



Junta de Andalucía
Consejería de Educación y Deporte

Revista Andaluza de Medicina del Deporte

<https://ws072.juntadeandalucia.es/ojs>



Original

Relación entre la eco-intensidad y el espesor muscular del cuádriceps con la potencia de salto vertical en niños escolares: una prueba piloto.



J. C. Giraldo-García; M. E. Hernández-Hernández

Departamento de Deporte e Informática. Universidad Pablo de Olavide. Sevilla. España.

INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO: Recibido el 7 enero 2019, aceptado el 3 de febrero de 2020, online el 10 de febrero de 2020

RESUMEN

Objetivo: Correlacionar la ecointensidad, el espesor muscular del recto femoral y el vasto intermedio (EVI) con la potencia del salto vertical y el porcentaje de fibras rápidas en niños en edad escolar.

Método: Se evaluaron 47 niños entre 6 y 10 años. La ecointensidad y el espesor del muslo anterior (recto femoral y vasto intermedio) fueron medidos usando una ecografía en modo-B. La potencia del salto vertical y el porcentaje de fibras rápidas fueron medidos por el salto vertical con contramovimiento y saltos continuos durante 15 segundos.

Resultados: La potencia del salto vertical tipo salto vertical con contramovimiento y el espesor del vasto intermedio longitudinal y transversal presentaron una moderada correlación (0.3644 y 0.3694, v.p.< 0.05). La prueba de X^2 de independencia (v.p. Fisher= 0.0236) muestra asociación entre la potencia del salto vertical con contramovimiento y el espesor del vasto intermedio longitudinal y transversal. El porcentaje de fibras rápidas y la diferencia entre la ecointensidad grasa menos la ecointensidad del recto femoral sumada a la del vasto intermedio indican una moderada correlación (0.3555, v.p. 0.0142). La prueba de X^2 de independencia (v.p. Fisher = 0.07003) no muestra asociación entre el porcentaje de fibras rápidas y la diferencia entre la ecointensidad grasa menos la ecointensidad del recto femoral sumada a la del vasto intermedio.

Conclusión: La evaluación ecográfica del músculo cuádriceps (específicamente recto femoral y vasto intermedio) puede ser una herramienta útil para evaluar el desempeño físico anaeróbico en niños escolares sanos.

Palabras claves: Calidad muscular; Ultrasonido; Niños; Fuerza muscular; Fibra muscular de contracción rápida.

Relationship between the eco-intensity and the muscular thickness of the quadriceps with the power of vertical jump in school children: a pilot study

ABSTRACT

Objective: To correlate the echo-intensity, the muscular thickness of the rectus femoris (ERF) and the vast intermediate with the power of the vertical jump and the percentage of fast fibers in children of school age.

Method: 47 children between 6 and 10 years of age were evaluated. The echo-intensity and thickness of the anterior thigh (rectus femoris and vastus intermedius) was measured using a B-mode ultrasound. The power of the vertical jump and the percentage of fast fibers were measured by the vertical jump with counter-movement and repeat jumps for 15 seconds.

Results: The power of the vertical jump with counter-movement and the thickness of the vast intermediate longitudinal echo-intensity and transversal showed a moderate correlation (0.3644 and 0.3694, v.p. <0.05). The X^2 independence test (v.p. Fisher = 0.0236) shows association between the power of the vertical jump with counter-movement and the vast intermediate longitudinal echo-intensity and transversal. The percentage of fast fibers and the difference between the echo-intensity fat minus the echo-intensity of the rectus femoris added to echo-intensity of the vast intermediate indicate a moderate correlation (0.3555, v.p. 0.0142). The X^2 independence test (v.p. Fisher = 0.07003) shows no association between percentage of fast fibers and the difference between the echo-intensity fat minus the echo-intensity of the rectus femoris added to echo-intensity of the vast intermediate.

Conclusions: Ultrasound evaluation of the quadriceps muscle (specifically rectus femoris and vastus intermedius) can be a useful tool for evaluating anaerobic physical performance in healthy school children.

Keywords: Muscle quality; Ultrasound; Children; Muscle strength; Fast twitch muscle fiber.

* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: juangiraldo@elpoli.edu.co (J. C. Giraldo-García).

<https://doi.org/10.33155/j.ramd.2020.02.002>

Consejería de Educación y Deporte de la Junta de Andalucía. Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND

(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>)

Relação entre eco-intensidade e espessura do músculo quadríceps com poder de salto vertical em escolares: um teste piloto

RESUMO

Objetivo: Correlacionar a eco-intensidade, a espessura muscular do reto femoral e o vasto intermediário com a potência do salto vertical e a porcentagem de fibras rápidas em crianças em idade escolar.

Método: Foram avaliadas 47 crianças entre 6 e 10 anos. O eco-intensidade e a espessura da coxa anterior (reto femoral e vasto intermediário) foram medidos por ultrassom modo B. A potência do salto vertical e a porcentagem de fibras rápidas foram medidas pelo salto vertical com contra-movimento e saltos contínuos por 15 segundos.

Resultados: A potência do salto vertical do salto vertical com contra-movimento e a espessura do vasto intermediário longitudinal e transversal apresentaram correlação moderada (0.3644 e 0.3694, v.p. <0.05). O teste de independência X^2 (por exemplo, Fisher = 0.0236) mostra uma associação entre o poder do salto vertical com contra-movimento e espessura do vasto intermediário longitudinal e transversal. A porcentagem de fibras rápidas e a diferença entre a gordura eco-intensidade menos a eco-intensidade do reto femoral adicionado à do vasto intermediário indicam uma correlação moderada (0.3555, v.p. 0.0142). O teste de independência X^2 (por exemplo, Fisher = 0.07003) não mostra associação entre porcentagem de fibras rápidas e a diferença entre a gordura eco-intensidade menos a eco-intensidade do reto femoral adicionado à do vasto intermediário.

Conclusão: A avaliação ultrassonográfica do músculo quadríceps (especificamente o reto femoral e o vasto intermediário) pode ser uma ferramenta útil para avaliar o desempenho físico anaeróbico em crianças saudáveis.

Palavras-chave: Qualidade muscular; Ultrassom; Crianças; Força muscular; Fibra muscular de contração rápida.

Introducción

La ecografía músculo-esquelética (US) es una técnica de exploración que ha sido utilizada, principalmente, con fines diagnósticos. Algunas características como su inocuidad, portabilidad y el bajo coste la convierten en una importante herramienta de evaluación del músculo para aplicarla en la evaluación con niños. Si bien son múltiples los datos que podemos obtener con ésta, las dos medidas más utilizadas son el espesor y la eco-intensidad muscular¹⁻⁵. En primer lugar, el espesor muscular tiene una alta correlación con el área de sección transversa del músculo^{6,7}. En segundo lugar, la EI, que es la medición en una escala de grises de una imagen ecográfica⁸, se ha relacionado positivamente en algunas investigaciones con el incremento del nivel adiposo⁹.

Las investigaciones utilizando la ecografía muscular se han realizado con el fin de relacionar los diferentes datos que brinda su imagen con diferentes evaluaciones funcionales, principalmente en adultos. Así, algunos trabajos relacionan la EI del músculo cuádriceps con la fuerza máxima, la potencia y la capacidad funcional de hombres mayores². Sin embargo, existen pocas investigaciones que examinen el músculo esquelético en niños sanos. Un estudio longitudinal, de 4 años de duración, evaluó dos medidas ecográficas y la fuerza muscular en niños. En sus conclusiones, los autores demostraron modificaciones clínicamente relevantes en la fuerza y en el espesor muscular influenciadas por cambios en el peso, la estatura y la edad. Esta misma influencia no fue significativa en la EI, la cual sufrió mínimas modificaciones en niños sanos². A diferencia del anterior, un estudio reciente demostró correlaciones significativas entre el espesor muscular y la EI del vasto lateral y el recto femoral con algunas medidas de desempeño atlético, y la fuerza isométrica en niños de 12 años¹⁰. Estos resultados positivos, obtenidos en otros grupos de edad, han motivado la posibilidad de utilizar el espesor muscular y la EI, como indicadores de algunos parámetros de fuerza en escolares para, de este modo, tener una herramienta predictora de aspectos relacionados con la calidad del músculo que inciden en los niveles de potencia muscular, sin que sea invasiva, y que pueda ser aplicable a este grupo de población.

Para estudiar la fisiología del músculo se usan diferentes estrategias. Una de ellas es cuantificar la proporción de fibras rápidas. En adultos, esta proporción se puede determinar mediante biopsia muscular (método invasivo), o a través de una resonancia magnética (alto costo). Existen métodos indirectos que evalúan el porcentaje de fibras rápidas a partir de la medición de la potencia anaeróbica. Esto es posible a través del test de

Wingate, o por el salto vertical. El salto vertical, y en particular con contra-movimiento (CMJ), ya se ha utilizado en niños escolares con una alta confiabilidad^{11,12}. De este modo, para estudiar la ecografía como forma de evaluar fisiológicamente el músculo, el propósito de este trabajo es correlacionar la EI y el espesor muscular del recto femoral y el vasto intermedio con la potencia del salto vertical y el porcentaje de fibras rápidas en niños en edad escolar.

Método

El estudio se realizó mediante un diseño de corte transversal, correlacional, asociativo e inferencial. Las variables de estudio fueron las siguientes:

- Medidas de espesores a través de ecografía para el Recto Femoral y el vasto intermedio (Figura 2).
- Medidas de eco-intensidad a través de ecografía para el recto femoral, del vasto intermedio (Figura 2) y el tejido graso subcutáneo.
- Medidas en una plataforma de contacto: mediante el tiempo de vuelo se calculó la altura del salto en centímetros (CMJ) y a partir de esta altura, se calculó la potencia en vatios (W). También se contabilizaron el número de saltos CMJ repetidos (RJ) durante 15 segundos para, calcular el %FT.
- Además, se obtuvieron las siguientes variables de control:

- Sexo.
- Edad.
- Masa corporal en kilogramos.
- Estatura medida en centímetros.
- IMC medido en kilogramos/metros²
- Porcentaje de grasa.
- Nivel de Actividad física (PAQ-C), a través del cuestionario PAQC¹³, el cual estableció tres categorías propuestas por Chen et al.¹⁴.

Muestra

La muestra estuvo formada por niños voluntarios pertenecientes a una escuela de iniciación deportiva de la ciudad de Medellín, Colombia. Todos los niños firmaron un asentimiento informado, y sus padres un consentimiento informado. Fueron establecidos como criterios de exclusión la presencia de enfermedad cardiovascular o metabólica, lesiones músculo-esqueléticas, estadio de maduración sexual definido por el método Tanner auto-reportado¹⁵ diferente a 1. El protocolo del estudio fue

aprobado por el comité de ética de la Institución Universitaria Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid. Inicialmente se presentaron voluntariamente 72 niños y niñas. Finalmente, el estudio se realizó con un tamaño de muestra de 47 niños, de entre 6 y 10 años (8.44 ± 1.06) (Figura 1).

Diseño experimental

Para las medidas realizadas por ultrasonidos (el espesor muscular y el espesor grasa) se utilizó un ultrasonido portátil modo B (B-Ultrasonic Diagnostic System, Contec, CMS600P2, Republica de China). Los saltos fueron medidos en un tapete AXON JUMP® (Axon Bioingeniería Deportiva, Buenos Aires, Argentina) con el software Axon Jump 4.0, que mide el tiempo de vuelo y, en el caso del RJ, además mide el tiempo de contacto.

El estudio se realizó siguiendo las fases que muestra la Figura 1. Se realizó una invitación para participar en el estudio a los niños y usuarios de una escuela de iniciación deportiva. Los participantes del estudio asistieron al laboratorio en una ocasión para realizarles las medidas antropométricas básicas: masa corporal (Masa), estatura (Est) y porcentaje de grasa (PG). La masa corporal y la estatura fueron medidas sin calzado y en pantalón corto. El porcentaje de grasa corporal fue estimado de acuerdo con Lohman (1985) de los pliegues grasos medidos en dos sitios: tríceps y subescapular.

Seguidamente se realizó la ecografía de cuádriceps derecho. Un transductor lineal (Ganancia: 58, frecuencia: 7.5 MHz Profundidad: 6 centímetros) fue colocado perpendicular a la piel y cubierto con un gel transmisor soluble en agua en cantidad suficiente para evitar la compresión de la superficie dérmica. Los sujetos fueron evaluados en supino, luego de 15 minutos de reposo y sin realización de ejercicio físico vigoroso previo ese día. La imagen ecográfica fue obtenida en el punto medio de una línea recta entre la espina iliaca anterosuperior y el polo superior de la rótula. Todas las imágenes fueron obtenidas del muslo derecho⁸. Se realizaron dos imágenes en corte longitudinal y dos en corte transversal. La imagen congelada en formato BMP, como lo arroja el ecógrafo, fue digitalizada y posteriormente analizada por el software Image J (National Institute of Health, USA, versión IJ 1.46). En cada imagen se evaluó la EI y el espesor tanto del recto

femoral como del vasto intermedio. Todas las imágenes ecográficas fueron obtenidas por el mismo investigador. La eco-intensidad fue determinada por análisis de escala de grises usando la función de histograma en Imagen J (National Institute of Health, USA, versión IJ 1.46r)¹⁶. La EI de la región de interés fue expresada en valores entre 0 y 255 (0: negro; 255: blanco). El EM fue determinado como la distancia entre la aponeurosis superficial y profunda del recto femoral y entre la aponeurosis y el periostio el espesor del vasto intermedio (Ver Figura 2). Entre cada medida a los niños se les permitió moverse y el transductor fue posicionado nuevamente para la toma de la imagen. El coeficiente de variación de dos medidas en diferentes momentos, el mismo día, de diez sujetos fue para el espesor del 5,0 % y para la EI del 0,4%.

Posteriormente se realizó un calentamiento estandarizado de cinco minutos, consistente en movilidad articular general, sin estiramientos pasivos y la realización de saltos tipo CMJ, que permitiesen familiarizar a los participantes con el gesto del salto. A los instructores se les solicitó previamente la inclusión de este tipo de salto en sus sesiones de entrenamiento con la finalidad de que estuviesen familiarizados con la mecánica del movimiento. Además, para asegurar la correcta ejecución de cada salto, éstos eran analizados mediante una hoja de observación, donde se recogían los aspectos a tener en cuenta para la correcta ejecución del salto, y se anotaba si el salto cumplía o no con los mismos. Aquellos saltos que no cumplieran con los parámetros claves de ejecución eran considerados como no válidos. Los participantes realizaron el salto CMJ en dos ocasiones y el mejor salto fue usado para el análisis estadístico, obteniendo su altura y la potencia del salto a partir de la fórmula $Power(W) = 54.2 * VJH(cm) + 34.4 * body\ mass(kg) - 1520.4$ ¹⁷. La potencia se midió en vatios y se estableció la VJH como la altura del salto vertical expresada en centímetros. Tras dos minutos de recuperación realizaron el RJ, que consistió en saltos CMJ consecutivos durante 15 segundos. Se estimuló verbalmente y de manera continua a los niños para que ejecutaran con el mejor desempeño posible los saltos. En todos los saltos los niños debían mantener “las manos en la cintura”. El RJ se realizó para calcular el porcentaje de fibras rápidas con la fórmula $\%FT = -48:31 + (g^2 * Tf * 15) / 1.04n(15 - Tf)$; donde FT son las fibras rápidas; g es la gravedad; Tf es el tiempo de vuelo total en segundos y n es el número de saltos ejecutados durante los 15 segundos¹⁸.

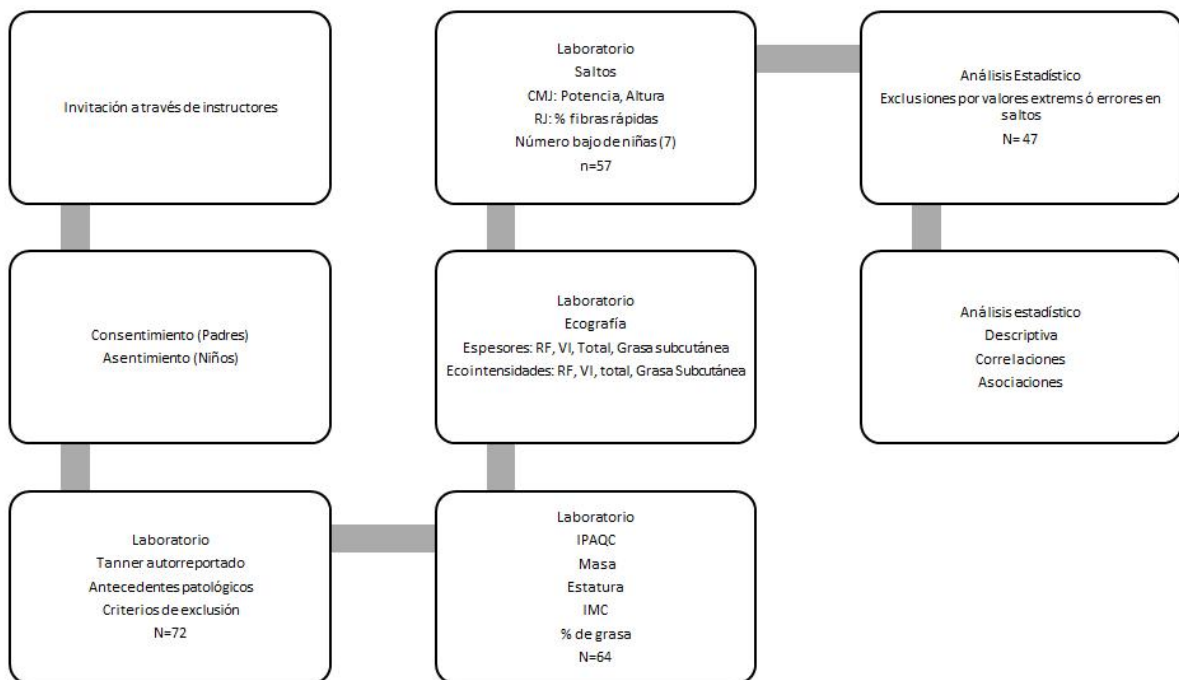


Figura 1. Protocolo

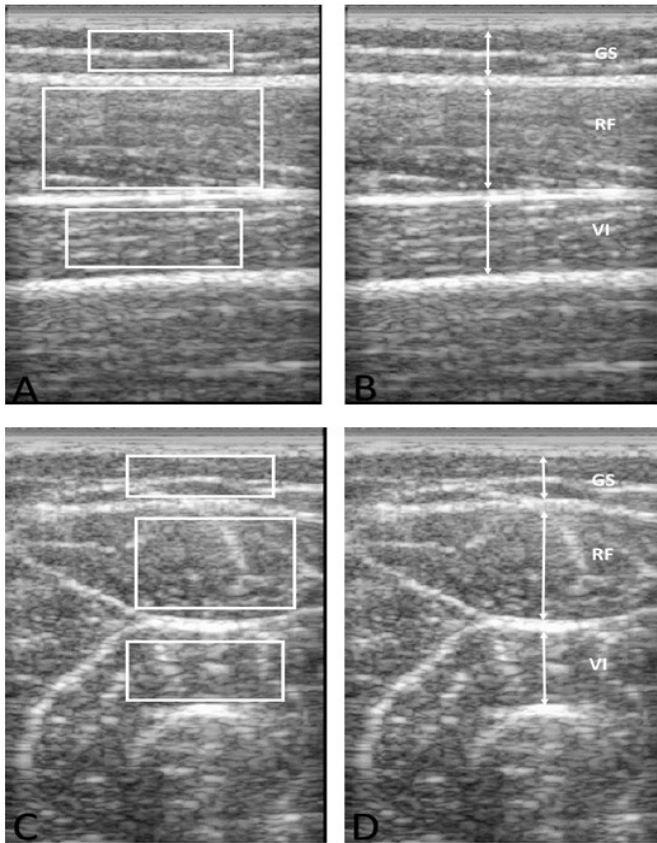


Figura 2. Imágenes ecográficas: GS: grasa subcutánea; RF: músculo recto femoral; VI: músculo vasto intermedio. Imágenes: A y B: corte longitudinal. Eco-intensidad y espesor muscular, respectivamente. Imágenes C y D: Corte transversal. Eco-intensidad y espesor muscular, respectivamente.

Análisis estadístico

El análisis estadístico fue realizado usando el software R 3.5.1. Se ha realizado un análisis descriptivo univariado de las variables medidas y calculadas, así como, un análisis de correlación entre las variables numéricas, calculándose el coeficiente de correlación de Pearson entre pares de variables, y los correspondientes valores p de la prueba de significancia de la correlación (prueba de dos colas). Por último, se llevó a cabo la prueba X^2 de independencia (asociación) entre las variables categorizadas.

Resultados

Con el fin de facilitar el análisis y la presentación de los resultados, se han organizado las variables en cuatro grupos. El primer grupo (*funcional*) incluye las mediciones de los saltos y el nivel de actividad medida por el cuestionario PAQC. El segundo grupo (*Eco-intensidad*) incluye las mediciones de eco-intensidad muscular y del tejido graso. El tercer grupo (*Espesor muscular*) incluye los espesores medidos por ecografía. Y el cuarto grupo (*Antropometría*) incluye los datos antropométricos y sociodemográficos (Tabla 1).

Para realizar el análisis de correlaciones se calcularon tres nuevas variables a partir de las eco-intensidades grasas y musculares medidas: Dif1, Dif2 y Dif3 (Tabla 1)¹⁹.

Para el análisis de asociación posterior se categorizaron las variables de las agrupaciones Eco-intensidad, Espesor muscular y Funcional (excepto PAQC), así como, las variables Antropométricas Masa, PG y EG, usando escalas basadas en los cuartiles Q1 y Q3: si "Valor \leq Q1" se categorizó como "Baja", si "Q1<Valor<Q3" como "Media" y si "Valor \geq Q3" como "Alta".

Además, el IMC se categorizó, basándose en la clasificación por percentiles definida por Kuczmarski (2000), en "bajo peso", "normal", "riesgo de obesidad" y "obesidad". El PAQC se categorizó, basado en el resultado de la puntuación de Chen et al. (2008), en "baja actividad" (≤ 2), "moderada actividad" (> 2 y < 3) y "alta actividad" (≥ 3)¹⁴. La Edad se categorizó en "Menos de 8", "entre 8 y 9" y "Mas de 9" acorde a la distribución de ésta en la población estudiada.

Los resultados de los análisis anteriores se muestran en la Tabla 2.

Los resultados aquí presentados indican una moderada correlación entre la potencia del CMJ, el ERFL y ERFT (0.4765 a 0.5223, v.p. $< 0,001$). La prueba de X^2 de independencia (v.p. Fisher= 0,1851 y 0,1425) no muestra asociación entre la potencia del CMJ, el ERFL y ERFT, respectivamente.

Los resultados para las variables: potencia del CMJ, EVIL y EVIT (0.3644 y 0.3694, v.p. $< 0,05$) indican una moderada correlación. La prueba de X^2 de independencia (v.p. Fisher= 0,0236) muestra asociación entre la potencia del CMJ, el EVIL y EVIT. La correlación entre el porcentaje de fibras FT y la Dif1 (0.3009, v.p. 0,0399) indican una baja correlación. La prueba de X^2 de independencia (v.p. Fisher = 0,09709) no muestra asociación entre el porcentaje de fibras FT y la Dif1.

Los resultados obtenidos para la correlación entre el porcentaje de fibras FT y la Dif3 (0.3555, v.p. 0,0142) indican una moderada correlación. La prueba de X^2 de independencia (v.p. Fisher = 0,07003) no muestra asociación entre el porcentaje de fibras FT y la Dif3.

Discusión

Los resultados muestran como el espesor muscular del recto femoral y del vasto intermedio, medidos individualmente, tienen una correlación significativa con la potencia del salto vertical tipo CMJ; mientras que la eco-intensidad del recto femoral y la de ambos componentes evaluados del cuádriceps (recto femoral y vasto intermedio) presentan una correlación significativa con el porcentaje de fibras FT medido por saltos continuos. Esto quiere decir que el E, ya demostrado en estudios con niños^{9,10} y, de manera novedosa, la EI del músculo cuádriceps evaluados por ecografía, podrían estar relacionados con la potencia muscular medida a través del salto vertical en niños escolares. Esto permitiría establecer una herramienta, no invasiva, de detección de la capacidad que tiene un sujeto de esas edades de realizar de manera óptima la coordinación intra e intermuscular. Esta adecuada forma de relacionar el sistema nervioso con el muscular, probado en sujetos adultos entrenados, pero no en edad escolar, podría ser un indicador del nivel de forma física del sujeto y, por lo tanto, permitir una individualización del entrenamiento, así como, la detección del talento deportivo. Es la primera vez que se obtienen estos resultados en una muestra con las características y edad como la analizada en este trabajo. Existen estudios que encontraron esta relación positiva entre el espesor muscular y diferentes pruebas de condición física pero básicamente fueron realizados en adultos^{1,4,20-22}. Algunas de las relaciones encontradas a este respecto fueron: el espesor del músculo cuádriceps fue asociado con varios parámetros de desempeño neuromuscular, y cardiorrespiratorio en mayores de una edad media de 64 años. La fuerza muscular fue evaluada por dinamometría isométrica, encontrando una correlación significativa con el espesor muscular ($r=0.44$ a $r=0.62$)¹. De los pocos estudios realizados en niños, Jacobs et al (2013) encontró relación entre el espesor muscular y la fuerza muscular (edad: 3.9 a 15.2 años) pero ninguna relación entre la EI y la fuerza muscular².

En este estudio se ha hallado una correlación significativa entre la EI y el %FT, asumiendo la EI de la grasa subcutánea como medida de control interno, de tal manera que, de ésta se reste el valor de la EI del músculo. Por primera vez se demuestra una

Tabla 1. Estadísticos descriptivos de las variables medidas

Agrupación	Variable	Abreviatura	Media	Desv. Est.	Mín	Q1	Q2	Q3	Máx	n
Funcional	Altura CMJ (cm)	CMJ	21.21	3.58	13.20	19.60	20.40	22.90	31.10	47
	Potencia CMJ (Watt)	CMJP	623.88	283.01	101.52	455.60	590.48	749.93	1378.74	47
	% fibras FT	FT	12.34	7.77	1.01	6.26	12.17	17.07	36.37	47
	Nivel de Actividad física (PAQ-C)	PAQC	3.01	0.66	1.37	2.70	2.91	3.39	4.36	47
Ecointensidad	Eco-intensidad longitudinal del recto femoral	EIRFL	136.63	9.90	114.45	129.12	138.43	143.36	157.80	47
	Eco-intensidad transversal del recto femoral	EIRFT	129.96	10.36	97.13	124.66	129.16	136.30	152.57	47
	Eco-intensidad longitudinal del vasto intermedio	EIVIL	124.32	15.03	89.82	114.10	124.83	132.99	154.36	47
	Eco-intensidad transversal del vasto intermedio	EIVIT	122.35	12.92	87.47	114.51	123.89	132.16	147.54	47
	Eco-intensidad grasa subcutánea	EIGRASA	150.06	11.24	118.41	144.22	150.92	159.26	166.88	47
	Diferencia entre EIGRASA y el promedio de EIRF Longitudinal y Transversal	Dif1	16.76	12.23	-3.36	4.26	17.71	27.28	36.47	47
	Diferencia entre EIGRASA y el promedio de EIVI Longitudinal y Transversal	Dif2	26.73	12.68	2.39	16.39	23.17	35.57	55.21	47
	Diferencia entre EIGRASA y el promedio de EIRF y EIVI, Longitudinal y Transversal	Dif3	21.74	10.26	3.03	14.17	22.21	30.05	42.75	47
Espesor muscular	Espesor muscular del recto femoral longitudinal (mm)	ERFL	16.91	2.54	12.56	15.25	16.75	18.35	24.85	47
	Espesor muscular del recto femoral corte transversal (mm)	ERFT	16.95	2.58	11.99	15.02	16.76	18.78	24.42	47
	Espesor muscular del vasto intermedio corte longitudinal (mm)	EVIL	11.50	2.16	6.39	10.35	11.56	12.92	16.55	47
	Espesor muscular del vasto intermedio corte transversal (mm)	EIVIT	11.06	2.33	5.82	9.81	11.23	12.33	15.37	47
Antropometría	Edad (años)	Edad	8.44	1.06	6.87	7.51	8.50	9.36	10.46	47
	Masa (kg)	Masa	28.92	5.92	18.80	25.20	27.50	31.95	44.10	47
	Estatura (cm)	Estatura	129.78	6.23	118.50	125.10	131.00	132.85	144.00	47
	IMC (kg/m2)	IMC	17.04	2.43	12.03	15.47	16.11	18.21	23.96	47
	Porcentaje de grasa	% Grasa	13.87	6.44	5.63	9.00	11.12	16.60	30.40	47
	Espesor de grasa subcutánea (mm)	EG	5.96	3.13	1.59	3.36	4.85	8.39	12.58	47

Tabla 2. Matriz de correlación de Pearson y valor-p de las pruebas de significancia de la correlación (abajo) y de asociación (arriba).

	CMJ	CMJP	FT	PAQC	EIRFT	EIVIL	EIVIT	EIGRASA	Dif1	Dif2	Dif3	ERFT	EIVIT	Edad
CMJ	1	<.0001**	0.015*	0.6255	0.8113	0.9614	0.8113	0.3816	0.05765	0.6321	0.1201	0.5184	0.2215	0.05462
CMJP	0.6946 (<.0001)**	1	0.0119*	0.1335	0.6862	0.6036	0.1062	0.7432	0.5367	0.8842	0.8194	0.1425	0.0236*	0.002715**
FT	0.5565 (<.0001)**	0.3961 (0.0058)**	1	0.4679	0.02998*	0.8842	0.04396*	0.214	0.09709	0.1936	0.07003	0.9902	0.6733	0.6106
PAQC	-0.1624 (0.2754)	-0.1202 (0.421)	-0.0341 (0.8199)	1	0.9052	0.4354	0.4884	0.423	0.2641	0.005297**	0.05212	0.423	0.5817	0.07039
EIRFT	-0.1329 (0.3733)	0.1129 (0.4499)	-0.1485 (0.3193)	0.021 (0.8884)	1	0.4274	0.4341	0.4868	0.02964*	0.8296	0.1676	0.3732	0.2936	0.4729
EIVIL	0.1136 (0.4471)	-0.0827 (0.5806)	-0.0767 (0.6081)	0.1572 (0.2913)	0.3869 (0.0072)**	1	<.0001**	0.04957*	0.06224	0.0681	0.9902	0.2936	0.5019	0.1051
EIVIT	-0.0371 (0.8047)	-0.1059 (0.4785)	-0.0552 (0.7126)	0.1389 (0.3519)	0.2992 (0.0411)*	0.7923 (<.0001)**	1	0.01283*	0.1256	0.003179**	0.08545	0.4022	0.4274	0.1051
EIGRASA	0.2935 (0.0453)*	0.1175 (0.4315)	0.2385 (0.1064)	-0.0728 (0.6268)	0.3609 (0.0127)*	0.5407 (<.0001)**	0.3397 (0.0195)*	1	<.0001**	0.04396*	<.0001**	0.4868	0.6142	0.1132
Dif1	0.3609 (0.0127)*	0.0167 (0.9114)	0.3009 (0.0399)*	-0.0962 (0.5201)	-0.4236 (0.003)**	0.2675 (0.0691)	0.1439 (0.3345)	0.6639 (<.0001)**	1	0.02082*	<.0001**	0.5536	0.3026	0.5614
Dif2	0.2117 (0.1532)	0.2071 (0.1624)	0.285 (0.0522)	-0.2284 (0.1225)	-0.0619 (0.6792)	-0.5172 (0.0002)**	-0.6781 (<.0001)**	0.3927 (0.0063)**	0.3565 (0.0139)*	1	<.0001**	0.02208*	0.04107*	0.02661*
Dif3	0.346 (0.0172)*	0.138 (0.3551)	0.3555 (0.0142)*	-0.1985 (0.181)	-0.2908 (0.0473)*	-0.1602 (0.2821)	-0.3333 (0.0221)*	0.6384 (<.0001)**	0.8164 (<.0001)**	0.8305 (<.0001)**	1	0.121	0.1299	0.5048
ERFT	0.0653 (0.663)	0.4765 (0.0007)**	0.1 (0.5038)	0.167 (0.262)	-0.203 (0.1712)	-0.3636 (0.012)*	-0.2505 (0.0895)	0.0338 (-0.1632 (0,273)	0.1985 (0,8218)	0.1428 (0,1811)	0.3383	1	0.3904	0.6875
EIVIT	0.1015 (0.4973)	0.3694 (0.0106)*	0.0404 (0.7873)	-0.0149 (0.9208)	0.2371 (0.1086)	-0.4127 (0.0039)**	-0.4421 (0.0019)**	-0.0543 (0,7169)	-0.3332 (0,0221)*	0.4217 (0,0032)**	0.062 (0,6789)	0.2329 (0,1151)	1	0.1861
Edad	0.2863 (0.0511)	0.5437 (<.0001)**	0.0515 (0.7312)	-0.272 (0.0644)	0.1979 (0.1823)	-0.2455 (0.0962)	-0.1858 (0,2112)	-0,0008 (0,9958)	-0,164 (0,2706)	0,2395 (0,1049)	0,0502 (0,7373)	0,3399 (0,0194)*	0,4058 (0,0047)**	1

(* p<0,05. **p<0,01)

relación entre la EI, como criterio de evaluación de la calidad muscular, y el porcentaje de fibras rápidas de dos componentes musculares del cuádriceps en niños en edad escolar. Por lo tanto, estos resultados difieren de los hallados por Mota et al (2017), en una población con edad cercana a la evaluada en este trabajo. Ellos no encontraron relación entre la EI y la fuerza muscular relativa a la masa magra del cuádriceps en niños entre 11 y 13 años. La EI no se modificó ni por el entrenamiento ni por la maduración²³. Es probable que esa falta de relación sea producto de comparar solo el valor de la EI muscular sin tener una medida de control como la EI grasa. En nuestro estudio tampoco se encontró relación entre el valor de la EI, la potencia anaeróbica y el %FT. Sin embargo, cuando la controlamos por la EI grasa (Dif 1, Dif 3) como medida de comparación, si se encontró relación. Esto indica que usando la EI grasa como referencia interna se obtiene un valor de la EI del músculo más fidedigno de su contenido graso. A mayor diferencia menor contenido graso muscular. Por el contrario, sí existen

múltiples estudios que encuentran correlación entre la EI y algunas capacidades físicas, pero solo en adultos. Wilhelm et al. (2014) evaluó ecográficamente el músculo cuádriceps de cincuenta hombres adultos (edad: 66.1± 4.5 años), encontrando una relación de la EI del musculo cuádriceps con la fuerza máxima, la potencia y la capacidad funcional de hombres mayores (-0.285 a -0.746). La mayor correlación fue encontrada entre la EI y la potencia pico del salto CMJ².

En nuestro estudio se han obtenido correlaciones entre la EI de cada músculo con el porcentaje de fibras rápidas al relacionar la diferencia de los valores de EI de cada músculo, y el promedio de ambos músculos con la EI del tejido graso subcutáneo (0.3009 a 0.3555; P: < 0.05). Además de una asociación entre la dif2 (p= 0.02661) y la edad, lo que realza la idea de que en niños escolares es posible evaluar la calidad del músculo y la proporción de fibras rápidas a través de la EI. A menor EI, menor contenido de grasa intramuscular. En niños hay que buscar la explicación en

parámetros como la diferenciación del tipo de fibra, que ocurre relativamente temprano, de tal forma que, a los 6 años de edad, el perfil histoquímico del músculo esquelético es similar al de un adulto joven²⁴.

En concordancia con lo mencionado previamente, en este estudio obtenemos una correlación significativa entre la potencia del salto CMJ y la edad ($R=0.5437$, $v.p.= <0.001$), al igual que entre los espesores musculares medidos y la edad ($r=0.2976$ a 0.4058 , $v.p.= 0.05$). La causa que interrelaciona el espesor con la potencia del salto y la edad podría tener su explicación en el mayor espesor muscular, al menos en parte, y en el porcentaje de fibras FT, dado que son las fibras rápidas las que tienen mayor potencial de hipertrofia. No obstante, esto puede explicar el rendimiento, pero no los mecanismos. Para ello sería necesario utilizar métodos invasivos que no son éticamente justificados²⁵. Es por esto, que la ecografía podría surgir como una herramienta útil para evaluar la calidad del músculo producto de las variaciones en el contenido intramuscular de grasa y de glucógeno, y con éstas, el tipo de fibra en niños en edad escolar.

Tras el análisis de los resultados, y siempre aplicable a muestras de características similares, se puede concluir que: en niños sanos en edad escolar, la El menor del cuádriceps, que implica mayor calidad del músculo, está relacionada con el rendimiento de la potencia anaeróbica medido a través de saltos continuos, lo que a su vez refleja un mayor porcentaje de fibras rápidas. La evaluación ecográfica del músculo cuádriceps (específicamente recto femoral y vasto intermedio) puede ser una herramienta útil para evaluar la calidad del músculo y el desempeño físico anaeróbico en niños escolares.

Bibliografía

1. [Cadore EL, Izquierdo M, Conceição M, Radaelli R, Pinto RS, Baroni BM, et al. Echo intensity is associated with skeletal muscle power and cardiovascular performance in elderly men. *Exp Gerontol.* 2012;47\(6\):473–8.](#)
2. [Wilhelm E, Rech A, Minozzo F, Radaelli R, Botton C. Relationship between quadriceps femoris echo intensity, muscle power, and functional capacity of older men. *Age \(Omaha\).* 2014;36\(3\):9625–32.](#)
3. [Jacobs J, Jansen M, Janssen H, Rajjmann W, Van Alfen N, Pillen S. Quantitative muscle ultrasound and muscle force in healthy children: A 4-year follow-up study. *Muscle Nerve.* 2013;47\(6\):856–63.](#)
4. [Fukumoto RPT Y, Ikezoe RPT T, Yamada Y, Tsukagoshi RPT R, Nakamura RPT M, Mori RPT N, et al. Skeletal muscle quality assessed from echo intensity is associated with muscle strength of middle-aged and elderly persons. *2012;112\(4\):1519–1525.*](#)
5. [Melvin MN, Smith-Ryan AE, Wingfield HL, Fultz SN, Roelofs EJ. Evaluation of Muscle Quality Reliability and Racial Differences in Body Composition of Overweight Individuals. *Ultrasound Med Biol.* 2014;40\(9\):1973–9.](#)
6. [Dew AP, Moreau NG. A Comparison of 2 Techniques for Measuring Rectus Femoris Muscle Thickness in Cerebral Palsy. *Pediatr Phys Ther.* 2012;24\(3\):218–22.](#)
7. [Ozdemir H, Kayhan S, Konus O, Aytekin C, Onal B, Ataman A, et al. Quadriceps muscle thickness and subcutaneous tissue thickness in normal children in Turkish population: sonographic evaluation. *Gazi Med J.* 1995;6:141–4.](#)
8. [Caresio C, Molinari F, Emanuel G, Minetto MA. Muscle echo intensity: Reliability and conditioning factors. *Clin Physiol Funct Imaging.* 2015;35\(5\):393–403.](#)
9. [Jacobs J, Jansen M, Janssen H, Rajjmann W, Van Alfen N, Pillen S. Quantitative muscle ultrasound and muscle force in healthy children: A 4-year follow-up study. *Muscle and Nerve.* 2013](#)
10. [Stock MS, Mota JA, Hernandez JM, Thompson BJ. Echo intensity and muscle thickness as predictors Of athleticism and isometric strength in middle-school boys. *Muscle Nerve.* 2017;55\(5\):685–92.](#)
11. [Focke A, Strutzenberger G, Jekauc D, Worth A, Woll A, Schwameder H. Effects of age, sex and activity level on counter-movement jump performance in children and adolescents. *Eur J Sport Sci.* 2013;13\(5\):518–26.](#)
12. [Acero RM, del Olmo MF, Doldan JVV, Cepeda XLO, Guisado FAR. Fiabilidad de las pruebas de fuerza en salto vertical y velocidad de carrera en escolares de 6 a 8 años. *Apunt Educ física y Deporte.* 2001;1\(63\):40–5.](#)
13. [Voss C, Ogunleye AA, Sandercock GRH. Physical Activity Questionnaire for children and adolescents: English norms and cut-off points. *Pediatr Int.* 2013;55\(4\):498–507.](#)
14. [Chen S-R, Lee Y-J, Chiu H-W, Jeng C. Impact of physical activity on heart rate variability in children with type 1 diabetes. *Child's Nerv Syst.* 2008;24\(6\):741–7.](#)
15. [Mundy LK, Simmons JG, Allen NB, Viner RM, Bayer JK, Olds T, et al. Study protocol: the childhood to adolescence transition study \(CATS\). *BMC Pediatr.* 2013;13\(1\):160.](#)
16. [Harris-Love MO, Seamon BA, Teixeira C, Ismail C. Ultrasound estimates of muscle quality in older adults: reliability and comparison of Photoshop and ImageJ for the grayscale analysis of muscle echogenicity. *Peer J.* 2016;4:e1721.](#)
17. [Gomez-Bruton A, Gabel L, Nettlefold L, Macdonald H, Race D, McKay H. Estimation of peak muscle power from a countermovement vertical jump in children and adolescents. *J Strength Cond Res.* 2017;33\(2\):390–398.](#)
18. [Temfemo A, Hugues J, Chardon K, Mandengue S-H, Ahmaidi S. Relation between vertical jumping performance and anthropometric characteristics during growth in boys and](#)

Autoría. Todos los autores han contribuido intelectualmente en el desarrollo del trabajo, asumen la responsabilidad de los contenidos y, asimismo, están de acuerdo con la versión definitiva del artículo. **Financiación.** Los autores declaran no haber recibido financiación. **Conflicto de intereses.** Los autores declaran no tener conflicto de intereses. **Origen y revisión.** No se ha realizado por encargo, la revisión ha sido externa y por pares. **Responsabilidades éticas.** Protección de personas y animales: Los autores declaran que los procedimientos seguidos están conforme a las normas éticas de la Asociación Médica Mundial y la Declaración de Helsinki. Confidencialidad: Los autores declaran que han seguido los protocolos establecidos por sus respectivos centros para acceder a los datos de las historias clínicas para poder realizar este tipo de publicación con el objeto de realizar una investigación/divulgación para la comunidad. Privacidad: Los autores declaran que no aparecen datos de los pacientes en este artículo.

- girls.pdf. *Eur J Pediatr*. 2009;168(4):457.
19. [Wu JS, Darras BT, Rutkove SB. Assessing spinal muscular atrophy with quantitative ultrasound. *Neurology*. 2010;75\(6\):526-31.](#)
 20. [Strasser EM, Draskovits T, Praschak M, Quittan M, Graf A. Association between ultrasound measurements of muscle thickness, pennation angle, echogenicity and skeletal muscle strength in the elderly. *Age \(Omaha\)*. 2013; 35\(6\): 2377-2388.](#)
 21. [Menon MK, Houchen L, Harrison S, Singh SJ, Morgan MD, Steiner MC. Ultrasound assessment of lower limb muscle mass in response to resistance training in COPD. *Respir Res*. 2012;13\(1\):119-128.](#)
 22. [Akazawa N, Okawa N, Tamura K, Moriyama H. Relationships between intramuscular fat, muscle strength and gait independence in older women: A cross-sectional study. *Geriatr Gerontol Int*. 2016;1-6.](#)
 23. [Mota JA, Stock MS, Thompson BJ. Vastus lateralis and rectus femoris echo intensity fail to reflect knee extensor specific tension in middle-school boys. *Physiol Meas*. 2017;38\(8\):1529-1541.](#)
 24. [Zanconato S, Buchthal S, Barstow TJ, Cooper DM. 31 P-magnetic resonance spectroscopy of leg muscle metabolism during exercise in children and adults. *J Appl Physiol*. 1993;74:2214-8.](#)
 25. [McCormack WP, Stout JR, Wells AJ, Gonzalez AM, Mangine GT, Fragala MS, et al. Predictors of high-intensity running capacity in collegiate women during a soccer game. *J Strength Cond Res*. 2014;28\(4\):964-70.](#)