

## Diferencias de Sexo en Ecografía Muscular en Escolares Según Tercil de Nacimiento Sex Differences in Muscle Ultrasound in Schoolchildren According to Birth Tertile

\*Juan Carlos Giraldo García, \* Donaldo Cardona Nieto, \*\* María Elena Hernández Hernández.

\*Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid de Medellín (Colombia), \*\*Universidad Pablo de Olavide de Sevilla (España)

**Resumen.** El objetivo del estudio fue evaluar las diferencias de sexo por tercil de nacimiento en variables antropométricas, parámetros anaeróbicos y ecografía muscular cuantitativa entre niños y niñas en edad escolar. Participaron 159 escolares ( $9.36 \pm 0.84$  años), 70 niñas ( $9.50 \pm 0.77$  años) y 89 niños ( $9.25 \pm 0.88$  años), de la ciudad de Medellín, Colombia. Se realizó un estudio transversal, comparativo y no aleatorio. La muestra fue dividida en grupos con base en el año de nacimiento. Cada año fue dividido en terciles. Se realizaron las medidas antropométricas: masa corporal, estatura y porcentaje de grasa y posteriormente se realizó la ecografía de cuádriceps derecho y luego la evaluación de los saltos tipo CMJ (salto con contra-movimiento) y saltos continuos. Para la comparación de niñas y niños, de cada año y tercil, se utilizó la prueba U-Mann Whitney y el Rango-Biserial. Hubo diferencias estadísticamente significativas en el grupo 2010 en variables que midieron la eco-intensidad (EI). En el ARF (ángulo de pennación del recto femoral) en el grupo 2008 y en el grupo 2010; en el AVL (ángulo de pennación del vasto lateral) en el grupo 2008 y en el grupo 2010 y en el salto vertical en el CMJ en el grupo 2009 y en el grupo 2010. Las diferencias en medidas antropométricas, salto vertical y ecografía del músculo cuádriceps sin la influencia del efecto de la edad relativa entre niños y niñas incluidos en este estudio no son constantes en las diferentes variables ni en los grupos de edad evaluados, y cuando se presentaron, fueron en favor del género masculino.

**Palabras Clave:** Niños. Niñas. Ultrasonografía. Músculo. Efecto de la edad relativa.

**Abstract.** The aim of the study was to assess sex differences by birth tertile in anthropometric variables, anaerobic parameters, and quantitative muscle ultrasound between boys and girls of school age. Participants were 159 schoolchildren ( $9.36 \pm 0.84$  years), 70 girls ( $9.50 \pm 0.77$  years) and 89 boys ( $9.25 \pm 0.88$  years), from the city of Medellín, Colombia. A cross-sectional, comparative and non-randomized study was carried out. The sample was divided into groups based on the year of birth. Each year was divided into tertiles. Anthropometric measurements were made: body mass, height and percentage of fat, and subsequently an ultrasound of the right quadriceps was performed, followed by an evaluation of the CMJ (counter movement jump)-type jumps and continuous jumps. For the comparison of girls and boys, of each year and tertile, the U-Mann Whitney test and the Biserial-Rank were used. There were statistically significant differences in the 2010 group in variables that measured the echo-intensity. In the ARF (rectus femoris pennation angle) in the 2008 group and in the 2010 group; in the AVL (pennation angle of the vastus lateralis) in the 2008 group and in the 2010 group and in the vertical jump in the CMJ in the 2009 group and in the 2010 group. The differences in anthropometric measurements, vertical jump and ultrasound of the quadriceps muscle without the influence of the relative age effect between boys and girls included in this study are not constant in the different variables or in the age groups evaluated, and when they did appear they were in favor of the male gender.

**Keywords:** Boys. Girls. Ultrasonography. Muscle. Relative age effect.

### Introducción

El efecto de la edad relativa (EER) es un fenómeno demostrado en la literatura científica (Camacho-Cardenosa et al., 2018; Riaza et al., 2020). Algunos de los estudios realizados han mostrado como los nacidos en fechas próximas al punto de corte tienen ciertas ventajas, respecto a su nivel de rendimiento, tanto en el ámbito deportivo (Maciel et al., 2021; Riaza et al., 2020; Valero et al., 2020), como en el ámbito académico (Huertas et al., 2019). Esto cobra importancia en el momento en el que la selección de los talentos deportivos se realiza con base en resultado de ciertas pruebas físicas y/o motores, obtenido por deportistas de un mismo año cronológico (Barrera

et al., 2021; Silva et al., 2022). Este fenómeno también se puede presentar al evaluar diferencias o similitudes entre niños y niñas con el fin de comparar su crecimiento y desarrollo. De esta manera, es posible que se comparen niños y niñas nacidas en un mismo año, donde se aprecien diferencias que pueden ser cercanas a un año, debido a que los grupos categorizados por edad cronológica están compuestos por nacidos en los primeros meses del año, y en los meses finales del año, o del punto de cohorte determinado.

Durante el período escolar hay una disminución de la velocidad de crecimiento, en estatura y en peso corporal, y sucede de una manera similar en niños y en niñas. Durante el desarrollo físico en la niñez, la fuerza se incrementa en ambos sexos, pero particularmente en la edad escolar el desarrollo de las capacidades motoras varía de acuerdo a

Fecha recepción: 04-04-22. Fecha de aceptación: 09-09-22

Juan Carlos Giraldo García  
juangiraldo@elpoli.edu.co

los diferentes niveles de maduración (Riaza et al., 2020), la cual es estable en la edad escolar. Al evaluar parámetros musculares se han encontrado resultados que demuestran deferencias en la potencia muscular a favor de los niños, mientras otros resultados no encuentran ventajas de un sexo sobre otro.

La ecografía muscular es una técnica inocua, amable, de fácil ejecución y no requiere sedación para su realización, lo que la convierte en una herramienta útil para evaluar el músculo en niños. El espesor muscular es una forma válida de evaluar el área de sección transversa del musculo (Franchi et al., 2018), pero la eco-intensidad es el mejor predictor del desempeño muscular, comparado con la cuantificación de la masa muscular (Bali et al., 2020). La EI brinda información respecto a la composición corporal o la infiltración de tejido no contráctil en el músculo, y se ha reportado que está correlacionada positivamente con la grasa intramuscular, y el contenido de tejido fibroso intersticial (Herda et al., 2018). Pocos son los estudios que han examinado específicamente los cambios en el tamaño y en la calidad muscular evaluados ecográficamente, y en particular, si existen diferencias entre sexos durante la edad escolar. Los estudios se han realizado comparando niños con niñas de un mismo año de nacimiento, pero no se han realizado evitando, o al menos disminuyendo, el efecto de la edad relativa, es decir, comparándolos en un mismo tercil de nacimiento. De este modo, el objetivo de nuestro estudio fue evaluar las diferencias de género por tercil de nacimiento en variables antropométricas, parámetros anaeróbicos y ecografía muscular cuantitativa entre niños y niñas en edad escolar.

## Material y método

### Participantes

El estudio estuvo formado por una muestra intencional de 159 escolares ( $9.36 \pm 0.84$  años), de los cuales 70 eran niñas ( $9.50 \pm 0.77$  años) y 89 niños ( $9.25 \pm 0.88$  años), pertenecientes a dos escuelas de iniciación deportiva, y una escuela de educación básica primaria de la ciudad de Medellín, Colombia. Los participantes realizaban dos clases semanales de educación física de 45 minutos cada una y los sábados asistían a una clase de iniciación deportiva por 3 horas en las cuales realizaban diferentes modalidades deportivas con fluctuaciones en la intensidad, como fútbol, voleibol, baloncesto, natación y gimnasia. Los criterios de exclusión considerados fueron: la presencia de enfermedad cardiovascular o metabólica, lesiones músculo-esqueléticas, o Estadio de maduración sexual definido por el método Tanner autorreportado diferente a 1 (Mundy et al., 2013). Los niños y sus padres firmaron un asentimiento y un consentimiento informado, respectivamente. El

protocolo del estudio fue aprobado por el comité de ética de la Institución Universitaria Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid (número de aprobación: 21214001–201701009536) y siguió las recomendaciones establecidas en la declaración de Helsinki. La muestra fue dividida por año de nacimiento: 2008, 2009 y 2010.

### Diseño

Se realizó un estudio transversal, comparativo y no aleatorio. Todos los participantes asistieron al laboratorio de la institución universitaria Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid, o a un salón adecuado como laboratorio en las instalaciones del colegio San José de las Vegas y de la escuela Lucrecio Jaramillo todas ellas instituciones educativas ubicadas en la ciudad de Medellín, Colombia, entre octubre y diciembre de 2018. En dichas instalaciones se realizaron las medidas antropométricas: masa corporal, estatura y porcentaje de grasa. Posteriormente se realizó la ecografía de cuádriceps derecho, luego se realizó la evaluación de fuerza explosiva iniciando con el CMJ y finalizando con los saltos continuos.

### Edad

La muestra fue dividida en grupos con base en el año de nacimiento. Cada año fue dividido en terciles. El primer tercil estuvo formado por los nacidos entre el primero de enero y el 30 de abril. El segundo tercil por los nacidos entre el primero de mayo y el 31 de agosto. Por último, el tercer tercil por los nacidos entre el primero de septiembre y el 31 de diciembre, todos ellos de cada año correspondiente.

### Ultrasonido cuantitativo

Imágenes transversales y longitudinales fueron obtenidas del cuádriceps femoral en la extremidad derecha con un equipo de ultrasonido mode B (B-Ultrasonic Diagnostic System, Contec, CMS600P2, Republica de China). Un transductor lineal (ganancia: 58, frecuencia: 7,5 MHz; profundidad: 6 centímetros), cubierto con un gel transmisor soluble en agua en cantidad suficiente para evitar la compresión de la superficie dérmica, fue colocado perpendicular al eje longitudinal y transversal del cuádriceps femoral en el punto medio entre la espina iliaca anterosuperior y el polo superior y, entre ésta, y el ángulo supero-externo de la rótula para las imágenes anterior y lateral, respectivamente. Los sujetos fueron evaluados en supino, estando al menos 5 minutos de reposo, y sin realización de ejercicio físico vigoroso previo ese día. Se realizaron dos imágenes en corte longitudinal y dos en corte transversal de cada punto medio. La imagen congelada fue digitalizada y posteriormente analizada por el software libre ImageJ (National Institute of Health, USA, versión IJ 1.46). Las imágenes del corte transversal anterior fueron

usadas para medir: el espesor muscular del recto femoral (margen inferior de la fascia anterior del recto femoral al margen superior de la fascia posterior del recto femoral), el espesor del vasto intermedio (margen inferior de la fascia intermuscular y el periostio del fémur), el espesor total del cuádriceps anterior (margen inferior del recto femoral al periostio del fémur). Las imágenes del corte transversal lateral fueron usadas para medir: el espesor muscular del vasto externo (margen inferior de la fascia anterior del vasto externo al margen superior de la fascia posterior del vasto externo), el espesor del vasto intermedio en vista lateral (margen inferior de la fascia intermuscular y el periostio del fémur), el espesor total del cuádriceps lateral (margen inferior del vasto externo al periostio del fémur). También fueron utilizadas las imágenes de corte transversal para determinar la EI de los diferentes músculos evaluados usando la función de histograma en ImageJ. La región de interés fue seleccionada como la mayor área rectangular de cada músculo sin incluir fascia. La media de las dos imágenes fue expresada como un valor entre 0 (negro) y 255 (blanco). Se realizó la corrección de la EI con el espesor del tejido celular subcutáneo propuesta por Young, y se midió el porcentaje de grasa con el método propuesto por el mismo autor para todos los músculos (Young et al., 2015). Además, como estrategia de control se realizó la diferencia de la EI de la grasa con respecto a cada porción del cuádriceps evaluado que corresponden de Dif1 a Dif6 (EIG: EI grasa región anterior del muslo, EIRFC: EI del recto femoral corregida, PGRF: % de grasa del recto femoral, EIVIC: EI del VI muslo anterior, PGVI: % de grasa del vasto intermedio medido por US, Dif1C: Diferencia entre EIG y EIRFC, Dif2C: Diferencia entre EIG y EIVIC, Dif3C: Diferencia entre EIG y media de EIRFC y EIVIC, EIGL: EI grasa región lateral del muslo, EIVLC: EI del vasto lateral corregida, PGVL: % de grasa del vasto lateral medido por US, EIVIEC: EI del VI corregida en muslo externo, PGVIE: % de grasa del VI Medido por US región externa, Dif4C: Diferencia entre EIG y EI del VL, Dif5C: Diferencia entre EIG y EIVI región externa, Dif6C: Diferencia entre EIG y media de EIVL y VI región externa) (Wu et al., 2010). Las imágenes de corte longitudinal fueron utilizadas para determinar el ángulo de penneación del recto femoral y del vasto externo. Los valores utilizados para el análisis estadístico para el espesor muscular, y el ángulo de penneación fueron los promedios de las dos medidas de cada imagen. La fiabilidad de las medidas ecográficas utilizadas es alta (Barotsis et al., 2020; Chiamonte et al., 2019). El coeficiente de variación de dos medidas en diferentes momentos, el mismo día, de diez sujetos fue para el espesor del 5,0 %, para la EI del 0,4% y para el ángulo de penneación el 0.8%.

### *Antropometría*

La masa corporal y la estatura fueron medidas sin calzado y en ropa deportiva. El porcentaje de grasa corporal fue estimado de acuerdo con Lohman de los pliegues grasos medidos en dos sitios: tríceps y subescapular (Gómez et al., 2013). Las medidas fueron realizadas por estudiantes de último semestre de Educación Física con nivel 1 de antropometría, aplicando los procedimientos ISAK. El peso fue expresado en kilogramos y se usó una báscula Detecto (DET 339, Detecto, Bogotá, Colombia). La estatura se expresó en metros y se utilizó un tallímetro marca Kramer (Kramer, Bogotá, Colombia). El porcentaje de grasa fue medido con un adipómetro Slim Guide (Creative Health Products, Miami, USA).

### *Salto vertical*

Por último, se evaluó la fuerza explosiva la cual fue medida mediante las pruebas de salto con contramovimiento (CMJ), y saltos repetidos (RJ15). Al inicio de la sesión, todos los participantes realizaron un calentamiento dinámico general, finalizando con la realización de seis saltos, con un progresivo nivel de esfuerzo. Los niños realizaron el CMJ en tres ocasiones, y el mejor salto fue el usado para el análisis estadístico. Tras dos minutos de recuperación, realizaron el RJ15 que consistió en saltos CMJ consecutivos durante 15 segundos. A lo largo de la prueba, se estimuló verbalmente a las niñas y a los niños. Para asegurar la correcta ejecución de cada salto fueron evaluados a través de una «check list», donde se comprobó si cada salto cumplía, o no, con los aspectos claves para una correcta ejecución. Si la ejecución era incorrecta se esperaba 3 minutos y nuevamente se realizaba. Aquellos saltos que no los cumplían fueron considerados como no válidos. Con la información obtenida de ambos saltos, CMJ y saltos continuos, se obtuvo la potencia del salto vertical (PCMJ) y la proporción de fibras rápidas (saltos continuos).

Los saltos fueron medidos en un tapete AXON JUMP® (Axon Bioingeniería Deportiva, Buenos Aires, Argentina) con el software Axon Jump 4.0, que midió el tiempo de vuelo y, además, en el caso del RJ15, el tiempo de contacto. En todos los saltos los niños debían mantener «las manos en la cintura». El RJ15 se realizó para calcular la potencia promedio ( $PP = g^2 * Tf * 15 / 4n(15 - Tf)$ ) y el % de distribución de fibras FT ( $\%FT = 48.31 + (g^2 * Tf * 15) / 1.04n(15 - Tf)$ ) (Temfemo et al., 2009). La potencia del CMJ se obtuvo con la fórmula de Sayers (Potencia CMJ(W) =  $(51.9 * alturaCMJ(cm)) + (48.9 * masa corporal(Kg)) - 2007$ ) (Sayers et al., 1999). La potencia del CMJ por distancia de empuje se obtuvo con la fórmula propuesta por Jiménez-Reyes et al. ( $P = mg((h/hp0^2) + 1) \langle gh/2 \rangle$ ) (Jiménez-Reyes et al., 2017).

**Análisis estadístico**

Para el análisis descriptivo de los aspectos demográficos, antropométricos, ecográficos y funcionales se utilizaron frecuencias absolutas, relativas e indicadores de resumen como la mediana y la desviación absoluta de la mediana (MAD). Para la comparación de los grupos de edad relativa de niñas y niños, de cada año y tercil, de los indicadores antropométricos, ecográficos y funcionales, se utilizó la prueba U-Mann Whitney para muestras independientes y se complementó con el coeficiente de correlación de Rango-Biserial como medida del tamaño del efecto. Para la calificación del tamaño del efecto (T.E.) se utilizó la siguiente clasificación: Pequeño (P)=0.1 a <0.30, Medio (M)=0.30 a <0.50, Grande (G)=e»0.50. Se estableció un valor *p* < 0.05 como estadísticamente significativo.

**Resultados**

Al comparar las variables antropométricas se encontraron diferencias estadísticamente significativas en el grupo 2009 en la estatura entre las nacidas y los nacidos en el tercil 1 (0,019, -0,56). El pliegue tricípital en el tercil 3 del grupo 2008 (0,012, -0,68) y el pliegue subescapular en el tercil 2 del grupo 2009 mostraron diferencias significativas. El porcentaje de grasa fue diferente en el tercil 3 del grupo 2008 (0.025, -0.61). (Tabla 1).

En las variables de eco-intensidad las diferencias principalmente se presentaron en el grupo 2010 en EIRFC en el tercil 1 (0.005, -0.852), tercil 2 (0.023, -0.769), tercil 3 (0.06, -0.704); EIVIC tercil 1 (0.036, -0.667), tercil 3 (0.026, -0.704); Dif1C tercil 1 (<0.0001, 1), tercil 2 (0.045, 0.692); Dif2C tercil 1 (0.018, 0.741); Dif3C tercil 1 (0.008, 0.815) y tercil 2 (0.023, 0.769) y EIVLC tercil 1 (0.018, -0.741), tercil 3 (0.018, -0.741). La única diferencia significativa en los otros grupos se presentó en el tercil 1 del 2009 en Dif5C (0.041, -0.487). (Figura 1).

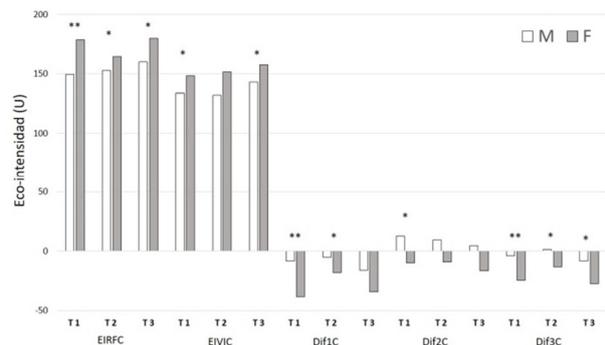


Figura 1. Diferencias en Eco-intensidad (grupo 2010)  
 Valor *p*: \* <0.05, \*\*<0.01, EIRFC: EI del recto femoral corregida, EIVIC: EI del VI muslo anterior, Dif1C: Diferencia entre EIG y EIRFC, Dif2C: Diferencia entre EIG y EIVIC, Dif3C: Diferencia entre EIG y media de EIRFC y EIVIC.

Tabla 1  
 Diferencias en variables antropométricas

	Masa			Est			IMC			PT			PSE			PG								
	M	F	<i>p</i>	T.E.	M	F	<i>p</i>	T.E.	M	F	<i>p</i>	T.E.	M	F	<i>p</i>	T.E.	M	F	<i>p</i>	T.E.				
Tercil 1 (M: n=9, F:n=3)	Med 46	33.2		143	139			21.29	17.18			18	12		10	8		23.3	17.8					
2008	MAD 3.2	3.8	0.209	0.556	4	1	0.577	0.259	2.77	0.23	0.209	0.556	1	0	0.222	0.519	4	2	0.351	0.407	6.7	1.69	0.194	0.556
Tercil 2 (M: n=7, F:n=6)	Med 34.2	35.25		140	140.5			16.72	18.05			7	14		5	10.5		9	21.85					
	MAD 5.1	2.95	0.836	-0.1	2	2	0.943	0.048	1.72	1.455	0.534	-0.24	2	4	0.280	-0.38	1	3	0.311	-0.36	2.22	4.23	0.223	-0.43
Tercil 3 (M: n=9, F:n=11)	Med 32.2	36.2		135	140			16.43	18.82			9	15		5	10		12.15	22.59					
	MAD 4.4	4.1	0.362	-0.25	4	5	0.269	-0.3	0.71	1.04	0.710	-0.11	2	3	0.012*	-0.68	1	3	0.079	-0.48	3.15	2.29	0.025*	-0.61
Tercil 1 (M: n=16, F:n=10)	Med 36.95	36.8		138.3	141.5			19.19	17.44			13.5	11		9	6.5		18.66	16.92					
2009	MAD 3.65	4.95	0.958	0.019	1.75	2.25	0.019*	-0.56	1.65	1.58	0.201	0.313	3.5	1.5	0.382	0.212	2.5	1.5	0.100	0.394	4.63	2.265	0.177	0.325
Tercil 2 (M: n=5, F:n=14)	Med 26.4	32.65		137	140.5			16.35	16.12			9	12		5	8		12.15	18.23					
	MAD 0.2	3.95	0.126	-0.49	4	5	0.194	-0.41	0.97	0.885	0.578	-0.19	2	3.5	0.457	-0.24	1	2	0.035*	-0.66	3.15	5.42	0.265	-0.36
Tercil 3 (M: n=12, F:n=10)	Med 30.25	26.6		136	131.5			16.89	14.92			11.5	11.5		6.56			16.01	15.55					
	MAD 4.6	3.35	0.203	0.333	3	3.5	0.220	0.317	1.8	0.84	0.156	0.367	3.5	1	0.840	0.058	2	1	0.663	0.117	4.075	2.255	0.716	0.1
Tercil 1 (M: n=9, F:n=6)	Med 27.7	31.85		131	129			17.09	18.32			11	14.5		6	8		16.01	19.9					
2010	MAD 4.1	2.75	0.864	0.074	4	2.5	0.405	0.278	1.29	2.105	0.776	-0.11	3	3	0.174	-0.44	1	2.5	0.307	-0.33	3.86	5.11	0.238	-0.39
Tercil 2 (M: n=13, F:n=4)	Med 27.3	28.2		131	129.8			16.84	17.12			9	10		6	9		13.15	18.21					
	MAD 2.6	1	0.871	-0.08	4	2.75	0.733	0.135	0.93	0.51	0.956	-0.04	2	1.5	0.609	-0.19	1	1.5	0.303	-0.37	3.08	2.085	0.363	-0.33
Tercil 3 (M: n=9, F:n=6)	Med 28.2	29.6		130	129.5			16.43	18.35			12	14		8	11.5		17.8	21.86					
	MAD 3.5	2.2	0.316	-0.33	3	2.5	0.765	-0.11	1.41	1.3	0.328	-0.33	4	3.5	0.286	-0.35	3	5	0.140	-0.48	4.79	6.515	0.212	-0.41

Valor *p*: \* <0.05, \*\*<0.01, Med: mediana, MAD: desviación absoluta de la mediana, Est: estatura, PT: pliegue tricípital, PSE: pliegue subescapular, PG: porcentaje de grasa, TE: tamaño del efecto.

Respecto a las variables de tamaño del músculo hubo diferencias significativas en el EG en el grupo 2010 tercil 1 (0.036, -0.667); en el ERF en el grupo 2009 tercil 1 (0.002, -0.7) y tercil 3 (0.030, 0.55); en el EVI tercil 3 (0.021, -0.592); en el ARF en el grupo 2008 tercil 3 (0.02, 0.616) y en el grupo 2010 tercil 3 (0.026, 0.704); en el AVL en el grupo 2008 tercil 3 (0.020, 0.616) y en el grupo 2010 en el tercil 3 (0.043, 0.517). (Figura 2).

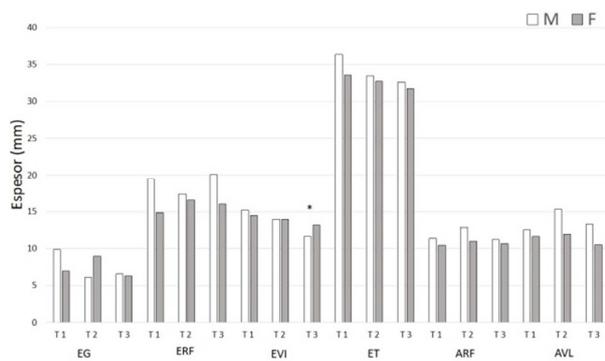


Figura 2. Diferencias en espesores y ángulos de penneación (grupo 2009)  
Valor p: \* <0.05, \*\* <0.01, EG: Espesor graso. ERF: espesor del recto femoral, EVI: espesor del vasto intermedio, ET: espesor total, ARF: ángulo de penneación del recto femoral, AVL: ángulo de penneación del vasto lateral.

En lo que corresponde a las variables del salto vertical las diferencias estadísticamente significativas se presentaron en el CMJ en el grupo 2009 tercil 3 (0.001, -0.769); en el grupo 2010 tercil 1 (0.008, 0.852); en la PCMJR en el grupo 2009 tercil 1 (0.001, -0.725) y en el grupo 2010 tercil 1 (0.018, 0.741); en la PCMJDE en el grupo 2009 tercil 1 (0.023, -0.537); en la PCMJDER 2009 tercil 1 (0.010, -0.6), 2010 tercil 1 (0.012, 0.778) y en la PMRJ en el grupo 2010 tercil 1 (0.008, 0.815) y el tercil 2 (0.032, 0.731). (Figura 3).

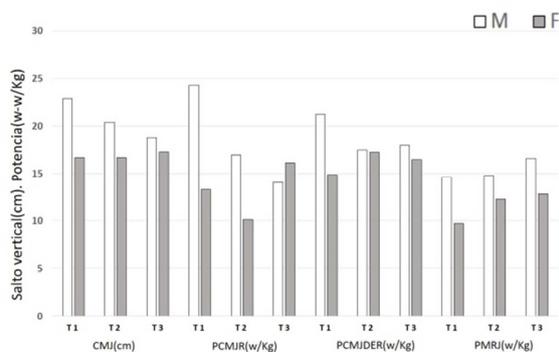


Figura 3. Diferencias en variables del salto vertical (grupo 2010)  
Valor p: \* <0.05, \*\* <0.01. CMJ: altura salto con contra-movimiento(cm), PCMJR: potencia CMJ relativa (w/Kg), PCMJDER: potencia CMJ por distancia de empuje relativa (w/Kg), PMRJ: potencia media de saltos repetidos en 15 segundos (w).

## Discusión

La literatura científica nos muestra diferentes estudios donde se han comparado las habilidades locomotoras de niños y niñas, incluido el salto vertical, entre los 6 y los 12 años. No obstante, sus hallazgos son heterogéneos, ya que se pueden ver trabajos con mejores resultados obtenidos en una muestra con niños (Gallego et al., 2016; Milanese et al., 2010; Roth et al., 2018), uno donde los mejores resultados se obtuvieron en la muestra con niñas (Bolger et al., 2018), y otros donde directamente no han podido demostrar que existan diferencias en el desempeño motor en función del sexo (Bardid et al., 2016; Smajic et al., 2018). Un estudio realizado en Alemania en 915 niñas y 853 niños en edades entre 5 y 11 años mostró diferencias, a favor de los niños, atribuidas principalmente a las preferencias deportivas del género masculino (Roth et al., 2018). En general, las diferencias han sido explicadas principalmente por el tipo de actividades que los niños realizan, porque ambos tienen características biológicas similares en genotipo, longitud de miembros, fuerza y composición corporal (Malina et al., 2004). Respecto al salto vertical, la potencia pico y la potencia media son mayores en niños que en niñas, y en esta última, las diferencias por sexo se incrementan con la edad (Temfemo et al., 2009). El salto vertical presenta diferencias estadísticas a los 12 años, o incluso mayores en estudios como el realizado por Yu et al (2021), en 1154 niños y niñas entre 8 y 17 años en china. Sin embargo, en ninguno de estos estudios se tuvo en cuenta el efecto de la edad relativa como posible factor generador de las diferencias. El efecto de la edad relativa demostrada en múltiples pruebas físicas, incluida la potencia del salto vertical, podría ser la responsable de los resultados no consistentes (Gallego et al., 2016). En el estudio presentado solo encontramos diferencias significativas en algunos de los terciles comparados en algunas variables de salto vertical - en el grupo 2009 en el tercil 1 (PCMJR, PCMJDER) y en el tercil 3 (CMJ); en el grupo 2010 en el tercil 1 (CMJ, PCMJR, PCMJDER, PMRJ), tercil 2 (PMRJ) y en el tercil 3 (ARF, ARL)- siendo mayor el número de terciles que no arrojaron diferencias significativas al comparar los niños y las niñas. Estos resultados estarían en consonancia con las investigaciones previas que no arrojaron diferencias entre sexos, en edades similares a nuestra muestra.

En otros trabajos consultados se han evaluado los cambios en la arquitectura muscular por ecografía, con base en la maduración sexual, en la pre-pubertad comparado con la peri-pubertad, y la pubertad (Radnor et al., 2020), pero no han evaluado esos cambios antes

del disparo puberal. La eco-intensidad es una forma segura y no invasiva de evaluar la calidad muscular y ésta está asociada inversamente con la capacidad física (García-Alonso et al., 2022). Un estudio evaluó los parámetros espesor muscular (EM), eco-intensidad (EI) y fuerza muscular (FM) encontrando que estos fueron influenciados por cambios en peso, estatura y edad, pero esta influencia solo tuvo cambios clínicamente relevantes en EM y FM, porque la EI tuvo modificaciones mínimas en niñas y niños sanos (Jacobs et al., 2013). Otro estudio evidenció que la eco-intensidad del cuádriceps disminuye con la edad pero se incrementa con la masa corporal (Jacobs et al., 2013). De hecho, sus cambios no fueron estadísticamente significativos incluso a intervalos de 3 años (Jacobs et al., 2013). Un estudio español en 282 niños (144 niños, 138 niñas) en edad escolar (media  $\pm$  DS edad  $7.0 \pm 0.4$  años), obtuvo valores mayores en niñas con respecto a los niños en parámetros ecográficos del recto femoral como EI, tejido adiposo intramuscular y tejido adiposo subcutáneo (García-Alonso et al., 2022). Las diferencias en nuestro estudio se presentaron principalmente en la EI del recto femoral y las variables que incluyen este músculo en sus cálculos, con valores menores en niños respecto a las niñas. Estos resultados se corresponden con los observados en el estudio español previamente descrito. Una posible explicación de estas diferencias es el hecho de que el grupo de niños en su mayoría preferían el fútbol, donde el pateo es el gesto técnico más utilizado para su realización. Durante esta acción, existe una mayor implicación de la musculatura del recto femoral, lo cual lo estimula de forma específica. Si bien en otras modalidades deportivas se realizan gestos como el salto, la carrera y los cambios de dirección, donde también se utiliza la musculatura del cuádriceps, la frecuencia en el uso del recto femoral durante la extensión de la rodilla al patear, lo hace un estímulo más frecuente y con una orientación más específica (Cerrah et al., 2011; Robertson & Mosher, 1985). De esta forma, cumpliría con uno de los principios de adaptación al entrenamiento, como es el principio de especificidad (Billat, 2002), pudiendo explicar los resultados obtenidos.

De la niñez a la adolescencia el incremento en el tamaño de las fibras es 3,5 veces en las niñas y 4,5 veces en los niños, pero no hay diferencias claras en la distribución o el tamaño de las fibras en la niñez (Armstrong et al., 2001). En un estudio realizado en Suecia con biopsia del cuádriceps no hubo diferencias significativas entre los diferentes tipos de fibra entre sexos, pero los tipos I y IIA fueron mayores en área de sección transversa (AST) que las IIB, independiente del

sexo en menores, mientras esa diferencia en favor de los hombres se presenta en adultos (Esbjörnsson et al., 2021). Extrapolando estos resultados histológicos al tamaño del músculo evaluado por ecografía, y basados en el mayor potencial de hipertrofia de las fibras IIB, un estudio en niños en edad escolar ha evidenciado que el espesor del cuádriceps aumenta con la edad, el peso y la estatura, aunque la edad solo es significativa a intervalos de 2 años (Jacobs et al., 2013). Otro estudio realizado en Inglaterra en 276 niños sanos entre 0 y 12 años de edad comparó el espesor del cuádriceps, medido en el punto medio del muslo, no encontrando diferencias significativas entre niños y niñas en el espesor muscular, pero si en el espesor del tejido celular subcutáneo (Heckmatt et al., 1988). Similares resultados se encontraron en otro trabajo que no evidenció diferencias entre niños y niñas en el espesor muscular del cuádriceps en un rango de edad comprendida entre 0 y 12 años (Özdemir et al., 1995). Estos resultados concuerdan con los mostrados en nuestra investigación, en las que la mayoría de los parámetros comparados no mostraron diferencias estadísticamente significativas en el espesor muscular. Las escasas diferencias solo se alcanzaron en algunos terciles, en el espesor del recto femoral, y en el ángulo de penneación que es una medida indirecta del espesor muscular, pero estas diferencias no fueron constantes en los diferentes terciles comparados, y primó la no diferencia entre sexos.

### Limitaciones

El estudio presentado está limitado por el bajo número de unidades de investigación en algunos subgrupos, lo que genera una disminución en la potencia estadística de los datos. Además, el nivel de ejercicio de los menores es una variable que debe ser controlada porque es diferente según el sexo, e incide en el rendimiento de la potencia anaeróbica medida por el salto vertical, al igual que en la composición corporal, y por ende, en los parámetros ecográficos, particularmente porque los niños son más activos en su tiempo libre mientras las niñas suelen realizar actividades recreativas de menor exigencia física (Herazo-Beltrán et al., 2018; Portela-García & Vidarte-Claros, 2021). Además, es una limitación importante el no reportar diferencia entre los grupos claramente porque los niños y las niñas rotaban por todas las modalidades deportivas. Por último, si bien la prueba de Tanner utilizada para evaluar la maduración sexual en este grupo de edad fue la misma, se deben utilizar otros métodos que permite evaluar diferencias de maduración derivadas, por ejemplo, de la relación con el pico de velocidad de crecimiento de la niña y el niño.

## Conclusión

Las diferencias en medidas antropométricas, salto vertical y ecografía del músculo cuádriceps, sin la influencia del efecto de la edad relativa, entre niños y niñas incluidos en este estudio no son constantes en las diferentes variables, ni en los grupos de edad evaluados. Cuando estas diferencias se presentaron fueron a favor del sexo masculino. Las diferencias se presentaron principalmente en la EI del recto femoral y las variables que incluyen este músculo en sus cálculos, con valores menores en niños respecto a las niñas. Estas diferencias podrían sugerir el valor de la ecografía muscular, particularmente la medición de la EI, como herramienta para evaluar la especificidad del entrenamiento. Es probable que las diferencias estén relacionadas con una mayor frecuencia de la práctica de ejercicio físico en niños con respecto a las niñas. No obstante, se requieren más estudios con un control estricto de variables, particularmente las derivadas del ejercicio físico, para obtener resultados más concluyentes.

## Referencias

- Armstrong, N., Welsman, J. R., & Chia, M. Y. H. (2001). Short term power output in relation to growth and maturation. *British Journal of Sports*, 118-124.
- Bali, A. U., Harmon, K. K., Burton, A. M., Phan, D. C., Mercer, N. E., Lawless, N. W., & Stock, M. S. (2020). Muscle strength, not age, explains unique variance in echo intensity. *Experimental gerontology*, 139, 111047.
- Bardid, F., Huyben, F., Lenoir, M., Seghers, J., De Martelaer, K., Goodway, J. D., & Deconinck, F. J. A. (2016). Assessing fundamental motor skills in Belgian children aged 3–8 years highlights differences to US reference sample. *Acta Paediatrica*, 105(6), e281-e290.
- Barotsis, N., Tsiganos, P., Kokkalis, Z., Panayiotakis, G., & Panagiotopoulos, E. (2020). Reliability of muscle thickness measurements in ultrasonography. *International Journal of Rehabilitation Research*, 43(2), 123-128.
- Barrera, J., Valenzuela, L., Maureira, F., & Sarmento, H. (2021). Análisis de los componentes físicos y antropométricos de jóvenes futbolistas chilenos desde la categoría Sub-13 a Sub-19 (Analysis of the physical and anthropometric components of young Chilean footballers from category Sub-13 to Sub-19). *Retos: nuevas tendencias en educación física, deporte y recreación*, 39, 547-555.
- Billat, V. (2002). *Fisiología y metodología del entrenamiento. De la teoría a la práctica*.
- Bolger, L. E., Bolger, L. A., O'Neill, C., Coughlan, E., O'Brien, W., Lacey, S., & Burns, C. (2018). Age and sex differences in fundamental movement skills among a cohort of Irish school children. *Journal of motor learning and development*, 6(1), 81-100.
- Camacho-Cardenosa, A., Camacho-Cardenosa, M., González-Custodio, A., Martínez-Guardado, I., Timón, R., Olcina, G., & Brazo-Sayavera, J. (2018). Anthropometric and Physical Performance of Youth Handball Players: The Role of the Relative Age. *Sports*, 6(2), 47. <https://doi.org/10.3390/sports6020047>
- Cerrah, A. O., Gungor, E. O., Soylu, A. R., Ertan, H., Lees, A., & Bayrak, C. (2011). Muscular activation patterns during the soccer in-step kick. *Isokinet Exerc Sci*, 19, 181-190.
- Chiaromonte, R., Bonfiglio, M., Castorina, E. G., & Antoci, S. A. (2019). The primacy of ultrasound in the assessment of muscle architecture: Precision, accuracy, reliability of ultrasonography. Physiatrist, radiologist, general internist, and family practitioner's experiences. *Revista da Associação Médica Brasileira*, 65, 165-170.
- Esbjörnsson, M. E., Dahlström, M. S., Gierup, J. W., & Jansson, E. C. (2021). Muscle fiber size in healthy children and adults in relation to sex and fiber types. *Muscle & Nerve*, 63(4), 586-592.
- Franchi, M. V., Longo, S., Mallinson, J., Quinlan, J. I., Taylor, T., Greenhaff, P. L., & Narici, M. V. (2018). Muscle thickness correlates to muscle cross sectional area in the assessment of strength training induced hypertrophy. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 28(3), 846-853.
- Gallego, F. L., Sánchez, A. J. L., Vacas, N. E., & Zagalaz, J. C. (2016). Influencia del género, la edad y el nivel de actividad física en la condición física de alumnos de educación primaria. Revisión Bibliográfica. *Retos: nuevas tendencias en educación física, deporte y recreación*, 29, 129-133.
- García-Alonso, Y., García-Hermoso, A., Alonso-Martínez, A. M., Legarra-Gorgoñon, G., Izquierdo, M., & Ramírez-Vélez, R. (2022). Associations between physical fitness components with muscle ultrasound parameters in prepubertal children. *International Journal of Obesity*, 1-9.
- Gómez, R., De Marco, A., De Arruda, M., Martínez, C., Salazar, C., Valgas, C., Fuentes, J., & Cossio-Bolaños, M. (2013). Predicción de ecuaciones para el porcentaje de grasa a partir de circunferencias corporales en niños pre-púberes. *Nutr Hosp*, 28, 772-778. <https://doi.org/10.3305/nh.2013.28.3.6351>
- Heckmatt, J. Z., Pier, N., & Dubowitz, V. (1988). Measurement of quadriceps muscle thickness and subcutaneous tissue thickness in normal children by real time ultrasound imaging. *Journal of clinical ultrasound*, 16(3), 171-176.

- Herazo-Beltrán, Y., Núñez-Bravo, N., Sánchez-Güette, L., Osorio Álvarez, L., Quintero Barahona, E., Yepes Sarmiento, L., & Vázquez-Rojano, K. (2018). *Condición física en escolares: Diferencias según los niveles de actividad física*.
- Herda, T. J., Ryan, E. D., Kohlmeier, M., Trevino, M. A., Gerstner, G. R., & Roelofs, E. J. (2018). Examination of muscle morphology and neuromuscular function in normal weight and overfat children aged 7-10 years. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 28(11), 2310-2321.
- Huertas, F., Ballester, R., Gines, H. J., Hamidi, A. K., Moratal, C., & Lupiáñez, J. (2019). Relative Age Effect in the Sport Environment. Role of Physical Fitness and Cognitive Function in Youth Soccer Players. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(16), 2837. <https://doi.org/10.3390/ijerph16162837>
- Jacobs, J., Jansen, M., Janssen, H., Rajimann, W., Van Alfen, N., & Pillen, S. (2013). Quantitative muscle ultrasound and muscle force in healthy children: A 4-year follow-up study. *Muscle Nerve*, 47, 856-863. <https://doi.org/10.1002/mus.23690>
- Jiménez-Reyes, P., Samozino, P., Pareja-Blanco, F., Conceição, F., Cuadrado-Peñafiel, V., González-Badillo, J. J., & Morin, J.-B. (2017). Validity of a Simple Method for Measuring Force-Velocity-Power Profile in Countermovement Jump. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 12(1), 36-43. <https://doi.org/10.1123/IJSP.2015-0484>
- Maciel, L. F. P., Flach, M. C., do Nascimento, R. K., Dallegrave, E. J., do Nascimento, J. V., & Folle, A. (2021). Relative Age Effect on basketball: Implications for the selection of successful players. *Retos: nuevas tendencias en educación física, deporte y recreación*, 42, 266-275.
- Malina, R. M., Bouchard, C., & Bar-Or, O. (2004). *Skeletal Muscle Tissue. En: Patterson J, Feld M. Growth, maturation, and physical activity*.
- Milanese, C., Bortolami, O., Bertucco, M., Verlatto, G., & Zancanaro, C. (2010). Anthropometry and motor fitness in children aged 6-12 years. *Journal of human sport and exercise*, 11, 265-279.
- Mundy, L. K., Simmons, J. G., Allen, N. B., Viner, R. M., Bayer, J. K., Olds, T., Williams, J., Olsson, C., Romaniuk, H., Mensah, F., Sawyer, S. M., Degenhardt, L., Alati, R., Wake, M., Jacka, F., & Patton, G. C. (2013). Study protocol: The Childhood to Adolescence Transition Study (CATS). *BMC Pediatrics*, 13(1), 160-172. <https://doi.org/10.1186/1471-2431-13-160>
- Özdemir, H., Kayhan, S., Konus, Ö., Aytakin, C., Baran, Ö., Ataman, A., Sedat, I., & Beyazova, U. (1995). Quadriceps Muscle Thickness and Subcutaneous Tissue Thickness in Normal Children in Turkish Population: Sonographic Evaluation. *Gazi Medical Journal*, 6(3).
- Portela-García, C. A., & Vidarte-Claros, A. (2021). Niveles de actividad física y gasto frente a pantallas en escolares: Diferencias de edad y género. *Universidad y Salud*, 23(3), 189-197.
- Radnor, J. M., Oliver, J. L., Waugh, C. M., Myer, G. D., & Lloyd, R. S. (2020). The influence of maturity status on muscle architecture in school-aged boys. *Pediatric exercise science*, 32(2), 89-96.
- Riaza, A. de la R., Calvo, J. L., Mon-López, D., & Lorenzo, A. (2020). Impact of the relative age effect on competition performance in basketball: A qualitative systematic review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(22), 1-31. <https://doi.org/10.3390/ijerph17228596>
- Robertson, D., & Mosher, R. (1985). Work and power of the leg muscles in soccer kicking. *Biomechanics IX-b*, 533-538.
- Roth, A., Schmidt, S. C. E., Seidel, I., Woll, A., & Bös, K. (2018). Tracking of physical fitness of primary school children in trier: A 4-year longitudinal study. *BioMed research international*, 2018.
- Sayers, S. P., Harackiewicz, D. V., Harman, E. A., Frykman, P. N., & Rosenstein, M. T. (1999). Cross-validation of three jump power equations. *Medicine and science in sports and exercise*, 31(4), 572-577.
- Silva, L. A., Leonardo, L., de Andrade Rodrigues, H., & Krahenbühl, T. (2022). The Relative Age Effect in invasion team sports: A systematic review in youth sports. *Retos: nuevas tendencias en educación física, deporte y recreación*, 46, 641-652.
- Smajic, M., Ivanov, A., Cokorilo, N., Dimitric, G., Stajer, V., & Tomić, B. (2018). Differences in motor abilities of younger school children based on their sex. *Sport Mont Journal*, 16(1), 25-28.
- Temfemo, A., Hugues, J., Chardon, K., Mandengue, S.-H., & Ahmaidi, S. (2009). Relation between vertical jumping performance and anthropometric characteristics during growth in boys and girls.pdf. *European Journal of Pediatrics*, 168(4), 457-464. <https://doi.org/10.1007/s00431-008-0771-5>
- Valero, A. F., Pérez, S. S., Jaén, M. G., & Anta, R. C. (2020). Efecto de la edad relativa para el desarrollo del talento en jóvenes triatletas. *Retos: nuevas tendencias en educación física, deporte y recreación*, 37, 27-32.
- Wu, J. S., Darras, B. T., & Rutkove, S. B. (2010). Assessing spinal muscular atrophy with quantitative ultrasound. *Neurology*, 75(6), 526-531. <https://doi.org/10.1212/WNL.0b013e3181eccf8f>
- Young, H., Jenkins, N. T., Zhao, Q., & McCully, K. K. (2015). Measurement of Intramuscular Fat by Muscle Echo Intensity. *Muscle & Nerve*, 52(6), 963-971. <https://doi.org/10.1002/mus.24656>