

Asociación entre la atenuación ósea en tomografía de tórax y la morbilidad en pacientes con EPOC exacerbado: un análisis secundario de una cohorte prospectiva

Association between bone attenuation on chest tomography and morbidity in patients with exacerbated COPD: a secondary analysis of a prospective cohort

Brayan Muñoz-Caicedo[1]
Santiago Gómez Salazar[2]
Brian Daniel Noreña[3]
Johana Ascuntar[4]
Fabián Jaimes Barragán[5]
https://doi.org/10.53903/01212095.324

Palabras clave (DeCS)

Resorción ósea
Tomografía computarizada
Enfermedad pulmonar obstructiva crónica
Ventilación mecánica

Key words (MeSH)

Bone resorption
Tomography, X-Ray computed
Pulmonary disease, chronic obstructive
Respiration, artificial

Resumen

Introducción: La atenuación ósea vertebral medida en tomografías computarizadas de alta resolución (TACAR) se ha propuesto como un posible marcador de riesgo, pero su utilidad en el contexto clínico de EPOC exacerbado (EPOC-E) aún no se ha establecido claramente. ***Objetivos:*** Este estudio estima la asociación entre la atenuación ósea vertebral medida en TACAR de tórax y los desenlaces de ingreso a Unidades de Cuidados Intensivos o Especiales (UCI/UCE), estancia hospitalaria y requerimiento de ventilación mecánica en pacientes hospitalizados con EPOC-E. ***Métodos:*** Se hizo un análisis secundario de los datos de la cohorte prospectiva de adultos atendidos en los servicios de urgencias de tres hospitales de referencia en Medellín, Colombia. La atenuación ósea vertebral se midió por ROI simple y volumétrico semiautomático en los cuerpos vertebrales T4, T7, T10 y L1 utilizando el *software* Horos v4.0.0 RC5 para Mac. La asociación entre las mediciones radiológicas y los resultados se determinó mediante regresión logística multivariada y modelos de Cox. ***Resultados:*** Se incluyeron 323 pacientes. La atenuación ósea volumétrica no mostró asociación significativa con el ingreso a UCI/UCE, estancia hospitalaria o la necesidad de ventilación mecánica, en el análisis multivariado. El coeficiente de correlación para los métodos de medición con ROI volumétrico y simple fue de 0,98 y de acuerdo con el diagrama de Bland y Altman, una medida de diferencia promedio de 0,78. ***Conclusión:*** La atenuación ósea vertebral no tuvo asociaciones significativas con ingreso a UCI/UCE, la necesidad de ventilación mecánica o el tiempo de estancia hospitalaria en un episodio de EPOC-E.

Summary

Introduction: COPD (Chronic Obstructive Pulmonary Disease) is a chronic respiratory disease that affects millions of people worldwide. Low bone mineral density (LBMD) is common in patients with COPD, related to systemic inflammation, and which can negatively affect respiratory function. Vertebral bone attenuation measured on high-resolution computed tomography (HRCT) scans has been proposed as a potential risk marker, but its usefulness in the clinical setting of exacerbated COPD (E-COPD) has not yet been clearly established. ***Objectives:*** This study estimates the association between vertebral bone attenuation measured in HRCT scans and the outcomes of admission to Intensive Care Units or Special Care Units (ICU/SCU), hospital length-stay and requirement for mechanical ventilation in hospitalized patients with E-COPD. A secondary objective was to determine whether simple region of interest (ROI) measurement is equivalent to volumetric ROI measurement. ***Methods:*** A secondary analysis of the data was performed in the prospective cohort of adults treated in the emergency departments of three reference hospitals in Medellín (Colombia), who consulted for E-COPD and required hospitalization between March 2018 and March 2021. Patients with an HRCT scan within the first 36 hours of admission were included. Vertebral bone attenuation was measured by simple and semi-automatic volumetric ROI in the vertebral bodies T4, T7, T10 and L1 using Horos v4.0.0 RC5 software for Mac. The association between radiological measurements and outcomes was determined by multivariate logistic regression and Cox models. ***Results:*** A total of 323 patients were included. Volumetric bone attenuation did not

[1]Médico especialista en Radiología de la Universidad de Antioquia. Radiólogo Hospital Universitario San Vicente Fundación. Medellín, Colombia.

[2]Médico especialista en Radiología de la Universidad de Antioquia. Radiólogo Hospital General de Medellín. Medellín, Colombia.

[3]Médico especialista en Radiología de la Universidad de Antioquia. *Fellow* de Radiología de Trauma y Urgencias de la Universidad de Antioquia. Radiólogo CEDIMED y Dermasonido. Medellín, Colombia.

[4]Gerente en Sistemas de Información en Salud, GRAEPIC (Grupo Académico de Epidemiología Clínica), Universidad de Antioquia. Medellín, Colombia.

[5]Médico internista, epidemiólogo y doctor en Epidemiología en Enfermedades Infecciosas, GRAEPIC (Grupo Académico de Epidemiología Clínica), Departamento de Medicina Interna, Universidad de Antioquia. Medellín, Colombia.

Departamento de Radiología, Universidad de Antioquia. Medellín, Colombia.

show a significant association with admission to the ICU/SCU, hospital lenght-stay, or the need for mechanical ventilation, in the multivariate analysis. The correlation coefficient for the measurement methods with volumetric and simple ROI was 0.98 and according to the Bland and Altman diagram, an average difference measure of 0.78. ***Conclusion:*** Vertebral bone attenuation had no significant associations with ICU/SCU admission, the need for mechanical ventilation, or length of hospital stay in an episode of E-COPD. The agreement between bone attenuation measurement methods suggests that simple ROI is a fast, useful, and reproducible tool for future research.

Introducción

La EPOC es una patología respiratoria causada por la respuesta amplificada a tóxicos inhalados, particularmente del cigarrillo, y la mayoría de los casos son prevenibles al evitar estos factores de riesgo (1-3). Para el 2020, la enfermedad afectó globalmente 480 millones de personas con una prevalencia del 10,6 % y con cifras netas proyectadas al alza (4-6). En Colombia, la prevalencia es del 8,9 %, variable según la población, y la más alta (13,5 %) se encuentra en Medellín (7). Respecto a la mortalidad, la EPOC representa la tercera causa de muerte (4).

Los pacientes con EPOC cursan con síntomas respiratorios crónicos y obstrucción del flujo aéreo, que no reversa completamente, y es progresivo. Se asocia con una mayor susceptibilidad a infecciones respiratorias, que predisponen a la exacerbación, la cual se define como el empeoramiento de los síntomas respiratorios por lo que se requiere cambio en el manejo habitual (8). Estas exacerbaciones contribuyen al deterioro general de los pacientes y son predictores de pronóstico desfavorable (8,9).

Además de la afectación broncopulmonar, los efectos secundarios a la inflamación sistémica de la enfermedad son un problema reconocido y englobado en el fenotipo MOLT (del inglés MultiOrgan Loss of Tissue), con un efecto de resorción ósea que conlleva a una densidad mineral ósea baja (DMOB) con osteopenia u osteoporosis (10,11). Específicamente, los pacientes con EPOC tienen un Odds Ratio (OR) de 2,99 para osteoporosis, al compararlos con los individuos sin esa enfermedad (12,13).

La DMOB afecta negativamente la función respiratoria, disminuye la capacidad vital, dificulta la expectoración y limita la expansión torácica, entre otros. Esto se acentúa en pacientes con EPOC debido a su reserva pulmonar disminuida, lo que incrementa las hospitalizaciones y la mortalidad a largo plazo; sin embargo, en el escenario agudo no se ha establecido su efecto (2,10,12,14-25). La columna vertebral es un sitio clave para establecer la DMOB. Esta se puede estimar en los estudios tomográficos del tórax mediante los valores de atenuación; sin embargo, su evaluación es frecuentemente subestimada (14,26-33). El objetivo de este estudio fue estimar la asociación entre la atenuación ósea vertebral medida en tomografía axial computarizada (TAC) de tórax de alta resolución y los eventos de ingreso a UCI/UCE, tiempo de estancia hospitalaria y el requerimiento de ventilación mecánica en pacientes hospitalizados por exacerbación de EPOC (EPOC-E) (14,34). Un objetivo secundario fue determinar si la medición de la atenuación con una región de interés simple (ROI simple, por sus siglas en inglés) es equivalente al ROI volumétrico, un aspecto discutido en la literatura (30,35,36).

Metodología

Diseño

Análisis secundario de datos de la cohorte prospectiva descrita en el artículo "Radiological findings in patients with COPD exacerbation as determinants of morbidity and mortality. A cohort study" (37).

Contexto

El estudio reclutó pacientes hospitalizados por exacerbación de EPOC entre marzo de 2018 y marzo de 2021 en tres hospitales universitarios de tercer nivel de Medellín, Colombia. La información clínica fue recopilada del historial de salud por asistentes de investigación mediante un formulario estandarizado. El estudio fue aprobado por el comité de ética de los hospitales participantes; también se obtuvo el consentimiento informado de los pacientes.

Población de estudio

Se incluyeron pacientes hospitalizados con EPOC-E a quienes se les realizó una tomografía axial computarizada de alta resolución (TACAR) dentro de las primeras 36 horas de ingreso hospitalario y que cumplieron los criterios de inclusión.

Criterios de inclusión

Este estudio incluyó pacientes con exacerbación aguda de la EPOC ingresados para hospitalización. La exacerbación de la EPOC se estableció como una combinación de definiciones basadas en síntomas y basadas en eventos. La definición basada en los síntomas se fundamenta en el empeoramiento de los síntomas respiratorios que informa el paciente, incluido el aumento de la tos o la disnea, el aumento del volumen del esputo o la purulencia que están más allá de las variaciones normales del día a día; y la definición basada en eventos incluye pacientes cuyas condiciones han cambiado lo suficiente para requerir un cambio en el tratamiento en la sala de emergencias (38,39).

Criterios de exclusión

Se excluyeron pacientes con enfermedades que pudieran justificar los síntomas (por ejemplo: neumonía, embolia pulmonar), pacientes con antecedentes quirúrgicos de la pared torácica, cáncer de pulmón primario o metastásico, enfermedad fibrosante del pulmón o estudios radiológicos de baja calidad diagnóstica o con cortes gruesos que impidieran la medición de la atenuación volumétrica.

Protocolo de la TACAR de tórax

Las TACAR se adquirieron en decúbito supino realizando exploraciones helicoidales en fases de inspiración y espiración. Se utilizaron tomógrafos de 64 canales (Siemens Definición AS 64, Siemens Biograph mCT Definición AS 64 y General Electric Lightspeed VCT 64 slide CT) y de 16 canales (Siemens Somatom Emotion 16 y General Electric Optima CT 520) con un espesor de corte de 0,625 mm e intervalo de reconstrucción 0,625 mm y un protocolo estándar (120 kV/200 mA, 120 kV/50 mA). Los tomógrafos se calibraron regularmente siguiendo los protocolos institucionales y de los fabricantes.

Parámetros medidos

Todas las imágenes de las TACAR en archivo DICOM se evaluaron en el *software* Horos v4.0.0 RC5 para Mac en la adquisición de la fase inspiratoria y ventana ósea para estandarizar la configuración de las imágenes entre series y escáneres. Se hizo una sesión de ensayo para unificar los conceptos de los métodos de medición con duración de 2 horas antes de iniciar la recolección de datos. Se hicieron mediciones cegadas a los datos demográficos, detalles clínicos y de laboratorio de los pacientes, por los dos investigadores principales (residentes del cuarto año de Radiología). Una muestra de diez pacientes fue evaluada adicionalmente por un radiólogo con tres años de experiencia y los investigadores principales, datos para evaluar la variabilidad inter e intraobservador.

Se determinaron inicialmente fracturas de cuerpos vertebrales (FCV) en la reconstrucción sagital y se clasificaron en grados según el método de Genant; se registró la del peor grado de fractura (40). Posteriormente, se midió la atenuación ósea en Unidades Hounsfield (UH) con la herramienta de ROI simple mediovertebral (ROI ovalado único) y ROI volumétrico semiautomático de los cuerpos vertebrales T4, T7, T10 y L1 para luego promediar el valor de cada técnica de medición y según el método descrito en la literatura (figura 1) (36). Cada ROI trazado incluyó la mayor cantidad de hueso trabecular excluyendo la cortical y masas densas (islotes óseos, plexo venoso, lesiones focales, osteofitos, nódulos de Schmörl o áreas heterogéneas); su valor en UH se registró en la tabla de variables para la casilla y vértebra correspondiente. Las reconstrucciones multiplanares se utilizaron en casos donde fue necesario mejorar el trazo de los ROI.

Si los cuerpos vertebrales especificados debieron ser excluidos, en su lugar se midió el cuerpo vertebral inmediatamente inferior. Si L1 no se incluyó en la tomografía, T12 se midió en su lugar. Ante fracturas o lesiones en todos los cuerpos vertebrales, se registró el hallazgo en la tabla de variables. En los valores decimales solo se incluyó la primera cifra de la subunidad y no se hicieron aproximaciones.

Para evaluar la fiabilidad de las mediciones se comparó el método de ROI simple con las mediciones volumétricas, igualmente teniendo en cuenta la variabilidad inter e intraobservador.

Variable independiente

El promedio de la atenuación ósea volumétrica de los cuerpos vertebrales T4, T7, T10 y L1 define grupos de normalidad y baja atenuación. Para los pacientes masculinos, el rango de atenuación normal es mayor que 165,7 UH, la DMOB entre 136,2-165,7 y la osteoporosis un valor menor que 136,2. Para el sexo femenino, los valores normales son superiores a 151 UH, de DMOB entre 137,9-151 UH y de osteoporosis inferiores a 137,9 UH (36). Para el propósito de esta investigación, la DMOB se correspondería con el rango de osteopenia.

Variables de confusión

De acuerdo con la literatura, se consideraron factores de confusión: edad, antecedente de tabaquismo, exacerbaciones durante el último año, uso de esteroides ambulatorios, enfisema, antibióticos durante las primeras 24 horas de hospitalización, administración de esteroides durante la hospitalización y uso de vasopresores (12,13,24,41-45).

Variable de desenlace

Los desenlaces primarios fueron el ingreso a UCI/UCE, el tiempo de estancia hospitalaria y el requerimiento de ventilación mecánica.

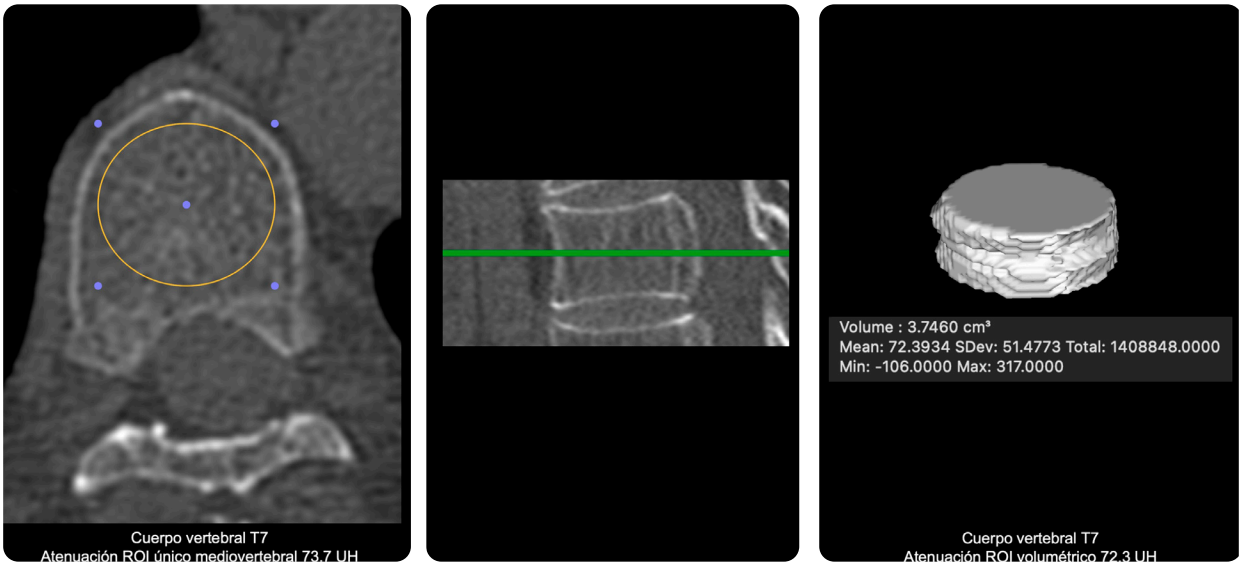


Figura 1. Mediciones de región de interés (ROI) simple y volumétrico. a) Imagen axial de TACAR de la vértebra T7 vista en una ventana ósea muestra la ubicación del ROI ovalado en el hueso trabecular. El valor de atenuación promedio medido es 73,7 UH. b) Localización mediovertebral del ROI simple. c) Reconstrucción volumétrica (ROI volumétrico). La atenuación media de la vértebra designada es 72,3 UH.

Control de sesgos

Cuando hubo dudas sobre el cumplimiento de los criterios de inclusión/exclusión en pacientes para participar en el estudio, al menos dos investigadores (residentes de Radiología y radiólogo) analizaron el caso y lo determinaron.

Para limitar el sesgo de información y evaluar la consistencia entre los investigadores, se realizó un análisis independiente de diez TACAR con resultado de valores de concordancia superiores a 0,9 en el coeficiente de correlación de Pearson.

Se identificaron como posibles sesgos el de selección, ya que las TACAR en las primeras 36 horas de ingreso hospitalario podrían haber excluido a aquellos pacientes que no se pudieron estudiar en ese tiempo. También, porque los pacientes incluidos fueron manejados en hospitales universitarios, aspectos que pueden afectar la morbimortalidad y limitan la generalización de los resultados. Además, el sesgo de confusión, que se trató de ajustar con el análisis multivariado, considerando factores pronósticos conocidos de la enfermedad, sin poder eliminar la confusión residual en un estudio observacional.

Tamaño de la muestra

El tamaño de la muestra y el periodo de reclutamiento dependieron de las consideraciones de la cohorte original, por lo que el análisis se hizo con 323 pacientes con seguimiento completo.

Análisis estadístico

Las variables continuas se expresaron como mediana y su respectivo rango intercuartílico (RIC); las variables categóricas se presentaron como proporciones. La comparación entre grupos para las variables continuas se realizó por medio de la prueba Kruskal Wallis y para las variables categóricas con la prueba de chi-cuadrado. Se consideró significativo un valor de $p<0,05$. Para estimar la asociación entre la atenuación ósea volumétrica, las variables ingreso a UCI/UCE y necesidad de ventilación mecánica, se realizaron modelos de regresión logística univariados y luego multivariados ajustados por posibles variables de confusión.

La medida de asociación utilizada fue el OR, con su respectivo intervalo de confianza del 95 % (IC 95 %). Para la asociación con la duración de la estancia hospitalaria, dado que la mortalidad hospitalaria no es una censura, se utilizó un modelo de regresión de Cox con riesgos competitivos para determinar el "riesgo" de ser dado de alta vivo durante la hospitalización. Se informa un Sub-Hazard Ratio (SHR), con su respectivo IC del 95 %. Se estableció un coeficiente de correlación de concordancia para los métodos de atenuación de ROI simple y volumétrico con un valor rho_c y los límites de acuerdo de Bland y Altman (46). Todos los análisis estadísticos se hicieron con Stata versión 16.

Resultados

De los 1.503 pacientes elegibles se excluyeron 1.180 (78,5 %). Las principales causas de exclusión fueron el diagnóstico de neumonía en 357 pacientes (30,3 %), restricciones para realizar la TACAR durante las primeras 36 horas en 263 pacientes (22,3 %) y enfermedad terminal en 148 pacientes (12,5 %) (figura 2).

En definitiva, la población se conformó por 323 pacientes con mediana de 74 años de edad (RIC: 66-82), 180 mujeres (55,7 %) y 105 tuvieron al menos una fractura de cuerpos vertebrales (FCV) (32,5 %). Con base en la medición volumétrica, los pacientes se clasificaron en tres grupos: normal (65 pacientes, 20,1 %); DMOB (43 pacientes, 13,3 %), y osteoporosis (215 pacientes, 66,6 %). La distribución de la edad por grupo fue de 66 años (RIC: 62-74) en el grupo normal; 70 años (RIC: 62-75) en el grupo de DMOB, y 76 años (RIC: 70-83) en el de osteoporosis y con diferencia estadísticamente significativa (p=0,0001). La distribución de mujeres por atenuación ósea fue de 49,2 % en el grupo normal; 44,2 % en el grupo de DMOB, y 60,0 % en el grupo de osteoporosis, sin diferencias estadísticamente significativas entre los grupos (p=0,081). Las comorbilidades y los antecedentes exposicionales tampoco alcanzaron diferencias estadísticamente significativas (tabla 1).

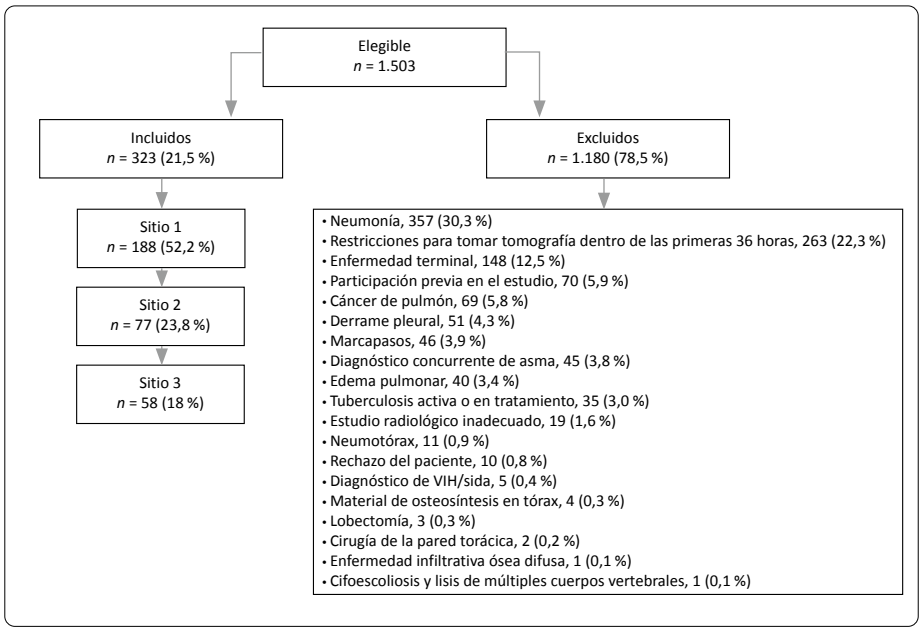


Figura 2. Flujograma de la población de estudio.

Tabla 1. Características demográficas, antecedentes y características clínicas de acuerdo con la atenuación ósea volumétrica

Característica	Total	Atenuación ósea volumétrica			Valor *p*
		Normal 65 (20,1%)	DMO baja 43 (13,3%)	Osteoporosis 215 (66,6%)	
Demográficas					
Sexo femenino	180 (55,7%)	32 (49,2%)	19 (44,2%)	129 (60,0%)	0,081
Edad	74 (66-82)	66 (62-74)	70 (62-75)	76 (70-83)	0,0001
Fracturas vertebrales					
Sí	105 (32,5%)	1 (1,5%)	5 (11,6%)	99 (46,1%)	<0,001
Grados de fracturas Grado 1 Grado 2 Grado 3	 32 (30,5%) 27 (25,7%) 46 (43,8%)	 0 0 1 (100%)	 2 (40%) 1 (20%) 2 (40%)	 30 (30,3%) 26 (26,3%) 43 (43,4%)	 0,999
Comorbilidades					
Insuficiencia cardiaca congestiva	29 (9,0%)	5 (7,7%)	2 (4,7%)	22 (10,2%)	0,537
Enfermedad renal	24 (7,4%)	2 (3,1%)	4 (9,3%)	18 (8,4%)	0,309
Tumor primario	6 (1,9%)	0	1 (2,3%)	5 (2,3%)	0,562
Enfermedad reumatológica	9 (2,8%)	1 (1,5%)	0	8 (3,7%)	0,456
Enfermedad hepática moderada-grave	1 (0,3%)	0	1 (2,3%)	0	0,133
Hipertensión pulmonar	21 (6,5%)	6 (9,2%)	2 (4,7%)	13 (6,1%)	0,621
Enfermedad vascular	12 (3,7%)	1 (1,5%)	4 (9,3%)	7 (3,3%)	0,114
Tumor metastásico diferente a pulmón	3 (0,9%)	0	0	3 (1,4%)	0,999
Inestabilidad hemodinámica	38 (11,8%)	10 (15,4%)	2 (4,7%)	26 (12,1%)	0,217
Historial de consumo de tabaco y otras exposiciones					
Historia de tabaquismo	277 (85,8%)	60 (92,3%)	34 (79,1%)	183 (85,1%)	0,140
Número de cigarrillos por día (*n*=277)	20 (10-20)	20 (10-20)	20 (12-20)	20 (10-20)	0,490
Fuma actualmente	50 (18,1%)	13 (21,7%)	8 (23,5%)	29 (15,9%)	0,402
Exposición a biomasas	200 (61,9%)	38 (58,5%)	23 (53,5%)	139 (64,7%)	0,316
Historia de exacerbación y gravedad en el último año					
Sin exacerbación Atención de urgencias Hospitalización Ingreso a UCI	119 (36,8%) 21 (6,5%) 155 (48,0%) 28 (8,7%)	23 (35,4%) 4 (6,2%) 34 (52,3%) 4 (6,2%)	13 (30,2%) 2 (4,7%) 24 (55,8%) 4 (9,3%)	83 (38,6%) 15 (7,0%) 97 (45,1%) 20 (9,3%)	0,866
Esteroides inhalados ambulatorios	317 (98,1%)	65 (100%)	41 (95,4%)	211 (98,1%)	0,212
Laboratorios					
Leucocitos (*n*=321)	10100 (7900-13000)	10010 (8440-12990)	10510 (8710-14700)	9940 (7700-12910)	0,235
PCR	2,3 (0,4–7,2)	2,5 (0,5–7,2)	2,6 (0,7–5,9)	2,2 (0,4-7,7)	0,900
Enfisema Sí	 175 (54,5%)	 33 (50,8%)	 27 (62,8%)	 115 (53,5%)	 0,443
Tratamientos intrahospitalarios					
Esteroides	321 (99,4%)	65 (100%)	43 (100%)	213 (99,1%)	0,603
Antibióticos	146 (45,2%)	30 (46,2%)	18 (41,9%)	98 (45,6%)	0,891
Vasopresores por más de 6 horas	3 (0,9%)	0	0	3 (1,4%)	0,999
Desenlaces					
Ingreso a UCE/UCI	39 (12,1%)	9 (13,9%)	6 (14,0%)	24 (11,2%)	0,777
Necesidad ventilación mecánica (UCI)	23 (7,1%)	6 (9,2%)	3 (7,0%)	14 (6,5%)	0,722
Tipo VM No invasiva Invasiva	 19 (82,6%) 4 (17,4%)	 6 (100%) 0	 2 (66,7%) 1 (33,3%)	 11 (78,6%) 3 (21,4%)	 0,414
Estado vital Muerto	 8 (2,5%)	 0	 1 (2,3%)	 7 (3,3%)	 0,475
Estancia hospitalaria	6 (4-9)	7 (4-10)	6 (5-11)	6 (4-9)	0,854

De los pacientes con al menos una FCV, 1 (0,9%) fue del grupo de atenuación ósea normal; 5 (4,7%) del de DMO, y los restantes 99 (94,3%) del de osteoporosis, hallazgo que alcanzó un valor de p <0,001.

Al comparar las FCV con los desenlaces clínicos no se encontró diferencia estadísticamente significativa; sin embargo, la estancia hospitalaria fue mayor en los pacientes con FCV grado 3 (tabla 2).

Tabla 2. Características según el peor grado de fractura por el método de Genant

Variable	Total	Grado de fractura				Valor *p*
		Sin fractura	Grado 1	Grado 2	Grado 3	
Atenuación ósea volumétrica						
Normal	65 (20,1%)	64 (29,4%)	0	0	1 (2,2%)	<0,001
DMO baja	43 (13,3%)	38 (17,4%)	2 (6,3%)	1 (3,7%)	2 (4,4%)	
Osteoporosis	215(66,6%)	116 (53,2%)	30 (93,8%)	26 (96,3%)	43 (93,5%)	
Ingreso a UCI/UCE	39 (12,1%)	29 (13,3%)	1 (3,1%)	3 (11,1%)	6 (13,0%)	0,432
Ventilación mecánica	23 (7,1%)	16 (7,4%)	1 (3,3%)	2 (7,4%)	4 (8,7%)	0,845
Mortalidad	8 (2,5%)	4 (1,8%)	2 (6,3%)	0	2 (4,4%)	0,199
Estancia hospitalaria	6 (4-9)	6 (4-9)	6,5 (4,5-9,5)	5 (5-8)	7 (5-10)	0,3439

Nota: Los resultados clínicos se definieron como variable categórica excepto para la estancia hospitalaria que fue continua y en días.

Con un comportamiento similar, la atenuación ósea volumétrica no mostró asociación significativa con el ingreso a UCI/UCE en el análisis univariado (p=0,987 para DMO baja, p=0,557 para osteoporosis) ni en el análisis multivariado (p=0,893 para DMO baja, p=0,636 para osteoporosis). La edad fue significativa para el ingreso a UCI/UCE con un OR ajustado de 0,94 (IC95%: 0,90-0,98, p=0,003) y el uso de antibióticos (OR=2,24, IC 95%: 1,07-4,7, p=0,032) (tabla 3).

Tabla 3. Regresión logística para ingreso a UCI o UCE

Variables	Univariable		Multivariable	
	OR (IC 95%)	Valor *p*	OR (IC 95%)	Valor *p*
Atenuación ósea volumétrica				
Normal	Ref.		Ref.	
DMO baja	1,01 (0,3-3,1)	0,987	1,09 (0,32-3,7)	0,893
Osteoporosis	0,78 (0,3-1,8)	0,557	1,25 (0,49-3,2)	0,636
Edad	0,93 (0,90-0,97)	<0,001	0,94 (0,90-0,98)	0,003
Antecedente de tabaquismo	7,38 (0,99-55)	0,051	3,17 (0,39-25,9)	0,281
Exacerbaciones				
Sin exacerbación	Ref.		Ref.	
Atención urgencias	0,96 (0,19-4,66)	0,955	0,75 (0,14-4,2)	0,742
Hospitalización	1,22 (0,57-2,63)	0,604	1,29 (0,56-2,9)	0,546
Ingreso UCI	3,63 (1,32-10)	0,013	3,7 (1,2-11)	0,019
Esteroides ambulatorios	0,27 (0,05-1,54)	0,142	0,35 (0,59-2,85)	0,289
Enfisema	2,02 (1,01-4,1)	0,047	1,30 (0,59-2,8)	0,519
Antibióticos	2,37 (1,2-4,7)	0,012	2,24 (1,07-4,7)	0,032

Respecto a la necesidad de ventilación mecánica invasiva, también se encontró asociación con el uso de antibiótico (OR ajustado=4,5, IC 95 %: 1,6-12,9, *p*=0,005). Por otro lado, el uso de esteroides ambulatorios mostró una tendencia a la protección, aunque no fue significativa en el análisis multivariado (*p*=0,079) (tabla 4).

Tabla 4. Regresión logística para necesidad de ventilación mecánica

Variables	Univariable		Multivariable	
	OR (IC 95 %)	Valor *p*	OR (IC 95 %)	Valor *p*
Atenuación ósea volumétrica				
Normal	Ref.		Ref.	
DMO baja	0,74 (0,17-3,1)	0,679	0,65 (0,13-3,3)	0,610
Osteoporosis	0,68 (0,3-1,9)	0,458	0,86 (0,27-2,7)	0,793
Edad	0,94 (0,90-0,99)	0,012	0,96 (0,91-1,01)	0,157
Antecedente de tabaquismo	3,96 (0,52-30,1)	0,183	1,7 (0,19-14,9)	0,631
Exacerbaciones				
Sin exacerbación	Ref.		Ref.	
Atención de urgencias	0,71 (0,1-5,9)	0,749	0,41 (0,04-4,7)	0,478
Hospitalización	0,94 (0,36-2,5)	0,602	1,02 (0,36-2,9)	0,977
Ingreso a UCI	3,07 (0,92-10,2)	0,068	3,7 (0,99-13,6)	0,052
Esteroides ambulatorios	0,15 (0,03-0,8)	0,031	0,15 (0,02-1,2)	0,079
Enfisema	1,5 (0,63-3,5)	0,368	1,15 (0,43-3,1)	0,784
Antibióticos	5,2 (1,9-14,3)	0,001	4,5 (1,6-12,9)	0,005

Las variables de atenuación ósea volumétrica no se asociaron con el tiempo de estancia y la única variable que redujo el "riesgo" de ser dado de alta vivo del hospital fue el uso de vasopresores por 6 horas (SHR ajustado=0,32, IC 95 %: 0,25-0,41, *p*<0,001) (tabla 5).

Tabla 5. Regresión de Cox para la estancia hospitalaria con riesgo competitivo de muerte

Variables	Univariable		Multivariable	
	SHR (IC 95 %)	Valor *p*	SHR (IC 95 %)	Valor *p*
Atenuación ósea volumétrica				
Normal	Ref.		Ref.	
DMO baja	0,92 (0,66-1,3)	0,590	0,86 (0,61-1,3)	0,384
Osteoporosis	0,90 (0,72-1,1)	0,337	0,93 (0,74-1,2)	0,526
Edad	0,99 (0,99-1,01)	0,553	0,99 (0,98-1,0)	0,173
Antecedente de tabaquismo	0,79 (0,61-1,03)	0,083	0,74 (0,54-1,02)	0,066
Exacerbaciones				
Sin exacerbación	Ref.		Ref.	
Atención de urgencias	0,81 (0,55-1,9)	0,281	0,78 (0,52-1,2)	0,233
Hospitalización	0,94 (0,75-1,2)	0,600	0,95 (0,76-1,2)	0,658
Ingreso a UCI	0,92 (0,58-1,4)	0,709	0,96 (0,60-1,5)	0,878
Esteroides ambulatorios	1,1 (0,4-2,8)	0,889	0,94 (0,35-2,5)	0,896
Enfisema	0,87 (0,71-1,1)	0,169	0,95 (0,75-1,2)	0,641
Antibióticos	0,87 (0,71-1,1)	0,195	0,89 (0,72-1,11)	0,319
Vasopresores por 6 horas	0,33 (0,28-0,39)	<0,001	0,32 (0,25-0,41)	<0,001

Por otro lado, el coeficiente de correlación para los métodos de atenuación de ROI simple y volumétrico fue de 0,98 (p<0,001). El diagrama de Bland y Altman mostró diferencia promedio de 0,78 con 95 % de límites de acuerdo entre -12,058 y 13,618 (figura 3).

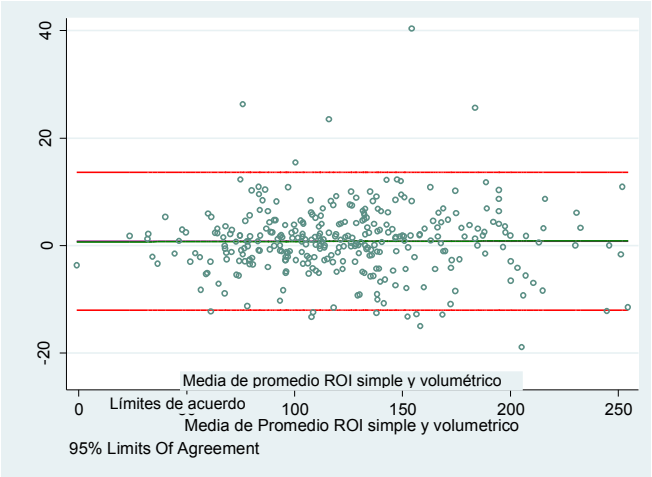


Figura 3. Gráfico de Bland y Altman. Los métodos de medición ROI simple y volumétrico de la atenuación ósea media en TACAR son comparables con una media de diferencia cercana a cero y la mayoría de los puntos dentro del límite de acuerdo del 95%.

Discusión

En este estudio exploratorio, los modelos de análisis estadístico para pacientes con EPOC-E no revelaron asociaciones estadísticamente significativas entre la atenuación ósea volumétrica y los desenlaces clínicos de ingreso a UCI/UCE, necesidad de ventilación mecánica y estancia hospitalaria. Se observó una mayor prevalencia de osteoporosis en la población estudiada, lo que podría relacionarse con el fenotipo MOLT de los pacientes con EPOC (10-13,47). Cabe destacar en que la mediana de edad fue mayor en el grupo de osteoporosis (76 años) comparado con los demás, lo que es concordante con la literatura que ha descrito una mayor prevalencia de osteoporosis en edades avanzadas (48).

La prevalencia informada de las FCV en pacientes con EPOC-E varía entre el 24 % y el 63 %, en concordancia con el hallazgo aquí documentado (49). Su impacto clínico deriva principalmente de la cifosis torácica que limita la ventilación por la pérdida del 9 % de la capacidad vital por cada cuerpo vertebral dorsal afectado (50). En consecuencia, se ha planteado que la afectación respiratoria durante EPOC-E sería peor en pacientes con FCV. A la inversa, el evento de EPOC-E tiene asociación con pérdida de densidad mineral ósea (49). Pascual et al. encontraron estancias hospitalarias más largas (12 [IC: 6-30 días] vs. 9 [IC: 6-18 días], p <0,05) y mayor riesgo de muerte (50 vs. 32,1 %) en la cohorte de exploración, hallazgo posteriormente validado, sugerente de alta relación de las FCV con peor pronóstico. Sin embargo, los pacientes incluidos fueron evaluados con indicadores durante un seguimiento de dos años (34). Los hallazgos aquí descritos sugieren una posible relación de las FCV con mayor estancia hospitalaria durante un episodio de EPOC-E (51). No se encontró relación con los otros desenlaces.

En el análisis multivariado ajustado, la edad y el uso de antibióticos se asociaron significativamente tanto al ingreso a UCI/UCE como a la necesidad de ventilación mecánica, lo cual puede obedecer a una mayor tasa de exacerbaciones infecciosas en estos grupos etarios, además de estadios avanzados de EPOC y quizá a exposiciones previas a terapia antibiótica. Por otro lado, el uso de vasopresores por más de 6 horas se comportó como un factor para no ser dado de alta vivo. Estos hallazgos resaltan la importancia de implementar con rigor las diferentes estrategias actuales enfocadas en el manejo temprano de infecciones y del control de aquellos factores asociados a su perpetuación (45).

Respecto a los métodos de medición de la atenuación ósea, los de ROI simple y volumétrico mostraron alta concordancia con un coeficiente de correlación de 0,98 con límites de acuerdo de Bland y Altman alrededor de diferencia de cero ± 2 desviaciones estándar de aproximadamente 10 unidades, por lo tanto los dos métodos son esencialmente equivalentes (52,53). Por lo anterior y en relación con estudios previos, la aproximación con ROI simple mediovertebral es efectiva, reproducible, rápida y accesible, no requiere *software* adicional y con una curva de aprendizaje expedita, lo cual formaría parte de la evaluación integral de la imagen y sirve como fundamento para utilizar el ROI simple en otras investigaciones (14,29,30). Por otra parte, considerando que en este estudio las TACAR se realizaron con diferentes tomógrafos, se conoce que los equipos actuales no tienen variabilidad considerable entre estudios y puede darse en alrededor del 2 % en pacientes sanos, y es discretamente mayor en los pacientes osteoporóticos (3-4 %) (54). Otros autores han definido dicha variabilidad en el valor de la atenuación en 10 UH aproximadamente (36,55,56). Debido a lo anterior, no se consideraron relevantes las diferencias entre las TACAR.

Las fortalezas de este estudio incluyen el protocolo predefinido de la cohorte primaria y la estrategia de registro de datos clínicos que permitió ajustar el análisis estadístico. Por otro lado, este es el primer artículo que examina el impacto de la atenuación ósea en pacientes con un episodio de EPOC-E. Otra fortaleza es la inclusión de pacientes de diferentes instituciones y con diferentes fabricantes de tomógrafos, un aspecto que para el objetivo secundario aumenta su validez externa. Sin embargo, los autores son conscientes también de las limitaciones como del sesgo de selección debido a la población reclutada en hospitales universitarios de tercer nivel, lo cual puede limitar la generalización de los resultados; la disponibilidad y calidad de los datos pudieron ser inconsistentes, con posibles errores en el registro inicial. Además, hay un riesgo de posible sesgo de información y variabilidad en la medición de la atenuación ósea. Por otro lado, el diseño original del estudio puede no haber sido óptimo para las preguntas de investigación actuales, y el tamaño de la muestra posterior a las exclusiones puede haber limitado el poder estadístico. Por último, la ausencia de evaluación con DXA y espirometrías recientes podrían haber influido en el resultado y análisis de estos pacientes.

Los resultados de esta investigación aportan a la evidencia sobre la cuasi equivalencia de los métodos de medición de la atenuación ROI simple y volumétrico, a favor de la primera por sus ventajas y como posible herramienta para investigaciones que reproduzcan la metodología. También se encontraron factores clínicos, independientemente de los niveles de atenuación ósea, que pueden influir en los desenlaces hospitalarios de los pacientes. Estos hallazgos son

consistentes con la literatura y refuerzan la importancia de considerar estas variables al evaluar los pacientes hospitalizados con EPOC-E.

Conclusión

En este estudio no se hallaron asociaciones significativas entre la atenuación ósea y el ingreso a UCI/UCE, la necesidad de ventilación mecánica o el tiempo de estancia hospitalaria. La alta concordancia entre las mediciones por ROI simple y volumétrico aporta evidencia sobre la equivalencia de ambos métodos. Esto tiene implicación para futuras investigaciones que requieran replicar la medición de la atenuación ósea y permiten usar una técnica más rápida y práctica.

Referencias

1. Celli BR, Wedzicha JA. Update on clinical aspects of chronic obstructive pulmonary disease. New Engl J Med. 2019;381(13):1257-66. https://doi.org/10.1056/NEJMra1900500
2. Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease (GOLD). Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease Pocket Guide to COPD Diagnosis, Management and Prevention. A Guide for Health Care Professionals 2023 Edition.; 2022.
3. Celli B, Fabbri L, Criner G, et al. Definition and nomenclature of chronic obstructive pulmonary disease: time for its revision. Am J Respir Crit Care Med. 2022;206(11):1317-25. https://doi.org/10.1164/rccm.202204-0671PP
4. Chen S, Kuhn M, Prettner K, et al. The global economic burden of chronic obstructive pulmonary disease for 204 countries and territories in 2020-50: a health-augmented macroeconomic modelling study. Lancet Glob Health. 2023;11(8):e1183-93. https://doi.org/10.1016/S2214-109X(23)00217-6
5. Adeloye D, Chua S, Lee C, et al. Global and regional estimates of COPD prevalence: Systematic review and meta-analysis. J Glob Health. 5(2):020415. https://doi.org/10.7189/jogh.05-020415
6. Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease (GOLD). Global Strategy for Prevention, Diagnosis and Management of COPD: 2024 Report. https://goldcopd.org/2024-gold-report/
7. Caballero A, Torres-Duque CA, Jaramillo C, et al. Prevalence of COPD in Five Colombian Cities Situated at Low, Medium, and High Altitude (PREPOCOL Study). Chest. 2008;133(2):343. https://doi.org/10.1378/chest.07-1361
8. Weinberger SE. Chronic obstructive pulmonary disease (Chapter 6). En: Principles of pulmonary medicine. 8 Ed. Elsevier. pp.88-106.
9. Mannino DM, Ford ES, Redd SC. Obstructive and restrictive lung disease and functional limitation: data from the Third National Health and Nutrition Examination. J Int Med. 2003;254(6):540-7. https://doi.org/10.1111/j.1365-2796.2003.01211.x
10. Celli BR, Locantore N, Tal-Singer R, et al. Emphysema and extrapulmonary tissue loss in COPD: a multi-organ loss of tissue phenotype. Eur Respirat J. 2018;51(2). https://doi.org/10.1183/13993003.02146-2017
11. Wilson AC, Bon JM, Mason S, et al. Increased chest CT derived bone and muscle measures capture markers of improved morbidity and mortality in COPD. Respir Res. 2022;23:311. https://doi.org/10.1186/s12931-022-02237-w
12. Sarkar M, Bhardwaj R, Madabhavi I, Khatana J. Osteoporosis in chronic obstructive pulmonary disease. Clin Med Insights Circ Respir Pulm Med. 2015;9:5-21. https://doi.org/10.4137/CCRPM.S22803
13. Chen YW, Ramsook AH, Coxson HO, Bon J, Reid WD. Prevalence and risk factors for osteoporosis in individuals with COPD: A systematic review and meta-analysis. Chest. 2019;156(6):1092-110. https://doi.org/10.1016/j.chest.2019.06.036
14. Romme EA, Murchison JT, Phang KF, et al. Bone attenuation on routine chest CT correlates with bone mineral density on DXA in patients with COPD. J Bone Min Res. 2012;27(11):2338-43. https://doi.org/10.1002/jbmr.1678
15. Leech JA, Dulberg C, Kellie S, Pattee L, Gay J. Relationship of lung function to severity of osteoporosis in women. Am Rev Respirat Dis. Published online december 17, 2012. https://doi.org/10.1164/ajrccm/141.1.68
16. Culham EG, Jiménez HA, King CE. Thoracic kyphosis, rib mobility, and lung volumes in normal women and women with osteoporosis. Spine (Phila Pa 1976). 1994;19(11):1250-5. https://doi.org/10.1097/00007632-199405310-00010
17. Schlaich C, Minne HW, Bruckner T, et al. Reduced pulmonary function in patients with spinal osteoporotic fractures. Osteoporosis Int. 1998;8(3):261-7. https://doi.org/10.1007/s001980050063
18. Singhvi D, Bon J. CT imaging and comorbidities in COPD. Chest. 2021;159(1):147-53. https://doi.org/10.1016/j.chest.2020.08.2053
19. Ross PD, Davis JW, Epstein RS, Wasnich RD. Pre-existing fractures and bone mass predict vertebral fracture incidence in women. Ann Intern Med. 1991;114(11):919-23. https://doi.org/10.7326/0003-4819-114-11-919
20. Bitar AN, Syed Sulaiman SA, Ali IAH, Khan I, Khan AH. Osteoporosis among patients with chronic obstructive pulmonary disease: systematic review and meta-analysis of prevalence, severity, and therapeutic outcomes. J Pharm Bioallied Sci. 2019;11(4):310-20. https://doi.org/10.4103/jpbs.JPBS_126_19
21. Leslie WD, Giangregorio LM, Yogendran M, et al. A population-based analysis of the post-fracture care gap 1996–2008: the situation is not improving. Osteoporos Int. 2012;23(5):1623-9. https://doi.org/10.1007/s00198-011-1630-1
22. Kim DH, Vaccaro AR. Osteoporotic compression fractures of the spine; current options and considerations for treatment. Spine J. 2006;6(5):479-87. https://doi.org/10.1016/j.spinee.2006.04.013
23. Ibáñez R. Técnicas de medida de densidad de masa ósea. An Sist Sanit Navarra. 2003;26:19-27.
24. Li Y, Gao H, Zhao L, Wang J. Osteoporosis in COPD patients: Risk factors and pulmonary rehabilitation. Clin Respirat J. 2022;16(7):487-96. https://doi.org/10.1111/crj.13514
25. Ohara T, Hirai T, Muro S, et al. Relationship between pulmonary emphysema and osteoporosis assessed by CT in patients with COPD. Chest. 2008;134(6):1244-9. https://doi.org/10.1378/chest.07-3054
26. Therkildsen J, Winther S, Nissen L, et al. Feasibility of opportunistic screening for low thoracic bone mineral density in patients referred for routine cardiac CT. J Clin Densitom. 2020;23(1):117-27. https://doi.org/10.1016/j.jocd.2018.12.002
27. Lenchik L, Shi R, Register TC, Beck SR, Langefeld CD, Carr JJ. Measurement of trabecular bone mineral density in the thoracic spine using cardiac gated quantitative computed tomography. J Comput Assist Tomogr. 2004;28(1):134-9. https://doi.org/10.1097/00004728-200401000-00023
28. Lynch DA, Austin JHM, Hogg JC, et al. CT-definable subtypes of chronic obstructive pulmonary disease: a statement of the Fleischner Society. Radiology. 2015;277(1):192-205. https://doi.org/10.1148/radiol.2015141579
29. Pickhardt PJ, Pooler BD, Lauder T, del Rio AM, Bruce RJ, Binkley N. Opportunistic screening for osteoporosis using abdominal computed tomography scans obtained for other indications. Ann Intern Med. 2013;158(8):588-95. https://doi.org/10.7326/0003-4819-158-8-201304160-00003
30. Pickhardt PJ, Lee LJ, Muñoz del Río A, et al. Simultaneous screening for osteoporosis at CT colonography: Bone mineral density assessment using MDCT attenuation techniques compared with the DXA reference standard. J Bone Min Res. 2011;26(9):2194-203. https://doi.org/10.1002/jbmr.428
31. Yoshida K, Tanabe Y, Nishiyama H, et al. Feasibility of bone mineral density and bone microarchitecture assessment using deep learning with a convolutional neural network. J Comput Assis Tomography. 2023;47(3):467. https://doi.org/10.1097/RCT.0000000000001437
32. van Dort MJ, Driessen JHM, Geusens P, et al. Vertebral bone attenuation in Hounsfield Units and prevalent vertebral fractures are associated with the short-term risk of vertebral fractures in current and ex-smokers with and without COPD: a 3-year chest CT follow-up study. Osteoporos Int. 2019;30(8):1561-71. https://doi.org/10.1007/s00198-019-04977-w
33. Miyabara Y, Holmes D, Camp J, Miller VM, Kearns AE. Comparison of calibrated and uncalibrated bone mineral density by CT to DEXA in menopausal women. Climacteric. 2012;15(4):374-81. https://doi.org/10.3109/13697137.2011.618566
34. Pascual-Guardia S, Badenes-Bonet D, Martin-Ontiyuelo C, et al. Hospital admissions and mortality in patients with COPD exacerbations and vertebral body compression fractures. Int J Chron Obstruct Pulmon Dis. 2017;12:1837-45. https://doi.org/10.2147/COPD.S129213
35. Budoff MJ, Hamirani YS, Gao YL, et al. Measurement of thoracic bone mineral density with quantitative CT. Radiology. 2010;257(2):434-40. https://doi.org/10.1148/radiol.10100132
36. Kim YW, Kim JH, Yoon SH, et al. Vertebral bone attenuation on low-dose chest CT: quantitative volumetric analysis for bone fragility assessment. Osteoporos Int. 2017;28(1):329-38. https://doi.org/10.1007/s00198-016-3724-2
37. Noreña Rengifo BD, Lopera Valle JS. Hallazgos radiológicos en pacientes con exacerbación de la EPOC como determinantes de morbilidad y mortalidad. Un estudio de cohorte [internet]. 2021 [citado: 2024 abr 8]. Disponible en: https://bibliotecadigital.udea.edu.co/handle/10495/19724
38. Vogelmeier CF, Criner GJ, Martínez FJ, et al. Informe 2017 de la Iniciativa Global para el Diagnóstico, Tratamiento y Prevención de la Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica: resumen ejecutivo de GOLD. Arch Bronconeumol. 2017;53(3):128-49. https://doi.org/10.1016/j.arbres.2017.02.001
39. Kim V, Aaron SD. What is a COPD exacerbation? Current definitions, pitfalls, challenges and opportunities for improvement. Eur Respir J. 2018;52(5):1801261. https://doi.org/10.1183/13993003.01261-2018

40. Lenchik L, Rogers LF, Delmas PD, Genant HK. Diagnosis of osteoporotic vertebral fractures: importance of recognition and description by radiologists. Am J Roentgenol. 2004;183(4):949-58. https://doi.org/10.2214/ajr.183.4.1830949
41. Vollenweider DJ, Frei A, Steurer -Stey CA, Garcia- Aymerich J, Puhan MA. Antibiotics for exacerbations of chronic obstructive pulmonary disease. Cochrane Database Syst Rev. 2018;2018(10):CD010257. https://doi.org/10.1002/14651858.CD010257.pub2
42. Roche N. Systemic medications in chronic obstructive pulmonary disease. Clin Chest Med. 2020;41(3):485-94. https://doi.org/10.1016/j.ccm.2020.05.007
43. Yoon V, Maalouf NM, Sakhaee K. The effects of smoking on bone metabolism. Osteoporos Int. 2012;23(8):2081-92. https://doi.org/10.1007/s00198-012-1940-y
44. Cusano NE. Skeletal effects of smoking. Curr Osteoporos Rep. 2015;13(5):302-9. https://doi.org/10.1007/s11914-015-0278-8
45. Akbaş T, Güneş H. Characteristics and outcomes of patients with chronic obstructive pulmonary disease admitted to the intensive care unit due to acute hypercapnic respiratory failure. Acute Crit Care. 2023;38(1):49-56. https://doi.org/10.4266/acc.2022.01011
46. Bland JM, Altman DG. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. Lancet. 1986;1(8476):307-10.
47. Emam RM, Abdelfattah RA, Abdelghany EA elhady, Aziz MOA, Abdullah NM, Abdelaziz AO. Assessment of trace elements, systemic inflammation, and electrolytes in patients with chronic obstructive pulmonary disease. Egypt J Bronchol. 2023;17(1):14. https://doi.org/10.1186/s43168-023-00187-5
48. Smit AE, Meijer OC, Winter EM. The multi-faceted nature of age-associated osteoporosis. Bone Reports. 2024;20:101750. https://doi.org/10.1016/j.bonr.2024.101750
49. Kiyokawa H, Muro S, Oguma T, et al. Impact of COPD exacerbations on osteoporosis assessed by chest CT scan. COPD. 2012;9(3):235-42. https://doi.org/10.3109/15412555.2011.650243
50. Harrison RA, Siminoski K, Vethanayagam D, Majumdar SR. Osteoporosis-related kyphosis and impairments in pulmonary function: a systematic review. J Bone Min Res. 2007;22(3):447-57. https://doi.org/10.1359/jbmr.061202
51. Tanha K, Mohammadi N, Janani L. P-value: What is and what is not. Med J Islam Repub Iran. 2017;31:65. https://doi.org/10.14196/mjiri.31.65
52. Steichen TJ, Cox NJ. A note on the concordance correlation coefficient. Stata J. 2002;2(2):183-9. https://doi.org/10.1177/1536867X0200200206
53. Camacho Sandoval J. Coeficiente de concordancia para variables continuas. AMC. 2008;52(6):211-2. https://doi.org/10.51481/amc.v52i6.5
54. Boden SD, Goodenough DJ, Stockham CD, Jacobs E, Dina T, Allman RM. Precise measurement of vertebral bone density using computed tomography without the use of an external reference phantom. J Digit Imaging. 1989;2(1):31-8. https://doi.org/10.1007/BF03168013
55. Birnbaum BA, Hindman N, Lee J, Babb JS. Multi–detector row CT attenuation measurements: assessment of intra- and interscanner variability with an anthropomorphic body CT phantom. Radiology. 2007;242(1):109-19. https://doi.org/10.1148/radiol.2421052066
56. Sande EPS, Martinsen ACT, Hole EO, Olerud HM. Interphantom and interscanner variations for Hounsfield units—establishment of reference values for HU in a commercial QA phantom. Phys Med Biol. 2010;55(17):5123. https://doi.org/10.1088/0031-9155/55/17/015

Correspondencia

Brayan Muñoz-Caicedo
Universidad de Antioquia
Calle 67 # 53-108
Medellín, Colombia
brayan.munozc@udea.edu.co

Recibido para evaluación: 8 de octubre de 2024
Aceptado para publicación: 15 de febrero de 2025