Esta limitación puede deberse al tamaño reducido de la muestra y al bajo número de fracturas tumorales incluidas, dando como resultado una menor potencia estadística. Además, los amplios intervalos de confianza reflejan la incertidumbre derivada del tamaño muestral reducido, por lo que serán necesarios futuros estudios con mayor población para confirmar este hallazgo.

Otras limitaciones que encontramos en esta investigación fue la falta de clasificación en fracturas de evolución aguda o de evolución crónica, y la ausencia de densitometría ósea en todos los pacientes analizados para tener mejor sustento en el diagnóstico final. Tampoco se tuvo en cuenta la intensidad del campo del resonador, lo que podría generar cierta variabilidad en los valores de VBQ. Sin embargo, los estudios previos han demostrado que el método mantiene su utilidad clínica independientemente del tipo de resonador, siempre que se utilicen las secuencias adecuadas⁶.

Conclusiones

La escala VBQ se muestra como una herramienta de cuantificación prometedora para asistir en el diagnóstico diferencial de fracturas vertebrales en la práctica clínica, dada su fácil replicabilidad entre operadores. A su vez, se considera útil como predictor de calidad ósea, y podría considerarse como método de cribado oportunista en el futuro.

Agradecimientos

Los autores agradecen a FLENI por brindar el entorno de trabajo y el acceso a la información necesaria para la realización de este estudio. Asimismo, agradecen a

los mentores y colegas por su guía y formación a lo largo del proceso académico.

Financiamiento

Los autores declaran no haber recibido financiamiento para este estudio.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

Consideraciones éticas

Protección de personas y animales. Los autores declaran que para esta investigación no se han realizado experimentos en seres humanos ni en animales.

Confidencialidad, consentimiento informado y aprobación ética. Los autores han obtenido la aprobación del Comité de Ética para el análisis de datos clínicos obtenidos de forma rutinaria y anonimizados. Debido a la naturaleza del estudio, no fue necesario el

consentimiento informado individual. Se han seguido las recomendaciones éticas pertinentes.

Declaración sobre el uso de inteligencia artificial.

Los autores declaran que no se utilizó ningún tipo de inteligencia artificial generativa para la redacción ni la creación de contenido de este manuscrito.

Referencias

1. Griffith JF, Guglielmi G. Vertebral fracture. *Radiol Clin North Am.* 2010;48:519-29.
2. Mauch JT, Carr CM, Cloft H, Diehn FE. Review of the imaging features of benign osteoporotic and malignant vertebral compression fractures. *AJNR Am J Neuroradiol.* 2018;39:1584-92.
3. Wang S, Liu L, Liu H, Zhang X, Liao H, He P, et al. Comprehensive diagnostic value of vertebral bone quality scores and paravertebral muscle quality parameters in osteoporotic vertebral fractures. *World Neurosurg.* 2024;191:e473-9.
4. Ehresman JS, Schilling AL, Pennington Z, Gui C, Chen X, Lubelski D, et al. A novel MRI-based score assessing trabecular bone quality to predict vertebral compression fractures in patients with spinal metastasis. *J Neurosurg Spine.* 2019;32:499-506.
5. Yin H, Lin W, Xie F, He C, Chen T, Zheng G, et al. MRI-based vertebral bone quality score for osteoporosis screening based on different osteoporotic diagnostic criteria using DXA and QCT. *Calcif Tissue Int.* 2023;113:383-92.
6. Liu XG, Chen X, Chen B, Liang PJ, Liu HH, Fu M. Vertebral bone quality differences in magnetic resonance imaging parameters. *J Orthop Surg Res.* 2023;18:772.