

BIBLIOTECA
DIGITAL

INCLUYE E-BOOK

JOSÉ
RICARDO
ANIJAR

DENSITOMETRÍA ÓSEA EN LA PRÁCTICA

ATLAS DE CASOS CLÍNICOS



Contenido

SECCIÓN 1

TEORÍA – CONCEPTOS	1
Capítulo 1 Anatomía, ultraestructura y remodelación del tejido óseo	3
Elaine de Azevedo	
Bruna Fernandes Boaventura	
Capítulo 2 Osteoporosis: conceptos fisiopatológicos y clínicos	11
Elaine de Azevedo	
Gabriel Pacífico Seabra Nunes	
Capítulo 3 Osteoporosis: fundamentos del tratamiento	19
Elaine de Azevedo	
Rafael Nazaro Cassar Camargo	
Capítulo 4 Evaluación de la masa ósea mediante DXA	27
Felipe Merchan Ferraz Grizzo	
Mirley do Prado	
Capítulo 5 Evaluación de fracturas vertebrales mediante DXA	35
Livia Marcela dos Santos	
Nilza Maria Scalissi	
Capítulo 6 Composición corporal mediante DXA	41
Sergio Setsuo Maeda	
Capítulo 7 Protección radiológica y control de calidad en sistemas DXA	53
Luiz Fernando Malvestiti	
Irene Shimura Endo	
Adriana Jia Hui So	
Capítulo 8 Precisión, exactitud y monitoreo	65
Felipe Merchan Ferraz Grizzo	
Francisco Erivaldo Alves	

SECCIÓN 2

PRÁCTICA: ADQUISICIÓN, ARTEFACTOS, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN 71

Capítulo 9	Examen de la columna lumbar: adquisición y artefactos.	73
	José Ricardo Anijar	
Capítulo 10	Examen de la columna lumbar: análisis e interpretación	95
	José Ricardo Anijar	
	Felipe Merchan Ferraz Grizzo	
Capítulo 11	Examen del fémur: adquisición y artefactos.	117
	José Ricardo Anijar	
Capítulo 12	Examen del fémur: análisis e interpretación	137
	José Ricardo Anijar	
	Felipe Merchan Ferraz Grizzo	
Capítulo 13	Examen del antebrazo.	155
	José Ricardo Anijar	
Capítulo 14	Análisis evolutivo de la masa ósea.	171
	Mirley do Prado	

SECCIÓN 3

ATLAS DE IMÁGENES DE DENSITOMETRÍA..... 185

Capítulo 15	Evolución de la calidad de la imagen de la densitometría ósea	187
	José Ricardo Anijar	
Capítulo 16	Alteraciones y enfermedades de la región lumbar	197
	José Ricardo Anijar	
	Luiz Fernando Vitule	
Capítulo 17	Alteraciones y enfermedades de la cintura pélvica.	317
	José Ricardo Anijar	
	Luiz Fernando Vitule	

SECCIÓN 4

APÉNDICE 399

Capítulo 18	Peculiaridades de la densitometría ósea	401
	José Ricardo Anijar	

ÍNDICE ALFABÉTICO 427

Composición corporal mediante DXA

Sergio Setsuo Maeda

ESTRUCTURA DEL CAPÍTULO

▶ PREPARACIÓN PARA EL EXAMEN	42
▶ POSICIONAMIENTO	43
▶ ANÁLISIS	45
▶ EVALUACIÓN DE LA MASA GRASA	46
▶ EVALUACIÓN DE LA MASA MAGRA	47
▶ DATOS QUE DEBEN INCORPORARSE EN EL INFORME DE COMPOSICIÓN CORPORAL POR DXA	48
▶ SITUACIONES ESPECIALES	48
▶ CONCLUSIÓN	51

INTRODUCCIÓN

El índice de masa corporal (IMC) se utiliza ampliamente en la evaluación nutricional y se calcula dividiendo el peso corporal (kg) por la estatura al cuadrado (m^2). Existe una curva de asociación en forma de J entre el IMC y la mortalidad por diversas causas,^{1,2} y aunque se correlaciona con la grasa corporal, no es una medida directa de la masa grasa. Por el contrario, la resonancia magnética (RM) y la tomografía computarizada (TC) son técnicas superiores para evaluar la grasa y la masa muscular, ya que ofrecen análisis detallados y precisos que superan las limitaciones del IMC. Sin embargo, teniendo en cuenta factores como el costo, la accesibilidad, la duración del examen y la seguridad en relación con la exposición a la radiación, la densitometría de cuerpo total o absorciometría de rayos X de doble emisión (DXA, por sus siglas en inglés) se destaca como la metodología de referencia para su uso en la práctica clínica, con alta precisión y reproducibilidad.^{3,4} La DXA permite analizar la composición corporal en tres compartimentos: masa grasa, masa magra (que incluye agua, proteínas, glucógeno y tejidos blandos) y contenido mineral óseo. El Recuadro 6.1 presenta las principales indicaciones para la realización del examen.⁵

Recuadro 6.1. Principales indicaciones para la evaluación de la composición corporal mediante DXA

- Obesidad/pérdida de peso
- Suplementación proteica dietética en deportistas/entrenamiento físico
- Rehabilitación de lesiones musculoesqueléticas
- Trastornos nutricionales y alimentarios/síndromes que cursan con malabsorción intestinal
- Sarcopenia
- Estratificación del riesgo cardiovascular
- Deficiencia de la hormona del crecimiento (GH)
- Hipogonadismo
- Uso de estrógenos/andrógenos
- Tratamiento con glucocorticoides
- Uso de antirretrovirales y lipodistrofia en personas que viven con el virus de la inmunodeficiencia adquirida (VIH)

Fuente: adaptado de Maeda et al., 2022.⁵

PREPARACIÓN PARA EL EXAMEN

La consistencia en la preparación es esencial para garantizar la calidad y la reproducibilidad de los resultados. Así, para minimizar las interferencias, es importante establecer condiciones estandarizadas para las mediciones, teniendo en cuenta la hora del día, la dieta y las actividades realizadas. Las principales recomendaciones para un examen de calidad se enumeran a continuación:⁵⁻⁸

- Dieta: ayuno nocturno, evitar la ingesta excesiva de líquidos y comidas copiosas antes del examen.
- Ropa: usar ropa ligera, preferiblemente deportiva (sin metales ni plásticos) o delantales proporcionados por el servicio, quitarse pendientes, pulseras, relojes y collares;
- Vaciado de la vejiga: vaciar la vejiga antes del examen para mejorar la precisión de los resultados.
- Pacientes con mamas voluminosas: deben utilizar una banda sin cremallera ni metal para reducir la superposición de tejidos, si es posible.
- Exámenes con contraste: reprogramar el examen una semana después de la ingestión de contraste oral con bario, tomografía con infusión intravenosa de contraste yodado o exámenes de medicina nuclear. Observación: el gadolinio utilizado en la resonancia magnética no parece interferir en los resultados.

- Artefactos no removibles: garantizar la constancia en la colocación de artefactos como prótesis mamarias, glúteas u ortopédicas y marcapasos cardíacos. Como son artefactos fijos, deben ser reportados en el informe.
- Generales: establecer horarios fijos para el examen, por ejemplo por la mañana. Se debe recomendar al paciente evitar la actividad física intensa antes del procedimiento.

POSICIONAMIENTO

El posicionamiento adecuado de la cabeza, las extremidades y el tronco debe estar de acuerdo con el estudio National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES).⁵ Todas las partes del cuerpo deben estar dentro de los límites marcados con al menos 1 cm hacia adentro, para evitar que, durante el examen, el equipo deje de detectar tejidos del paciente. La cabeza debe estar en posición neutra y los brazos pueden estar estirados o incluso ligeramente angulados hacia arriba. Las manos deben estar abiertas con el dorso hacia arriba y separadas del cuerpo al menos 1 cm, si es posible. Si no es posible mantener las manos con las palmas hacia arriba, se pueden colocar de perfil, como se muestra en la Figura 6.1. En cuanto a la posición de los pies, existen algunas diferencias entre los principales fabricantes; en el caso de los dispositivos GE, los pies deben estar en posición neutra con los tobillos juntos con la ayuda de una banda, como se ve también en la Figura 6.1,⁸ mientras que el fabricante Hologic recomienda que ambas piernas permanezcan separadas y en rotación interna durante todo el examen, como se muestra en la Figura 6.2.⁵



Figura 6.1. Posición en el dispositivo GE. Rodillas y tobillos debe ir juntos con una banda, las palmas de las manos deben estar al menos a 1 cm del cuerpo. Si esto no es posible, las manos pueden colocarse de perfil.

Fuente: Maeda et al., 2022.⁵

Finalmente, se deben tener en cuenta los límites de peso y las dimensiones de altura y anchura que se enumeran en la Tabla 6.1, y se debe indicar al paciente que permanezca inmóvil durante la adquisición de las imágenes.

En la Figura 6.3 se observa un artefacto de movimiento de la cabeza.

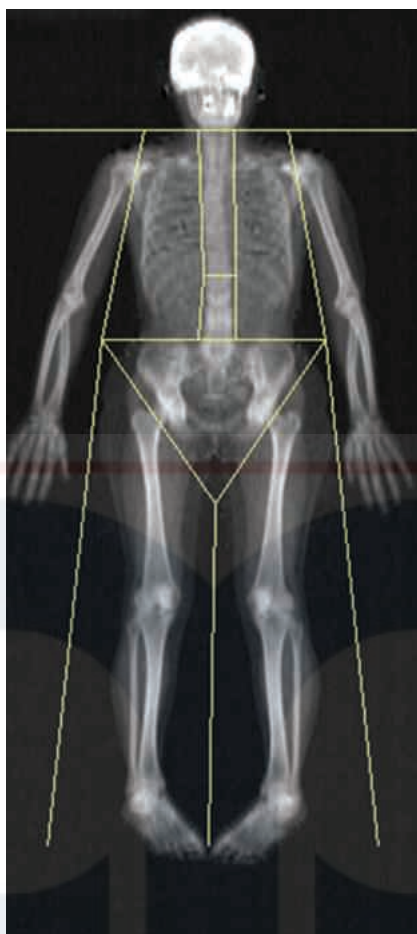


Figura 6.2. Posicionamiento en el sistema Hologic. El fabricante Hologic recomienda que ambas piernas permanezcan separadas y en rotación interna durante todo el examen.⁵
Fuente: archivo de imágenes del autor.

Tabla 6.1. Límites de peso y dimensiones de altura y anchura de la mesa para diferentes modelos de DXA

Modelo	Límite de peso (kg)	Longitud de la mesa (cm)	Ancho de la mesa (cm)
Lunar iDXA	205	197,5	66
Lunar Prodigy	159	197,5	60
Lunar DPX-NT	136	195,0	56,7
Hologic Discovery A	205	195,6	67
Hologic Discovery W/Wi	205	195,6	65
Hologic QDR 4500 A	136	195,6	67
Hologic QDR 4500 W/Wi	136	195,6	65

Fuente: adaptado de Maeda et al., 2022.⁵

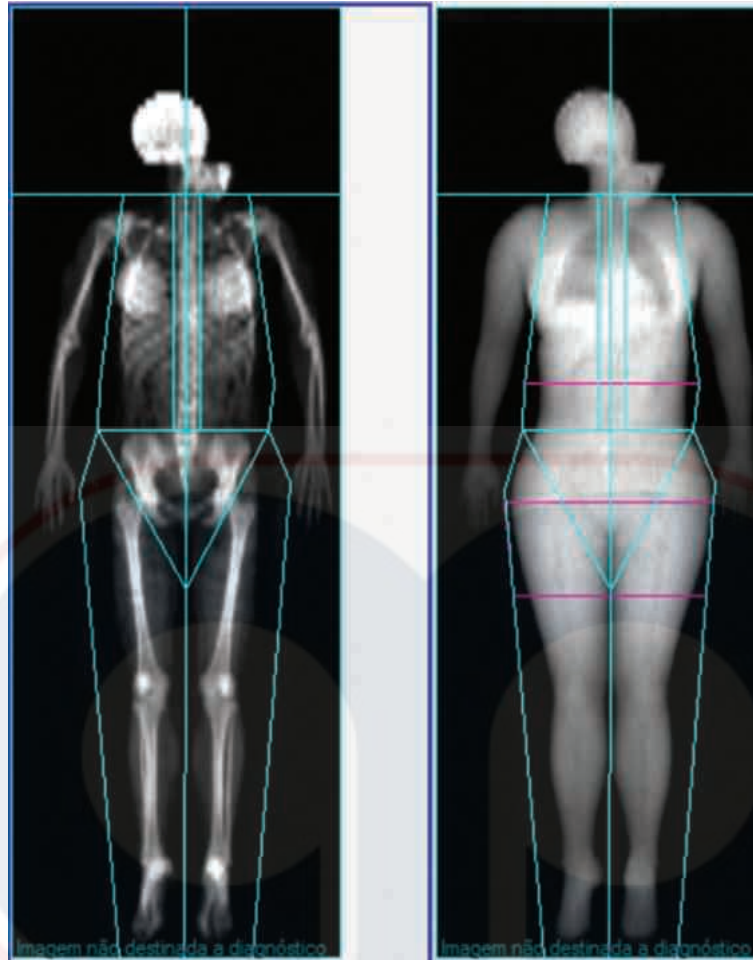


Figura 6.3. Artefacto de movimiento de la cabeza. Se recomienda una nueva adquisición.
Fuente: archivo de imágenes del autor.

ANÁLISIS

En primer lugar, se debe ajustar el brillo y el contraste con el fin de ayudar a identificar los artefactos y las referencias anatómicas para definir las regiones de interés (ROI, por sus siglas en inglés). De acuerdo con las recomendaciones de ABRASSO⁵ y de los fabricantes, la posición correcta de las ROI se describe en la Tabla 6.2 y en la Figura 6.4.

Tabla 6.2. Posicionamiento adecuado de las regiones de interés (ROI)

ROI	Posición
1. Cabeza	Inmediatamente debajo de la barbilla
2. Brazos	Pasando por las articulaciones glenohumerales y separando los brazos y las manos del resto del cuerpo
3. Columna vertebral	Ajustada lo más cerca posible de las vértebras
4. Pelvis	La línea superior debe tocar las crestas ilíacas y las líneas oblicuas deben pasar por los cuellos femorales sin entrar en contacto con el isquion
5. Piernas	Las manos y los antebrazos deben estar separados de las piernas
6. Parte central de la pierna	Debe seguir la división entre las piernas

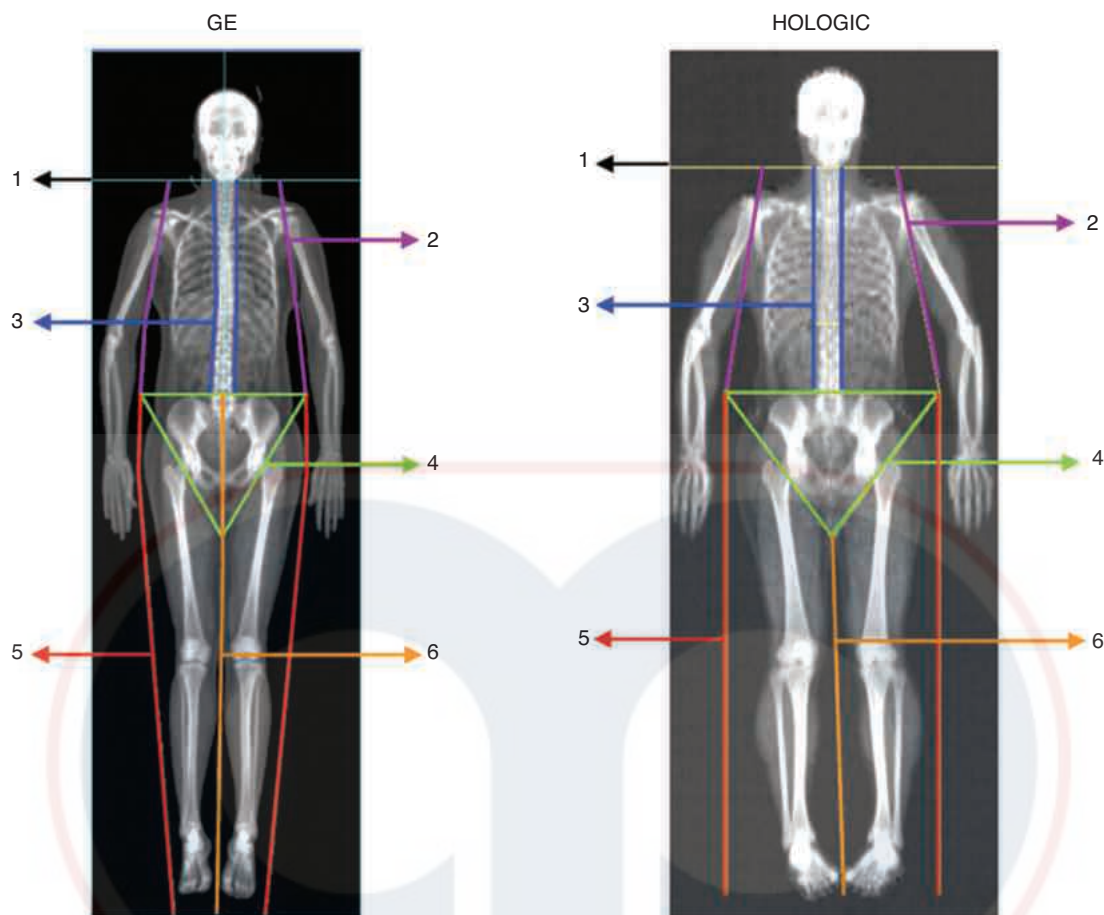


Figura 6.4. Posicionamiento de las regiones de interés (ROI) en los sistemas GE-Lunar y Hologic, respectivamente.
Fuente: archivo de imágenes del autor.

EVALUACIÓN DE LA MASA GRASA

A continuación, se describen las principales variables de la masa grasa validadas en personas mayores de 20 años.

Índice de masa grasa (IMG)

Es una variable más específica que el IMC en relación con la cantidad de grasa corporal. Se calcula mediante la relación entre la grasa corporal total (en kilogramos) y la altura al cuadrado (en metros cuadrados). La Tabla 6.3 presenta los puntos de corte para la clasificación de la adiposidad según el FMI.⁹

Tabla 6.3. Clasificación de la grasa corporal según el índice de masa grasa (IMG)

Clasificación	Hombres	Mujeres
Déficit grave de grasa	< 2	< 3,5
Déficit moderado de grasa	2,0 a < 2,3	3,5 a < 4
Déficit leve de grasa	2,3 a < 3	4 a < 5
Normal	3 a 6	5 a 9
Exceso de grasa	> 6 a 9	> 9 a 13

(Continúa)

Tabla 6.3. Clasificación de la grasa corporal según el índice de masa grasa (IMG)

Clasificación	Hombres	Mujeres
Obesidad clase I	> 9 a 12	> 13 a 17
Obesidad clase II	>12 a 15	> 17 a 21
Obesidad clase III	> 15	> 21

Leyenda: los valores se expresan en kg/m^2 .

Fuente: Studenski SA, Peters KW, Alley DE, et al. El proyecto FNIH sobre sarcopenia: fundamentos, descripción del estudio, recomendaciones de la conferencia y estimaciones finales. J Gerontol A Biol Sci Med Sci. 2014;69:547–58.

Relación entre grasa androide y ginoide (relación A/G)

La ROI de la región androide tiene su límite inferior en la parte superior de la pelvis (crestas ilíacas) y una altura que corresponde al 20 % de la distancia entre la pelvis y el mentón. Por su parte, la ROI de la región ginoide comienza por debajo de la parte superior de la cresta ilíaca, a una distancia de 1,5 veces la altura de la ROI androide, y tiene el doble de altura que la misma región androide (Figura 6.5).⁶

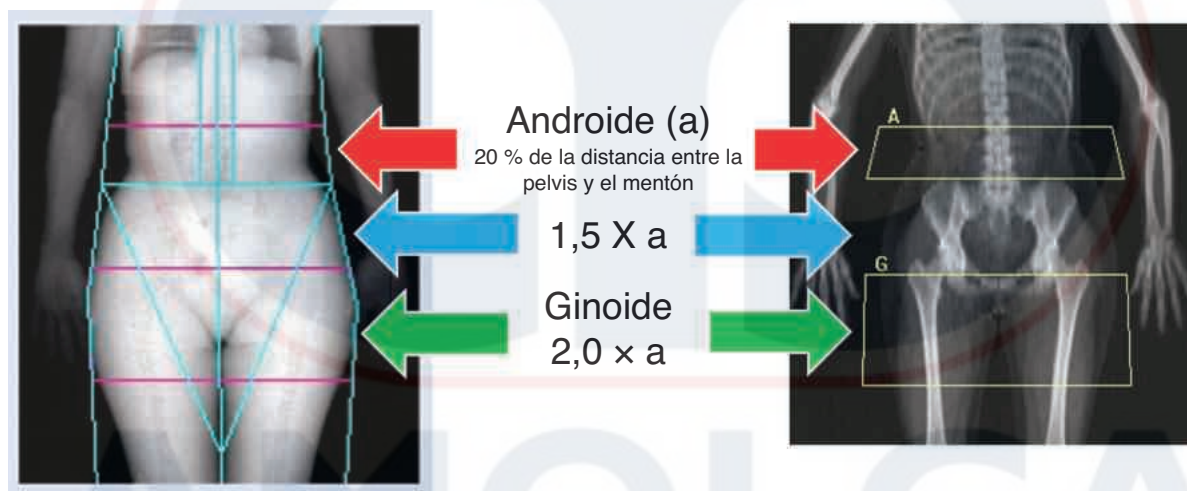


Figura 6.5. ROI androide y ginoide. En la imagen de la izquierda, las ROI androide y ginoide están marcadas en color rosa en el sistema GE-Lunar. En la imagen de la derecha, la ROI androide está marcada con la letra A y la ginoide con la letra G en el sistema Hologic. Fuente: ISCD. Posiciones oficiales 2023.⁶

Tejido adiposo visceral

Algunos aparatos de DXA son capaces de estimar la cantidad de grasa visceral abdominal mediante un *software* específico. La medición se realiza en un área de 5 cm de grosor, situada 1 cm por encima de la cresta ilíaca, aproximadamente a la altura de la vértebra L4, y se calcula como la diferencia entre la grasa androide y la grasa subcutánea.⁶ El Tejido adiposo visceral (VAT, por sus siglas en inglés) medido por DXA tiene una alta correlación con el VAT medido por tomografía computarizada y resonancia magnética.¹⁰ Aunque los estudios poblacionales han proporcionado valores de referencia para el VAT, aún no existe una estandarización.

EVALUACIÓN DE LA MASA MAGRA

Los principales criterios validados para la evaluación de la masa magra en adultos son los definidos por Baumgartner, que considera la masa magra apendicular (MMA) ajustada a la altura al cuadrado,¹¹ y los del Proyecto de Sarcopenia de los Institutos Nacionales de Salud (NIH), que ajusta la masa magra al IMC.¹² La MMA es la suma de la masa magra de los miembros superiores e inferiores.

Criterio de Baumgartner o índice de masa magra apendicular (IMMA)

Se calcula dividiendo la MMA (en kg) por la altura al cuadrado (en m²). Se considera baja masa muscular cuando el IMMA está dos o más desviaciones estándar por debajo de la media específica por sexo obtenida en el estudio Rosetta, en el que se evaluó a adultos de entre 18 y 40 años y cuyos puntos de corte del IMMA son: < 7,26 kg/m² para hombres y < 5,45 kg/m² para mujeres.¹¹ Además, se identificaron diferencias significativas en la prevalencia de baja masa magra entre las poblaciones asiáticas y blancas cuando se aplicó la misma definición, lo que destaca la importancia de utilizar valores de referencia específicos para cada población, si están disponibles.⁶

Criterio de los *National Institutes of Health* (NIH)

Se calcula mediante la relación entre la MMA (en kg) dividida por el IMC (kg/m²) y se correlaciona con los resultados de la fuerza muscular en personas mayores de 65 años. Así, los valores que corresponden a una masa magra baja son: < 0,512 para las mujeres y < 0,789 para los hombres.¹³

DATOS QUE DEBEN SER INCLUIDOS EN EL INFORME DE COMPOSICIÓN CORPORAL POR DXA

Los siguientes parámetros deben figurar en el informe de composición corporal:⁶

- **Datos antropométricos:** peso corporal (kg), estatura (m) e IMC (kg/m²).
- **Evaluación de la masa ósea:** contenido mineral óseo (en g), densidad mineral ósea (en g/cm²) y puntuación Z. Niños y adolescentes (< 20 años): cuerpo completo sin la cabeza (TBLH [*total body less head*] o subtotal) y utilizar la puntuación Z.
- **Evaluación de la masa grasa:** masa grasa total (kg), porcentaje de grasa corporal, índice de masa grasa (FMI, en kg/m²), relación androide-ginoide (A/G) y tejido adiposo visceral (VAT, en g o g/cm³ en dispositivo GE o g o g/cm² en dispositivo Hologic), si está disponible.
- **Evaluación de la masa magra:** masa magra total (kg), masa magra apendicular (MMA, en kg), índice de masa magra apendicular (MMA ajustado por la estatura²) (kg/m²) y masa magra apendicular ajustada por el IMC (MMA/IMC), en personas mayores de 65 años.

SITUACIONES ESPECIALES

Obesidad

En la práctica diaria hay situaciones en las que el cuerpo del paciente excede los límites de anchura del campo de adquisición, incluso cuando se intenta colocar la mano de perfil. En estos casos, la extremidad superior izquierda debe retirarse del área de adquisición, como se muestra en la Figura 6.6, y el área de adquisición debe incluir todo el tronco, las extremidades inferiores y la extremidad superior derecha, lo que se denomina exploración con desplazamiento, cuando la línea sagital media del paciente se desplaza de la línea media de la mesa para permitir la exploración completa de los segmentos descritos. La imagen especular en el dispositivo GE o el modo reflejo en Hologic pueden activarse en el *software* y, de esta manera, los datos de la extremidad superior derecha se duplican para la extremidad superior izquierda.

Personas muy altas

Otra situación cotidiana que puede darse es la de personas muy altas, en cuyo caso la cabeza o los pies pueden quedar excluidos del examen.⁵ Dado que los índices apendiculares utilizan los brazos y las piernas para su cálculo, es preferible excluir parte de la cabeza (Figura 6.7).

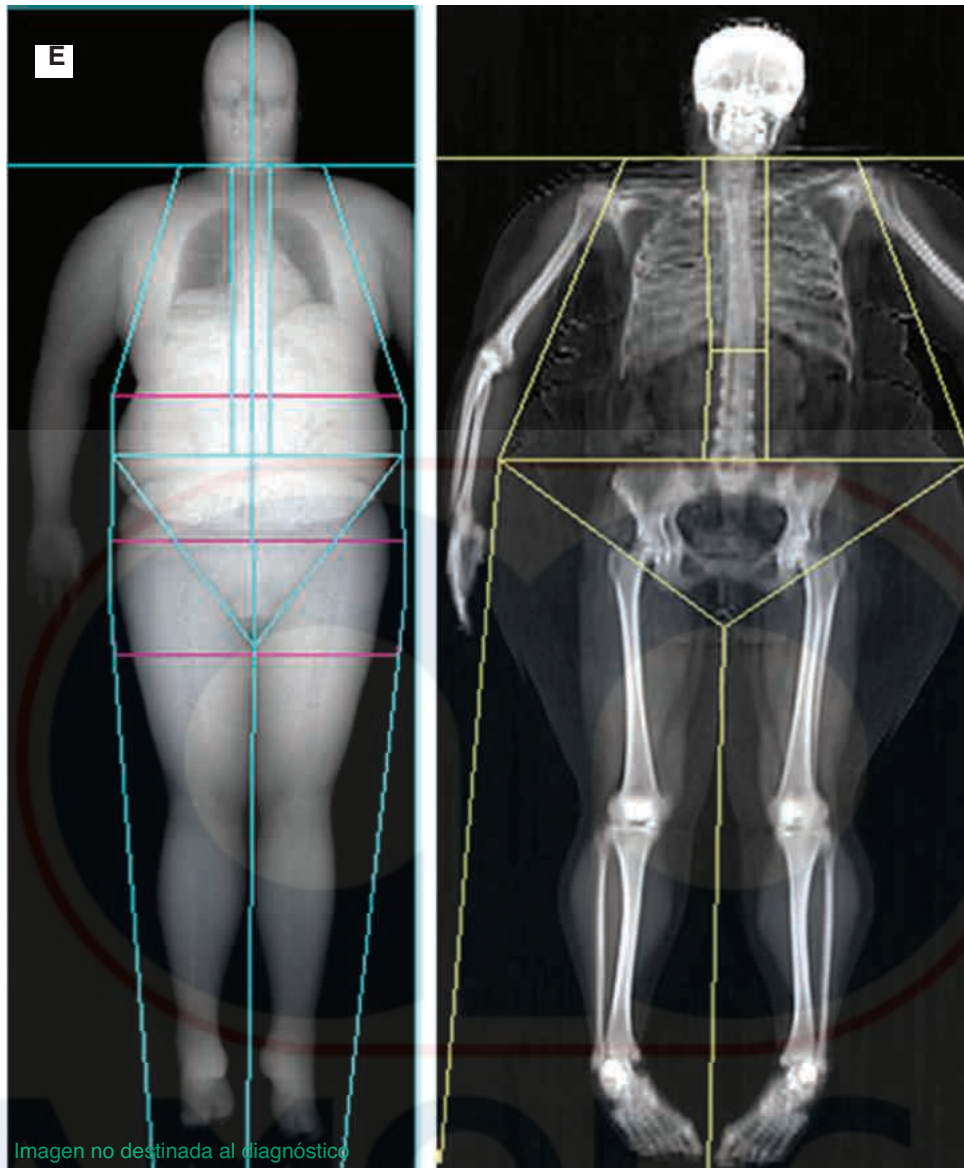


Figura 6.6. Escaneo con desplazamiento. Cuando el cuerpo del paciente es más ancho que las dimensiones del área de adquisición, la línea sagital media del paciente se desplaza de la línea media de la mesa para permitir el escaneo completo del tronco, las extremidades inferiores y la extremidad superior derecha. Los datos de la extremidad superior derecha se replicarán para la extremidad superior izquierda. En los dispositivos GE (imagen de la izquierda), el lado estimado aparece con la representación (E) en las tablas. La imagen de la derecha muestra el protocolo de escaneo con desplazamiento en el dispositivo Hologic.
Fuente: archivo de imágenes de los autores.

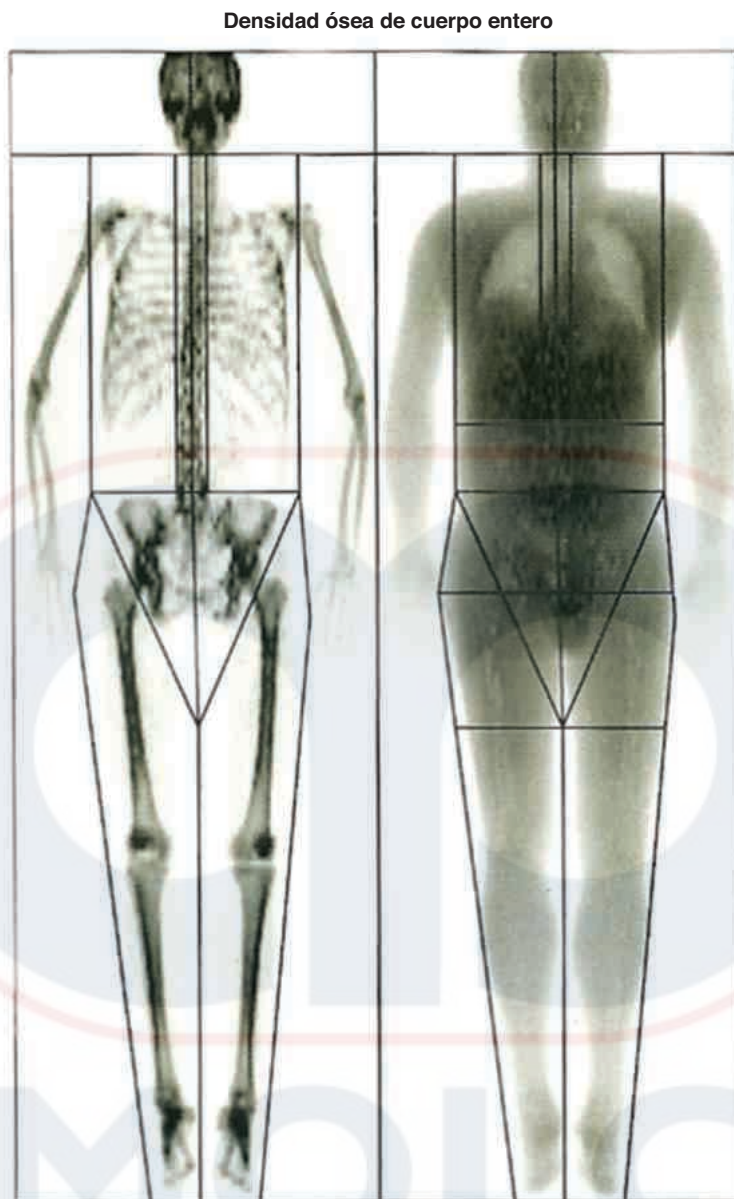


Figura 6.7. En el caso de personas muy altas, para poder calcular los índices apendiculares, se opta por excluir parte de la cabeza.
Fuente: archivo de imágenes de los autores.

Pacientes con amputaciones

En pacientes con amputación incompleta, el sistema describirá los resultados de ambos lados. Sin embargo, cuando la amputación es total, el sistema puede interpretarlo como un escaneo compensado y reflejar automáticamente los resultados. En este caso, se debe desactivar el modo de exploración con desplazamiento,⁵ y el informe debe recomendar precaución en la interpretación de los datos, ya que los valores de los índices apendiculares pueden estar subestimados (Figura 6.8).

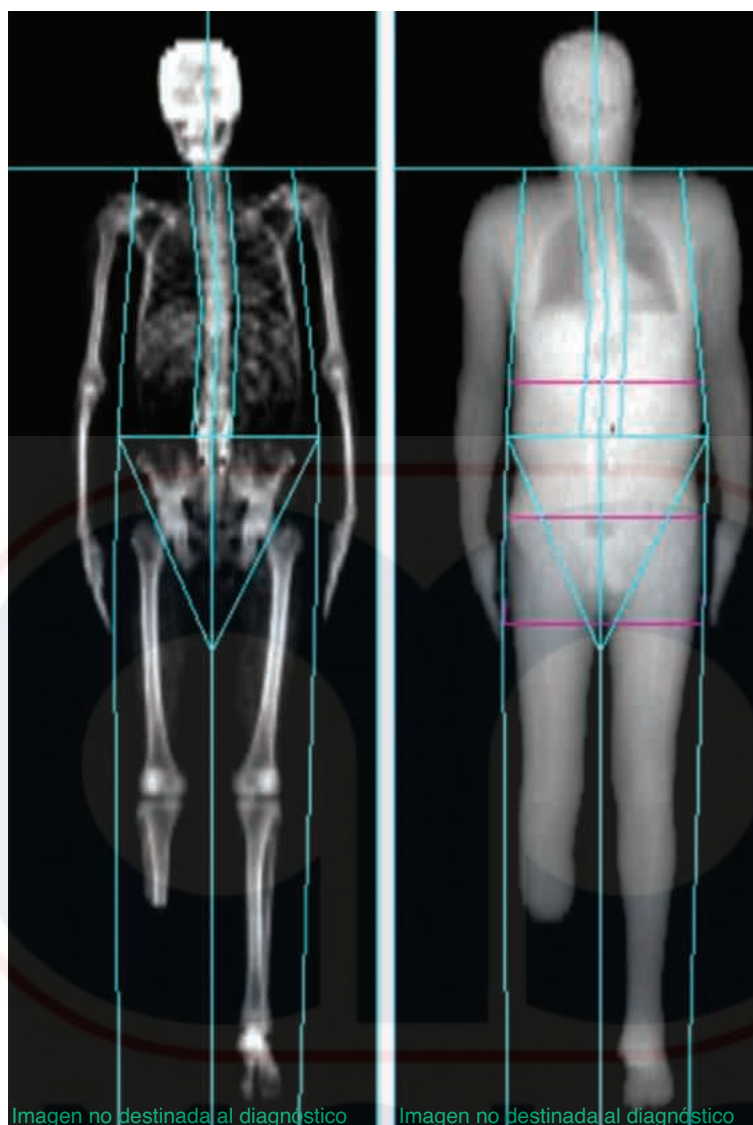


Figura 6.8. Ejemplo en el que el paciente sufrió una amputación parcial de la pierna derecha.
Fuente: archivo de imágenes de los autores.

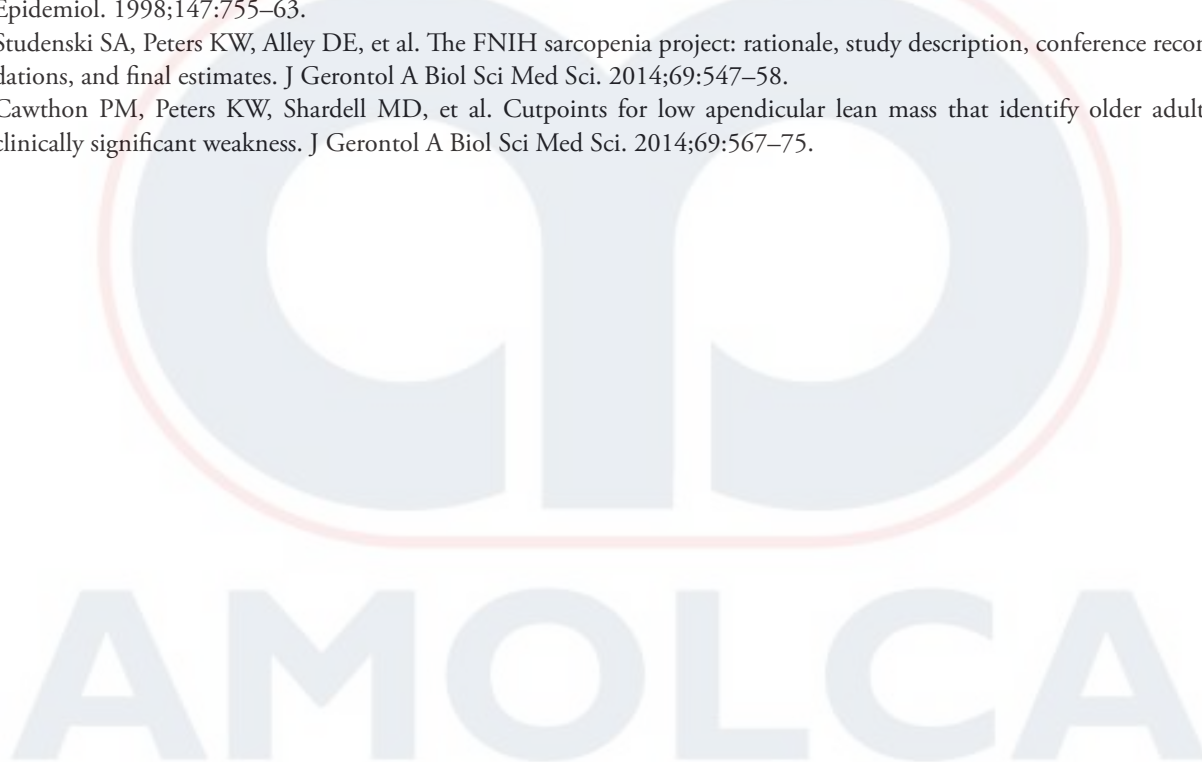
CONCLUSIÓN

La composición corporal por DXA se ha consolidado como un método preciso y accesible, y se ha convertido hoy en día en una realidad en la práctica clínica diaria. Su uso permite ampliar la comprensión sobre la salud, la nutrición y las enfermedades, lo que lo convierte en una herramienta valiosa para la atención integral del paciente.

REFERENCIAS

1. Berrington de Gonzalez A, Hartge P, Cerhan JR, Flint AJ, Hannan L, MacInnis RJ, et al. Body-mass index and mortality among 1.46 million white adults. *N Engl J Med.* 2010;363:2211–2219.
2. Bhaskaran K, Dos-Santos-Silva I, Leon DA, Douglas IJ, Smeeth L. Association of BMI with overall and cause-specific mortality: a population-based cohort study of 3.6 million adults in the UK. *Lancet Diabetes Endocrinol.* 2018;6:944–953.
2. Heymsfield SB, Ebbeling CB, Zheng J, Pietrobelli A, Strauss BJ, Silva AM, et al. Multi-component molecular-level body composition reference methods: evolving concepts and future directions. *Obes Rev.* 2015;16:282–294.

3. Shepherd JA, Ng BK, Sommer MJ, Heymsfield SB. Body composition by DXA. *Bone*. 2017;104:101–105.
4. Maeda SS, Peters BSE, Martini LA, Antunes HKM, Gonzalez MC, Arantes HP, et al. Official position of the Brazilian Association of Bone Assessment and Metabolism (ABRASSO) on the evaluation of body composition by densitometry: part I (technical aspects)—general concepts, indications, acquisition, and analysis. *Advances in Rheumatology*. 2022;62:1–25.
5. Maeda SS, Albergaria B-H, Szejnfeld VL, Lazaretti-Castro M, Arantes HP, Ushida M, et al. Official Position of the Brazilian Association of Bone Assessment and Metabolism (ABRASSO) on the evaluation of body composition by densitometry- part II (clinical aspects): interpretation, reporting, and special situations. *Adv Rheumatol*. 2022;62:11.
6. ISCD. Official positions 2023. Disponível em: <https://iscd.org/official-positions-2023/>. Acesso em: 28 set. 2024.8. ISCD. Official Positions of the International Society for Clinical Densitometry: acquisition of dual-energy X-ray absorptiometry body composition and considerations regarding analysis and repeatability of measures. *J Clin Densitom*. 2013;16:520–536.9. Kelly TL, Wilson KE, Heymsfield SB. Dual energy X-Ray absorptiometry body composition reference values from NHANES. *PLoS ONE*. 2009;4:e7038.
7. Micklesfield LK, Goedecke JH, Punyanitya M, Wilson KE, Kelly TL. Dualenergy X-ray performs as well as clinical computed tomography for the measurement of visceral fat. *Obesity (Silver Spring)*. 2012;20:1109–14.
8. Baumgartner RN, Koehler KM, Gallagher D, et al. Epidemiology of sarcopenia among the elderly in New Mexico. *Am J Epidemiol*. 1998;147:755–63.
9. Studenski SA, Peters KW, Alley DE, et al. The FNIH sarcopenia project: rationale, study description, conference recommendations, and final estimates. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 2014;69:547–58.
10. Cawthon PM, Peters KW, Shardell MD, et al. Cutpoints for low appendicular lean mass that identify older adults with clinically significant weakness. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 2014;69:567–75.



AMOLCA