

Original

Utilidad de la densitometría como método de valoración del estado nutricional del deportista. Comparación con el índice de masa corporal

J.R. Infante^{a,*}, C. Reyes^a, M. Ramos^b, J.I. Rayo^a, R. Lorente^c, J. Serrano^a, M.L. Domínguez^a, L. García^a, C. Durán^a y R. Sánchez^a

^a Servicio de Medicina Nuclear, Complejo Hospitalario Universitario de Badajoz, Badajoz, España

^b Emergencias Sanitarias de Extremadura 112, Área de Salud de Plasencia-Navalmoral, Cáceres, España

^c Servicio de Traumatología y Ortopedia, Complejo Hospitalario Universitario de Badajoz, Badajoz, España

INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

Historia del artículo:

Recibido el 18 de mayo de 2012

Aceptado el 23 de septiembre de 2012

On-line el 17 de noviembre de 2012

Palabras clave:

Densitometría

Índice de masa corporal

Índice de masa grasa

Índice de masa magra

Deportista

R E S U M E N

El índice de masa corporal (IMC) es utilizado para valorar el estado nutricional. En los deportistas su resultado puede estar sobreestimado por un aumento de la masa muscular.

Objetivo: Valorar la utilidad de la determinación mediante densitometría de los índices de masa grasa (IMG) y magra (IMM) como indicadores del estado nutricional, comparando los resultados con el IMC.

Material y métodos: Se estudiaron 28 deportistas aficionados, jugadores de rugby, de sexo masculino. Tras ser sometidos a una densitometría de cuerpo entero mediante absorciometría dual de rayos X se determinaron, entre otros parámetros, la masa grasa y magra del cuerpo. Se calcularon los IMG (grasa en kg/talla en metros²), IMM (magra en kg/talla en metros²) y el índice de masa muscular apendicular (IMMA, musculatura en brazos y piernas en kg/talla en metros²).

Resultados: Utilizando el IMC, 18 jugadores presentaban sobrepeso y 4 obesidad de tipo I. Al considerar el IMG, 7 de estos deportistas presentaban valores normales con IMM e IMMA elevados, uno pasaba de obesidad a sobrepeso y otro de sobrepeso a obesidad. De los 6 jugadores con IMC normal, uno de ellos mostraba exceso de grasa y otro de sobrepeso a obesidad. Los resultados cambiaron la valoración del estado nutricional en el 39% de los jugadores estudiados.

Conclusiones: Aunque para la población general el IMC es un parámetro adecuado para la valoración del estado nutricional, en los deportistas debe tenerse en cuenta el porcentaje de grasa y de musculatura determinando sus índices correspondientes. La densitometría de cuerpo entero resulta ser una técnica fiable y sencilla para este propósito.

© 2012 Elsevier España, S.L. y SEMNIM. Todos los derechos reservados.

The usefulness of densitometry as a method of assessing the nutritional status of athletes. Comparison with body mass index

A B S T R A C T

The body mass index (BMI) is used to assess nutritional status. The result in athletes may be overestimated due to increase in muscle mass.

Objective: To assess the usefulness of fat mass index (FMI) and lean mass index (LMI) determination as indicators of nutritional status and to compare the results with BMI.

Material and methods: We studied 28 amateur rugby players, male. After being subjected to whole body densitometry by dual X-ray absorptiometry, we determined fat and lean body mass together with other parameters. FMI (fat in kg/height in meters²), LMI (lean in kg/height in meters²) and appendicular mass index (AMMI, arms and legs musculature in kg/height in meters²) were calculated.

Results: Using BMI, 18 players were overweight and 4 obese type I. Considering FMI, 7 of them had normal values and high LMI and AMMI, one of them changed from overweight to obese and another one from obese to overweight. Of the 6 players with normal BMI, one of them showed fat excess and another one fat defect. The results changed the assessment of nutritional status in 39% of players.

Conclusions: Although BMI is an appropriate parameter in general population for the assessment of nutritional status, in athletes should be taken into account fat and muscle body percentage and their corresponding indexes. The whole body densitometry appears to be a simple and reliable technique for this purpose.

© 2012 Elsevier España, S.L. and SEMNIM. All rights reserved.

Keywords:

Densitometry

Body mass index

Fat mass index

Lean mass index

Athlete

Introducción

El índice de masa corporal (IMC) o índice de Quetelet se define como el cociente entre el peso de un individuo y su altura elevada al cuadrado. Es utilizado para la valoración del estado nutricional,

* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: infantetorre@yahoo.com (J.R. Infante).

siendo el método usado en estudios epidemiológicos y el recomendado por organizaciones de salud y sociedades médicas por su fácil uso y su reproducibilidad¹. No obstante, su valor se ve influenciado por la masa muscular, la estructura ósea, el sexo y la raza. Además, la relación entre el IMC y la masa grasa no es lineal, sobre todo en niños, jóvenes y ancianos².

En el deporte es importante la determinación del estado nutricional del atleta, ya que su alteración permite valorar la adaptación a diferentes tipos de entrenamientos³. Una alta proporción de masa grasa se relaciona con un aumento en el gasto energético, mientras que su disminución reduce el rendimiento. Un súbito cambio en la composición corporal puede ser un signo de problemas de salud⁴.

La absorciometría de doble energía de rayos X (DXA) determina la composición corporal considerando 3 componentes: el tejido magro, la grasa y el hueso. Los valores obtenidos permiten calcular los índices de masa grasa (IMG) y magra (IMM) como indicadores del estado nutricional⁵.

Puesto que en los deportistas el IMC puede estar sobreestimado debido al aumento de la masa muscular, el objetivo de nuestro estudio fue valorar la utilidad de la DXA para la determinación del estado nutricional en atletas, comparando los resultados hallados por los 2 métodos.

Material y métodos

El grupo en estudio estaba constituido por 28 deportistas aficionados de sexo masculino y raza caucasiana, todos ellos pertenecientes al club de rugby de la ciudad. La media de edad era de 29 años (rango de 19 a 43 años). Su actividad física se correspondía con un programa de entrenamiento-juego de 5-6 h a la semana, compita en liga regional.

El protocolo de estudio incluía un consentimiento informado por escrito, la medida de la talla y el peso utilizando una báscula con tallímetro y una densitometría de cuerpo completo, siendo aprobado por el Comité Ético del Complejo Hospitalario. La exploración se llevó a cabo en el mes de octubre, es decir, al comienzo de la temporada deportiva regular. Para ello, se utilizó un equipo de absorciometría dual de rayos X Norland XR46, realizándose un rastreo corporal total con una resolución de 2,8 mm × 7,8 mm a una velocidad de barrido horizontal del detector de 200 mm/s. Se solicitó a los deportistas que se quitaran la ropa, anillos, relojes y todo aquello que pudiera ser causa de artefacto.

La exploración referida determina, entre otros parámetros, la masa grasa y magra de todo el cuerpo y de sus diferentes partes, incluyendo brazos y piernas. Con base en estos parámetros se calculan los IMG (grasa en kg/talla en metros²), así como el índice de masa muscular apendicular (IMMA, musculatura en brazos y piernas en kg/talla en metros²). El procesamiento de los estudios, que incluye la definición de las áreas de interés en las diferentes partes del cuerpo, fue llevado a cabo por el mismo investigador. Igualmente se calculó el IMC (peso en kg/talla en metros²).

Se consideraron los criterios de valoración para el IMC recomendados por la Organización Mundial de la Salud (normal entre 18,5 y 24,99 kg/m²; sobrepeso entre 25,00 y 29,99 kg/m²; obesidad de tipo I entre 30,00 y 34,99 kg/m²)⁶. Atendiendo a los valores de referencia de la National Health and Nutrition Examination Survey⁷ y los publicados por Schutz et al.⁸ se valoró como IMG dentro de la normalidad valores por debajo de 6 kg/m², exceso de peso entre 6 y 9 kg/m² y obesidad de tipo I ante valores por encima de 9 kg/m². Medias de IMM superiores a 20 kg/m² y de IMMA por encima de 9 kg/m² se consideraron como elevadas.

Se separó el grupo en estudio en jugadores delanteros (en general, los encargados de luchar por el balón y formar en las fases estáticas del juego) y de la línea de tres cuartos (en general,

jugadores rápidos, importantes en las fases dinámicas) con el objeto de valorar posibles diferencias.

Para el análisis de las diferencias entre los valores medios de las diferentes variables se ha utilizado la prueba U de Mann-Whitney. El análisis de las correlaciones entre las variables estudiadas se ha realizado mediante el cálculo del coeficiente de correlación de Spearman. Para los test estadísticos utilizados se ha considerado un nivel de significación por encima del 95% ($p < 0,05$)⁹.

Resultados

Los resultados de los diferentes parámetros determinados se recogen en 3 tablas. La **tabla 1** muestra las características físicas de los sujetos de los estudios, los valores del estudio densitométrico y el resultado de los índices calculados.

La **tabla 2** muestra la mediana y el rango de dichos parámetros, considerando por separado el conjunto de jugadores delanteros y de la línea de tres cuartos junto con la significación estadística al comparar ambos grupos. Se aprecian diferencias significativas en el peso, masa magra, grasa y los 4 índices calculados (IMC, IMG, IMM e IMMA), reflejo de las características propias del deporte.

La **tabla 3** presenta el resultado del análisis de las correlaciones entre los 4 índices calculados. El IMC se correlaciona significativamente con los otros 3, así como el IMM con el IMMA. No se evidencia relación significativa entre el IMG y los IMM e IMMA.

Atendiendo a la clasificación de la Organización Mundial de la Salud del estado nutricional de acuerdo con el IMC, de los 28 sujetos, 18 se catalogaron con sobrepeso (IMC entre 25,00 y 29,99 kg/m²) y 4 como obesos de tipo I (entre 30,00 y 34,99 kg/m²). Únicamente 6 deportistas mostraban valores dentro de la normalidad (entre 18,5 y 24,99 kg/m²).

Al aplicar los criterios basados en el IMG al grupo considerado con sobrepeso, 7 presentaban valores dentro de la normalidad ($> 6,9$ kg/m²) con IMM e IMMA elevados ($>$ percentil 90 y $> 9,9$ kg/m², respectivamente), uno pasaba a clasificarse como obesidad de tipo I, mientras que los 10 sujetos restantes no modificaron su clasificación, aun mostrando 8 de ellos un elevado IMMA.

De los 4 obesos de tipo I atendiendo al IMC, uno de ellos pasó a presentar exceso de grasa aplicando el IMG, igualmente con elevado IMM e IMMA. Por último, de los 6 jugadores con IMC normal (entre 18,5 y 24,99 kg/m²), uno de ellos mostraba exceso de grasa y otro déficit moderado.

De esta manera, los resultados obtenidos cambiaron la valoración del estado nutricional en 11 deportistas, lo que suponía el 39% de los jugadores que conformaban el grupo en estudio (**fig. 1**).

La **figura 2** muestra un ejemplo de exploración densitométrica en un sujeto mal catalogado de sobrepeso en función únicamente del IMC.

Discusión

La densitometría es considerada una exploración básica para el estudio de la osteoporosis y otras enfermedades óseas. Su principal indicación es la determinación de la densidad mineral ósea ante la presencia de factores de riesgo de fractura como la edad avanzada, el tratamiento con corticoides o la inactividad física. Asimismo, la técnica se utiliza para la monitorización de pacientes sometidos a tratamientos que afectan a la médula ósea y para la valoración de la absorción del hueso periprotésico^{10,11}.

La DXA presenta un mayor flujo fotónico con respecto a los densitómetros basados en fuentes de radioisótopos, permitiendo una disminución en el tiempo de adquisición y una mejora en resolución y precisión¹². Aunque el número de equipos DXA utilizados en servicios de Medicina Nuclear ha disminuido en

Tabla 1
Características físicas y resultado de los parámetros determinados en los sujetos en estudio

Puesto	Edad años	Talla cm	Peso kg	IMC kg/m ²	DMO g/cm ²	Grasa kg	IMG kg/m ²	Magra kg	IMM kg/m ²	IMMA kg/m ²
D	23	174	94	31,05	1,11	32,517	10,74	54,769	18,09	8,61
D	26	187	99	28,31	1,21	24,895	7,12	67,622	19,34	9,60
D	22	179	94	29,34	1,14	28,010	8,74	61,666	19,25	9,76
D	22	188	85	24,05	1,16	12,244	3,46	64,361	18,21	8,76
D	41	172	95	32,11	1,19	30,420	10,28	59,986	20,28	10,10
D	26	178	95	29,98	1,22	31,576	9,97	58,371	18,42	9,55
D	30	172	86	29,07	1,19	22,503	7,61	59,488	20,11	10,26
D	36	176	86	27,76	1,16	16,196	5,23	65,371	21,10	10,89
D	43	180	95	29,32	1,33	18,413	5,68	69,818	21,55	9,69
D	32	187	121	34,60	1,31	35,683	10,20	77,291	22,10	11,81
D	19	162	80	30,48	1,16	23,579	8,98	58,193	22,17	11,37
L	23	186	86	24,86	1,28	23,250	6,72	56,637	16,37	7,64
L	42	174	81	26,75	1,20	19,207	6,34	55,542	18,35	8,69
L	25	170	74	25,61	1,03	17,973	6,22	51,569	17,84	8,74
L	22	161	70	27,01	1,03	20,867	8,05	47,087	18,17	8,55
L	25	186	86	24,86	1,10	7,294	2,11	64,727	18,71	9,02
L	36	176	77	27,94	1,07	21,663	7,86	52,035	18,88	9,17
L	23	171	73	24,96	1,09	14,119	4,83	54,784	18,74	9,25
L	23	173	80	26,73	1,24	16,993	5,68	57,891	19,34	9,37
L	21	181	81	24,72	1,11	16,572	5,06	59,484	18,16	9,41
L	28	169	80	28,01	1,07	23,366	8,18	52,820	18,49	9,48
L	31	183	83	24,78	1,19	17,831	5,32	59,957	17,57	8,94
L	40	175	80	26,12	1,18	20,908	6,83	53,319	17,41	9,06
L	30	172	79	26,70	1,33	12,544	4,24	61,691	20,85	10,61
L	43	172	83	28,06	1,29	17,665	5,88	60,823	20,08	10,37
L	41	160	75	29,30	1,06	22,739	8,88	48,484	18,94	9,14
L	26	171	78	26,67	1,13	17,558	6,00	55,996	19,15	9,61
L	21	173	84	28,07	1,20	15,399	5,15	63,066	21,07	10,37

D: delanteros; DMO: densidad mineral ósea; IMC: índice de masa corporal; IMG: índice de masa grasa; IMM: índice de masa magra; IMMA: índice de masa muscular apendicular; L: línea de tres cuartos.

Tabla 2
Comparación entre jugadores delanteros y de la línea de tres cuartos

	Delantero (n = 11)	Línea (n = 17)	
Edad, años	26 (19-43)	26 (21-43)	NS
Talla, cm	178 (162-188)	172 (160-186)	NS
Peso, kg	94 (80-121)	80 (70-86)	p < 0,01
IMC, kg/m ²	29,3 (24,0-34,6)	26,7 (24,7-29,3)	p < 0,01
DMO, g/cm ²	1,1 (1,1-1,3)	1,1 (1,0-1,3)	NS
Grasa, kg	24.895 (12.244-35.683)	17.831 (7.294-23.366)	p < 0,01
IMG, kg/m ²	8,7 (3,4-10,7)	6,0 (2,1-8,8)	p < 0,05
Magra, kg	61.666 (54.769-77.291)	55.996 (47.087-64.727)	p < 0,01
IMM, kg/m ²	20,1 (18,0-22,1)	18,7 (16,3-21,0)	p < 0,05
IMMA, kg/m ²	9,7 (8,6-11,8)	9,1 (7,6-10,6)	p < 0,05

Valores expresados como mediana y rango, junto con la significación estadística.

DMO: densidad mineral ósea; IMC: índice de masa corporal; IMG: índice de masa grasa; IMM: índice de masa magra; IMMA: índice de masa muscular apendicular; NS: no significativa.

estos últimos años, esta exploración representa un significativo porcentaje de los estudios realizados diariamente¹³.

El sobrepeso y la obesidad se caracterizan por un aumento de la masa grasa corporal, lo que se ha asociado a dislipidemia, diabetes, hipertensión arterial y algunos tipos de cáncer. La distribución de la grasa corporal se utiliza como predictor de enfermedades metabólicas, cardiovasculares o muerte prematura¹⁴.

La Organización Mundial de la Salud ha propuesto el IMC como parámetro para el diagnóstico del sobrepeso y la obesidad. Sus

valores de normalidad han sido definidos por dicha organización y, en España, por la Sociedad Española para el Estudio de la Obesidad^{6,15}.

Sin embargo, el IMC tiene en cuenta el peso total del individuo, sin diferenciar entre sus componentes de masa grasa y masa magra (músculos, vísceras, huesos, fluidos y proteínas circulares). Por ello, y por verse influido por el sexo, la raza y la edad, su exactitud para estimar la composición corporal es discutible, pudiendo conducir a una clasificación errónea del estado de sobrepeso u obesidad^{2,16}. Un exceso de peso puede ser producido por un aumento de tejido adiposo o por hipertrofia muscular. Sobrepeso no es sinónimo de aumento de grasa.

La determinación de la composición corporal en los deportistas durante el entrenamiento. Al existir en estos sujetos un mayor desarrollo muscular el IMC está sobreestimado, siendo los IMG e IMM parámetros más correctos para su valoración al presentar una mayor exactitud como indicadores del estado nutricional¹⁷. El

Tabla 3
Correlaciones entre índices

	IMC	IMG	IMM
IMMA	0,534 p < 0,01	0,093 NS	0,897 p < 0,01
IMM	0,577 p < 0,01	0,065 NS	
IMG	0,795 p < 0,01		

Valor r_s junto con su significación estadística.

IMC: índice de masa corporal; IMG: índice de masa grasa; IMM: índice de masa magra; IMMA: índice de masa muscular apendicular; NS: no significativa.

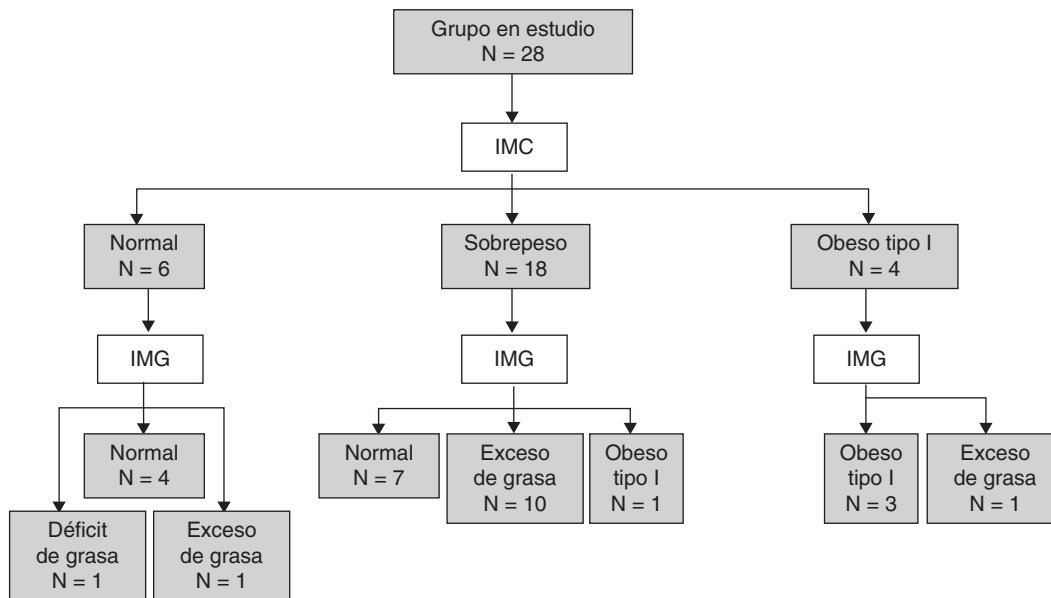


Figura 1. Clasificación del estado nutricional del grupo en estudio de acuerdo con el IMC y el IMG.

deportista puede tener un gran desarrollo muscular elevando su IMC sin afectar el porcentaje de grasa.

La DXA es el método de referencia para evaluar la composición corporal, mostrando una alta reproducibilidad en estudios con atletas¹⁸. La exposición a la radiación es muy baja. La dosis equivalente por estudio es del orden de 0,05 μ Sv, lo que supone un riesgo insignificante. La posibilidad que tiene la exploración para determinar la masa grasa, magra y el tejido muscular en brazos y piernas, donde existe poco tejido adiposo, permite el cálculo de los IMG, IMM e IMMA, este último de importancia para valorar la estimulación muscular durante el entrenamiento.

Nuestros resultados ponen de manifiesto la utilidad del cálculo de estos índices mediante la exploración densitométrica. Un porcentaje muy elevado de deportistas mostraban un IMC por encima de la normalidad debido al aumento en la masa muscular, siendo su IMG adecuado. Considerar a estos sujetos con sobrepeso conllevaría un cambio en su régimen alimenticio y/o un aumento excesivo en el tiempo de entrenamiento, lo que podría alterar su rendimiento deportivo. El caso contrario también se produce en nuestra serie:

uno de los atletas con IMC normal presentaba un déficit moderado de grasa (IMG de 2,11 kg/m^2), lo que se asocia igualmente a disminución en el rendimiento¹⁹.

Hemos encontrado correlaciones significativas entre el IMC y los otros 3 índices calculados (tabla 3), hallazgo coincidente con la literatura y lógico al considerar que la masa corporal es la suma de la masa magra y la grasa²⁰. La falta de correlación entre el IMG y los IMM e IMMA pone de manifiesto que modificaciones en uno de los componentes no supone cambios en el otro.

Al valorar las características físicas y el resultado de los parámetros determinados en el grupo en estudio se apreciaba una gran variabilidad, así como diferencias significativas entre el grupo de delanteros y el de la línea de tres cuartos. Los hallazgos resultan congruentes al considerar el tipo de deporte. La antropometría varía ampliamente entre jugadores de rugby, dependiendo esta de la posición en el campo de juego y el nivel deportivo alcanzado. En general los delanteros muestran una mayor masa corporal, necesaria para las fases estáticas del juego, mientras que en la línea de tres cuartos prima la agilidad y velocidad²¹.

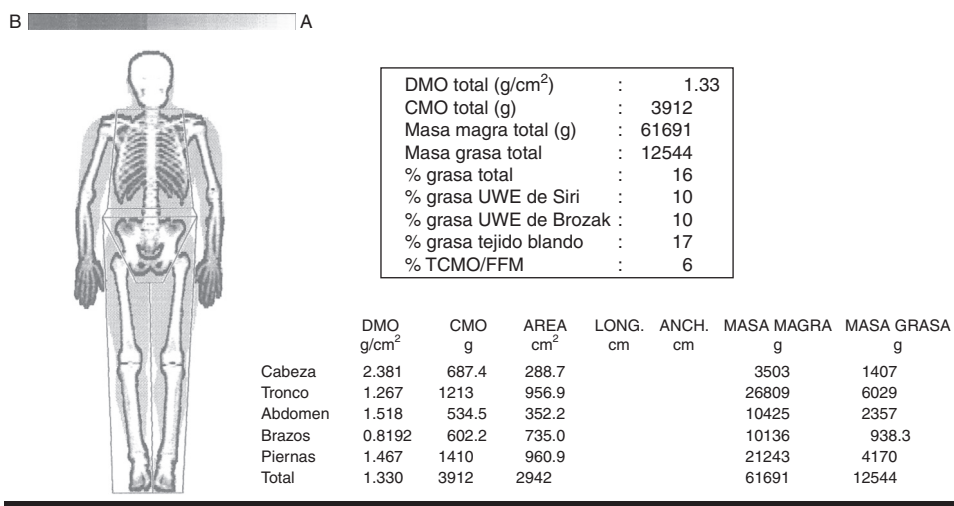


Figura 2. Ejemplo de un deportista mal catalogado de sobrepeso utilizando el IMC. Con una altura de 172 cm y un peso de 79 kg su IMC era de 26,7 kg/m^2 (por encima de los valores normales). En su exploración IMG fue de 4,2 kg/m^2 con una masa grasa de 12,544 kg (dentro de la normalidad), su IMM de 20,8 kg/m^2 con una masa magra de 61,691 kg e IMMA de 10,6 kg/m^2 con una masa magra de brazos de 10,136 kg y una masa magra de piernas de 21,243 kg, ambos superiores a los valores normales.

Asimismo, no resulta sorprendente el porcentaje de deportistas con exceso de grasa encontrados en nuestra serie. El rugby es un deporte aficionado en España y las motivaciones para acercarse a él son muy variadas, incluyendo la mejora de la forma física. Estudios realizados en equipos universitarios de países con larga tradición encuentran igualmente exceso de tejido adiposo en sus jugadores. Es conocido también que la dieta y la nutrición, incluyendo el consumo de alcohol, son parámetros tradicionalmente tenidas poco en cuenta por el jugador de rugby aficionado²¹.

A parte de la DXA existen otros métodos de evaluación de la composición corporal. Los más precisos son el análisis de activación de neutrones y la densitometría por inmersión en agua, guardando la DXA con respecto a estos una buena concordancia en los resultados. No obstante, existen pocos centros en el mundo que posean estas tecnologías, especialmente la primera²².

La antropometría, que utiliza la medida de pliegues adiposocutáneos, perímetros corporales, diámetros óseos y aplicación de fórmulas, es un método sujeto a variaciones intra e interindividuales, con limitada precisión y reproducibilidad. La impedanciometría se basa en la diferencia de resistencia que presentan las diferentes partes del cuerpo al paso de corriente alterna. El método se ve afectado por el estado de hidratación, la distribución de la grasa en el cuerpo y por el contenido de glucógeno hidratado en el músculo. Por último, la TAC diferencia claramente entre grasa y músculo, permitiendo además valorar segmentos del organismo y localizar exactamente la presencia de grasa en diferentes áreas anatómicas. Su principal inconveniente es la radiación que conlleva^{23,24}.

En relación con las limitaciones de nuestro estudio debe considerarse el relativamente pequeño tamaño del grupo en estudio. Asimismo, el hecho de que el procesamiento de las exploraciones fuera realizado por el único investigador podría conllevar existencia de sesgo o error sistemático. No obstante, debe considerarse el grado de independencia de la DXA con respecto al observador en comparación con otros procedimientos como la antropometría.

En conclusión, aunque para la población general el IMC es un parámetro adecuado para la valoración del estado nutricional, en deportistas debe tenerse en cuenta el porcentaje de grasa y musculatura mediante la determinación de sus índices correspondientes. La densitometría de cuerpo entero resulta ser una técnica fiable, sencilla y asociada a una mínima irradiación para este propósito.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Agradecimientos

Al conjunto de jugadores del Club de Rugby Badajoz y, en particular, a su presidente el Sr. Reyes Longares y a su entrenador el Sr. Guillermo Vambrie.

Bibliografía

1. Obesity: preventing and managing the global epidemic. Report of a WHO consultation (WHO Technical Report Series). Geneva: World Health Organization; 2000.p.i-xii, 1–253.

2. Peltz G, Aguirre MT, Sanderson M, Fadden MK. The role of fat mass index in determining obesity. *Am J Hum Biol.* 2010;22:639–47.
3. Andreoli A, Melchiorri G, Brozzi M, di Marco A, Volpe SL, Garofano P, et al. Effect of different sports on body cell mass in highly trained athletes. *Acta Diabetol.* 2003;40:S122–5.
4. Duthie GM, Pyne DB, Hopkins WG, Livingstone S, Hooper SL. Anthropometry profiles of elite rugby players: quantifying changes in lean mass. *Br J Sports Med.* 2006;40:202–7.
5. Mazess RB, Barden HB, Bisek JP, Hanson J. Dual-energy x-ray absorptiometry for total-body and regional bone-mineral and soft-tissue composition. *Am J Clin Nutr.* 1990;51:1106–12.
6. Physical status: the use and interpretation of anthropometry. Report of a WHO Expert Committee (WHO Technical Report Series 854). Geneva: World Health Organization; 1995.p. 1–452.
7. Kelly TL, Wilson KE, Heymsfield SB. Dual energy X-Ray absorptiometry body composition reference values from NHANES. *PLoS One.* 2009;4:e7038.
8. Schutz Y, Kyle UU, Pichard C. Fat-free mass index and fat mass index percentiles in Caucasians aged 18–98 y. *Int J Obes Relat Metab Disord.* 2002;26:953–60.
9. Martín-Andrés A, Luna del Castillo J. Bioestadística para las Ciencias de la Salud. Granada: Norma-Capitel; 2004.
10. Álvarez R, García R, Luis J, López J, Gutiérrez A, González M, et al. Densidad mineral ósea en pacientes pediátricos con osteogénesis imperfecta. *Rev Esp Med Nucl.* 2003;22:224–8.
11. Link TM. Osteoporosis imaging: state of the art and advanced imaging. *Radiology.* 2012;263:3–17.
12. Lukaski HC. Soft tissue composition and bone mineral status: evaluation by dual-energy X-ray absorptiometry. *J Nutr.* 1993;123:438–43.
13. Del Río L. Densitometría ósea y medicina nuclear. *Rev Esp Med Nucl.* 2003;22:215–6.
14. Snijder MB, van Dam RM, Visser M, Seidell JC. What aspects of body fat are particularly hazardous and how do we measure them? *Int J Epidemiol.* 2006;35:83–92.
15. Salas-Salvadó J, Rubio MA, Barbany M, Moreno B, Grupo Colaborativo de la SEEDO. Consenso SEEDO 2007 para la evaluación del sobrepeso y la obesidad y el establecimiento de criterios de intervención terapéutica. *Med Clin (Barc).* 2007;128:184–96.
16. Alvero-Cruz JR, Álvarez Carnero E, Fernández-García JC, Barrera Expósito J, Carrillo de Albornoz Gil M, Sardinha LB. Validez de los índices de masa corporal y de masa grasa como indicadores de sobrepeso en adolescentes españoles: estudio Escolla. *Med Clin (Barc).* 2010;135:8–14.
17. Van'tillie TB, Yang MU, Heymsfield SB, Funk RC, Boileau RA. Height-normalized indices of the body's fat-free mass and fat mass: potentially useful indicators of nutritional status. *Am J Clin Nutr.* 1990;52:953–9.
18. Stewart AD, Hannan WJ. Prediction of fat and fat-free mass in male athletes using dual X-ray absorptiometry as the reference method. *J Sports Sci.* 2000;18:263–74.
19. Fometti WC, Pivarnik JM, Foley JM, Fiechtner JJ. Reliability and validity of body composition measures in female athletes. *J Appl Physiol.* 1999;87:1114–22.
20. Kyle UG, Schutz Y, Dupertuis YM, Pichard C. Body composition interpretation. Contributions of the fat-free mass index and the body fat mass index. *Nutrition.* 2003;19:597–604.
21. Reilly T. La Fisiología del Rugby. Resúmenes del Simposio Internacional de Actualización en Ciencias Aplicadas al Deporte. Biosystem. 1999: 363–73.
22. Valtueña S, Kehayias J. Determinación de la masa grasa corporal in vivo: de las técnicas bicompartimentales al análisis de activación de neutrones y la absorptiometría de rayos X de doble energía (DXA). *Med Clin (Barc).* 2001;116:590–7.
23. Wagner DR, Heyward VH. Techniques of body composition assessment: a review of laboratory and field methods. *Res Q Exerc Sport.* 1999;70:135–49.
24. Forbes GB, Simon W, Amatruda JM. Is bioimpedance a good predictor of body-composition change? *Am J Clin Nutr.* 1992;56:4–6.