

Tiempo de reacción de las extremidades superiores por edad cronológica y estado de madurez en adolescentes

Upper limb reaction time by chronological age and maturity status in adolescents

José SULLA TORRES¹, Nadia CHÁVEZ SALAS¹, María VALVERDE RIVEROS¹, Nicolás VIDAL FERNÁNDEZ², Rossana GOMEZ CAMPOS², Marco COSSIO BOLAÑOS²

¹ Escuela de Ingeniería de Sistemas, Universidad Católica de Santa María, Arequipa, Perú.

² Universidad Católica del Maule, Talca, Chile.

Recibido: 29/septiembre/2025. Aceptado: 11/noviembre/2025.

RESUMEN

Introducción: El tiempo de reacción es importante en diversas situaciones, al incidir en la toma de decisiones rápidas, y en la ejecución de las actividades de la vida diaria.

Objetivo: Relacionar el tiempo de reacción de extremidades superiores [TRES (expresado en aciertos y tiempo de ejecución)] con la edad cronológica y el estado de madurez en jóvenes no deportistas. Para ello se utilizó la tecnología y sistema FITLIGHT®.

Métodos: Se efectuó un estudio Transversal (correlacional) en 73 jóvenes de 12 a 20 años (40 hombres y 33 mujeres). Los jóvenes proceden de un colegio y una universidad particular. La selección de la muestra fue no-probabilística debido al limitado acceso a la muestra y recursos financieros. Se evaluó el peso, la estatura. Se calculó el Índice de masa corporal (IMC). Se determinó el estado de madurez por medio de una ecuación de regresión que utiliza sexo, edad cronológica y estatura. El TRES se evaluó a través del sistema FITLIGHT® (numero de aciertos y 10 repeticiones con ambas manos en segundos).

Resultados: La edad cronológica mostró relaciones positivas bajas con el número de aciertos en ambos sexos (hombres $r=0,13$ y mujeres $r=0,29$). Por estado de madurez, las correlaciones aumentaron ligeramente en ambos sexos (hom-

bres $r=0,16$ y en mujeres $r=0,36$). Las correlaciones entre el estado de madurez con el número de aciertos fueron negativas y bajas ($r=-0,11$ en hombres y $-0,25$ en mujeres), y entre el estado de madurez con el tiempo utilizado en 10 repeticiones fueron de bajas a moderadas en ambos sexos (en hombres $r=-0,13$ $p<0,05$, y en mujeres $r=-0,28$, $p<0,05$).

Conclusión: El TRES en adolescentes y jóvenes mostró mayor asociación con el estado de madurez que con la edad cronológica. Además, en ambos sexos se observó un número similar de aciertos, pero los hombres fueron más rápidos, lo que sugiere que la madurez influye en la eficiencia motora, especialmente en las mujeres.

PALABRAS CLAVE

Desempeño motor, coordinación, crecimiento, Fitlight.

ABSTRACT

Introduction: Reaction time is important in various situations, as it influences quick decision-making and the performance of daily activities.

Objective: To correlate upper limb reaction time [TRES (expressed in hits and execution time)] with chronological age and maturity in young non-athletes. FITLIGHT® technology and system were used for this purpose.

Methods: A cross-sectional (correlational) study was conducted on 73 young people aged 12 to 20 (40 males and 33 females). The young people came from a private school and university. The sample selection was non-probabilistic due to

Correspondencia:
Marco Cossio Bolaños
mcossio1972@hotmail.com

limited access to the sample and financial resources. Weight and height were assessed. Body mass index (BMI) was calculated. Maturity status was determined using a regression equation that takes into account sex, chronological age, and height. TRES was assessed using the FITLIGHT® system (number of correct responses and 10 repetitions with both hands in seconds).

Results: Chronological age showed low positive correlations with the number of hits in both sexes (men $r=0.13$ and women $r=0.29$). By maturity status, the correlations increased significantly in both sexes (males $r=0.16$ and females $r=0.36$). The correlations between maturity status and number of correct answers were negative and low ($r = -0.11$ in males and -0.25 in females), and between maturity status and time taken for 10 repetitions were low to moderate in both sexes (in males $r = -0.13$, $p < 0,05$ and in females $r = -0.28$, $p < 0,05$).

Conclusion: TRES in adolescents and young adults showed a stronger association with maturity than with chronological age. In addition, a similar number of correct responses was observed in both sexes, but males were faster, suggesting that maturity influences motor efficiency, especially in females.

KEYWORDS

Motor skills, coordination, growth, Fitlight.

INTRODUCCIÓN

El tiempo de reacción (TR) es cuando una persona debe reaccionar voluntariamente a un estímulo (por ejemplo, visual, auditivo, táctico)^{1,2}. Abarca el tiempo necesario para percibir, reconocer y responder a un estímulo externo con adecuados movimientos corporales.

En muchos deportes, la velocidad de reacción (VR) motora es vital en diversas situaciones, ya que los atletas deben tomar decisiones rápidas para aumentar sus probabilidades de éxito³, mientras que en no deportistas el VR por sí solos proporcionan información objetiva sobre el estado funcional de las personas durante sus actividades de la vida diaria y constituyen un indicador esencial para evaluar su desarrollo neuromotor^{4,5}.

El TR es influenciado por aspectos genéticos relacionadas con la velocidad de transmisión del impulso nervioso a las sinapsis y concretadas en la respuesta efectora motora por aspectos ambientales (factores temperamentales y por la experiencia motora del sujeto)⁶.

Durante la ejecución de acciones motoras, los hemisferios cerebrales participan de forma desigual según la tarea, aunque en la mayoría de los casos se complementan e interrelacionan⁷. Para evaluar esta ejecución motora voluntaria (TR) de las extremidades superiores y/o inferiores a menudo se requiere de instrumental especializado, como teclados, pulsadores, pedales, cronómetros electrónicos (incluyendo software), entre otros. Además, en los últimos años, algunos instrumen-

tos tecnológicos, como el FITLIGHT Trainer TM (FITLIGHT Sports Corp., Canadá) o el Dynavision TM D2 Visuomotor Training Device (Dynavision International LLC, West Chester, OH) han sido sugeridos por algunos estudios⁸⁻¹⁰. En general, estas herramientas tecnológicas pueden utilizarse como instrumentos de entrenamiento y evaluación con un alto nivel de fiabilidad, validez, versatilidad y portabilidad para medir el TR de forma simple y compleja mediante estímulos visuales en poblaciones de deportistas y no deportista¹¹.

Desde esa perspectiva, investigar el TR en jóvenes no deportistas en función de la edad cronológica y el estado de madurez podría ayudar a comprender mejor el desarrollo neuromotor de los adolescentes. Pues durante la pubertad, los adolescentes a medida que maduran, aumentan los niveles de fuerza y potencia muscular, velocidad y agilidad^{12,13} e incluso, se produce mayor velocidad de conducción nerviosa y mielinización¹⁴, por lo que ese espera que el TR también mejore en función del estado de madurez.

Por lo tanto, este estudio se propuso como objetivos: relacionar el TRES (expresado en aciertos y tiempo de ejecución) con la edad cronológica y el estado de madurez en jóvenes no deportistas. Para ello se utilizó la tecnología y sistema FITLIGHT®.

METODOLOGÍA

Tipo de estudio y muestra

Se efectuó un estudio transversal (correlacional) en 73 jóvenes de 12 a 20 años (40 hombres y 33 mujeres). Los padres de los menores de edad fueron contactados mediante teléfono para consultar sobre la participación de sus hijos y/o apoderados. Se explicó sobre el objetivo del estudio y los que aceptaron participar firmaron el consentimiento informado de sus hijos y/o apoderados. Los jóvenes mayores de 18 años autorizaron la participación en el estudio. En general, todos fueron invitados a participar de forma voluntaria en el estudio. La selección de la muestra fue no-probabilística. Esto debido al limitado acceso a la muestra y a los recursos económicos. Los adolescentes de 12 a 17 años pertenecían a un colegio privado y los de 18 a 20 años a una universidad privada. Ambas instituciones se encuentran localizadas en la zona urbana de la ciudad de Arequipa (Perú) y a menudo en el Perú, los que asisten a este tipo de instituciones pertenecen a la condición socioeconomía media alta.

Se incluyeron en el estudio a todos los jóvenes que se encontraban en el rango de edad establecido y a los que completaron las medidas antropométricas (peso y estatura) y las pruebas de la TRES. Se excluyeron a los jóvenes que faltaron el día de la evaluación y los que se encontraban con algún tipo de lesión física que impedía la realización de la prueba de TRES. El estudio se efectuó de acuerdo a la declaración de Helsinki para seres humanos y a las indicaciones del Comité de ética de la Universidad Católica Santa María de Arequipa

(UCSM-036-2025). Por ejemplo, el uso de los datos es exclusivamente para fines investigativos y se garantizan estricta confidencialidad de la información.

Técnica e instrumentos

Las medidas antropométricas se evaluaron de acuerdo al protocolo estandarizado por la Sociedad Internacional para el avance de la Cineantropometría¹⁵. El peso corporal se evaluó utilizando una báscula (Tanita, Kewdale, Australia) con precisión de 0,1kg. La estatura de pie se midió utilizando un estadiómetro (SECA, Hamburgo) con precisión de 0,1 cm, de acuerdo al plano de Frankfurt. Ambas variables se midieron con la menor cantidad de ropa posible (Short, camiseta y sin zapatos).

Se calculó el Índice de Masa Corporal (IMC), utilizando la fórmula: $IMC = \text{peso(kg)} / \text{Estatura}^2(\text{m}^2)$. El estado de madurez se determinó a través de una ecuación de regresión desarrollada por Moore et al.¹⁶ para ambos sexos. Ambas ecuaciones utilizan la edad cronológica y la estatura. Por ejemplo, para mujeres: Estado de madurez (APVC) = $-7,709133 + (0,0042232 \times (\text{edad} \times \text{estatura}))$ y para hombres: Estado de madurez (APVC) = $7,999994 + (0,0036124 \times (\text{edad} \times \text{estatura}))$, donde APVC: años de pico de velocidad de crecimiento).

La evaluación del TRES se efectuó utilizando la tecnología y sistema FITLIGHT®. Cada evaluación se efectuó de forma individual (uno por uno). Todas las evaluaciones fueron medidas de lunes a viernes en horario de clases (8:00 a 10:00 am). Este equipo dispone de un conjunto de luces LED inalámbrico. Sirve para entrenamiento cognitivo y medir la velocidad de reacción¹⁷. El protocolo utilizado para este estudio fue utilizar ambas manos (derecha e izquierda).

Todos los jóvenes antes de efectuar las evaluaciones del TRES, practicaron dos veces para familiarizarse con el procedimiento y el equipamiento.

El evaluado se ubica frente a una mesa de ~80 cm de altura, donde las luces están dispuestas sobre una mesa separadas a unos 20 cm., uno al costado del otro según las sugerencias descritas por Barros-Suazo et al.¹⁰. El test está programado para encender varias luces de diversos colores secuencialmente, y el evaluado debe únicamente reaccionar a luz roja. Se cuenta 10 repeticiones. Los indicadores extraídos fueron: número de aciertos, número de errores y tiempo total requerido en las 10 repeticiones (segundos).

ESTADÍSTICA

La normalidad de los datos se verificó a través de la prueba de Shapiro Wilk. Se calculó la estadística descriptiva (promedio, desviación estándar y rango). Las diferencias entre ambos sexos se verificaron por medio de la prueba test t para muestras independientes. Las diferencias entre los rangos de edad se verificaron por medio de ANOVA de una vía y la prueba de especificidad de Tukey. Las relaciones entre variables se verificaron utilizando Pearson. Se calculó adicionalmente el coeficiente de determinación R^2 y el error estándar de estimación EEE. En todos los casos se estableció un nivel de significancia de $p < 0,05$. Los cálculos se efectuaron en SPSS 25.0.

RESULTADOS

Las características de la muestra estudiada se observan en la tabla 1. Los jóvenes fueron alineados por rango de edad cronológica. Se observa que los hombres presentaron mayo-

Tabla 1. Características de la muestra estudiada

Edad (años)	n	Estado de Madurez		Antropometría						TRES (10 rep)			
		(APVC)		Peso (kg)		Estatura (cm)		IMC (kg/m²)		# aciertos		Tiempo (seg)	
		X	DE	X	DE	X	DE	X	DE	X	DE	X	DE
Hombres													
12 a 14	9	0,36	0,72	62,24	15,24	1,70	7,73	20,79	3,65	9,11	1,36	11,52	5,53
15 a 17	22	1,70 ^a	0,72 ^a	67,94	9,02	1,70	7,55	23,42	2,77	8,87	1,39	12,86 ^a	6,81
18 a 20	9	4,68 ^{ab}	0,96 ^{ab}	70,89	13,79	1,77 ^{ab}	5,08	22,19	3,72	9,89	0,33	6,71 ^{ab}	1,56
Mujeres													
12 a 14	6	1,44 [*]	0,35	50,01 [*]	11,86	1,59 [*]	3,45	19,88	4,59	8,67	1,97	11,29	1,70
15 a 17	15	3,10 ^{*a}	0,66 ^a	57,59 [*]	3,70	1,59 [*]	6,34	22,98	2,13	9,00	1,91	10,67 ^a	3,83
18 a 20	12	5,12 ^{*ab}	0,62 ^{ab}	60,67 [*]	11,28	1,62 [*]	7,33	23,05	3,96	9,83	0,39	6,98 ^{ab}	1,69

X: Promedio, DE: Desviación estándar, TRES: Tiempo de reacción de extremidades superiores, IMC: Índice de masa corporal, *: diferencia significativa en relación a los hombres ($p < 0,05$), a: diferencia significativa en relación al grupo de edad 12-14 años ($p < 0,05$), b: diferencia significativa en relación al grupo de edad 15-17 años de edad ($p < 0,05$).

res valores de peso y estatura, en relación a las mujeres ($p<0,05$). Las mujeres presentaron valores más elevados en el estado de madurez (APVC) en relación a los hombres ($p<0,05$). No hubo diferencias significativas en el IMC y en las pruebas del TRES entre ambos sexos ($p>0,05$).

En cuanto a las comparaciones entre los tres grupos de edad, hubo diferencias significativas en el estado de madurez (APVC), peso corporal y el tiempo de reacción en 10 repeticiones ($p<0,05$), sin embargo, únicamente hubo diferencias en la estatura en hombres, donde los jóvenes con rango de edad de 18 a 20 años mostraron mayor estatura que sus similares de 15 a 17 años y 12 a 14 años ($p<0,05$). En mujeres no hubo diferencias en la estatura en los tres grupos de edad ($p>0,05$). Además, no hubo diferencias en el IMC y número de aciertos entre los tres grupos de edad ($p>0,05$).

Las correlaciones entre la edad cronológica y el estado de madurez con los indicadores de TRES se observan en la tabla 2. Se observó en ambos sexos, que la edad cronológica mostró relaciones positivas bajas con el número de aciertos (hombres $r=0,13$ y mujeres $r=0,29$), en ambos sexos, mientras tanto, cuando se alineó por estado de madurez, las correlaciones aumentaron ligeramente en ambos sexos (hombres $r=0,16$, $p<0,05$, y en mujeres $r=0,36$, $p<0,05$).

Las correlaciones entre el estado de madurez con el número de aciertos fueron negativas y bajas ($r=-0,11$ en hombres y $-0,25$ en mujeres), y entre el estado de madurez con el tiempo utilizado en 10 repeticiones las correlaciones fueron de bajas a moderadas en ambos sexos (en hombres $r=-0,13$, $p<0,05$, y en mujeres $r=-0,28$, $p<0,05$).

La figura 1 muestra las comparaciones del TRES en los jóvenes estudiados según edad cronológica y estado de madurez. No hubo diferencias significativas entre ambos géneros en el número de aciertos, tanto por edad cronológica, como por estado de madurez ($p>0,05$). También no hubo diferen-

cias entre ambos sexos en el tiempo utilizado para realizar la prueba en 10 repeticiones cuando se comparó por edad cronológica. Sin embargo, cuando se alineó por estado de madurez si hubo diferencias significativas entre ambos sexos ($p<0,05$). Las mujeres utilizaron más tiempo en relación a los hombres para desarrollar la prueba en 10 repeticiones. Los valores de desempeño oscilaron desde ~8,8 hasta 10,0 segundos en ambos sexos.

DISCUSIÓN

Este estudio tuvo como objetivo inicial relacionar el TRES (expresado en aciertos y tiempo de ejecución) con la edad cronológica y el estado de madurez en jóvenes no deportistas. Para ello se utilizó la tecnología y sistema FITLIGHT®.

Los resultados del estudio han evidenciado correlaciones positivas bajas entre la cronológica con el número de aciertos, tanto en hombres, como en mujeres, mientras tanto, las relaciones entre el estado de madurez con los aciertos y el tiempo empleados con la prueba de 10 repeticiones fueron negativas de baja a moderadas.

Estos resultados indican que al parecer el TRES es más sensible al estado de madurez que la edad cronológica, por lo que el desarrollo neuromotor durante adolescencia no se explica únicamente por la edad, sino por el grado de maduración biológica. Existen evidencias que refuerzan estos hallazgos, donde el estado de madurez es determinante en el desempeño físico de los adolescentes^{18,19}.

Además, en este estudio se observó diferencias en el TRES cuando se comparó entre ambos sexos por estado de madurez. Los hombres iniciaron mayor rapidez en la prueba de 10 segundos en relación a las mujeres a pesar de mostrar similares resultados en el número de aciertos. Esto quiere decir que las mujeres fueron más lentas, pero consiguieron los mismos resultados en el número de aciertos que los hombres.

Tabla 2. Relación entre edad cronológica y estado de madurez con la TRES en jóvenes de ambos géneros

Variables	Numero de aciertos (#)			Tiempo (10 rep) (Seg)		
	R	R ²	EEE	R	R ²	EEE
Hombres						
Edad (años)	0,13	0,01	1,34	0,16	0,03	0,20
E.M. (APVC)	-0,11	0,01	1,33	-0,13	0,01	0,20
Mujeres						
Edad (años)	0,29	0,08	1,34	0,36	0,13	0,20
E.M. (APVC)	-0,25	0,06	1,35	-0,28	-0,08	0,22

APVC: Años de pico de velocidad de crecimiento, E.M: Estado de madurez, EEE: Error estándar de medición.

Por lo tanto, se deduce que las mujeres, a pesar de ser más lentas, priorizaron la precisión en la ejecución, logrando un rendimiento equivalente en el número de aciertos similar a sus contrapartes hombres.

Estos hallazgos reflejan claramente la existencia de un equilibrio entre rapidez y exactitud en la prueba de 10 repeticiones en las mujeres, ya que priorizaron la precisión de la respuesta por sobre la velocidad, logrando resultados equivalentes en aciertos a los de los hombres.

Algunos estudios sugieren que las mujeres tienden a adoptar un procesamiento más cuidadoso y deliberado, lo que puede conducir a tiempos más prolongados, pero con un buen nivel de precisión en sus respuestas²⁰, e incluso, atribuyen al tamaño de las manos y el grosor de los dedos, por lo que podrían afectar las tareas que implican destreza en las tareas de motricidad fina en las mujeres^{21,22}.

En suma, este estudio destaca que, para evaluar el TRES durante la adolescencia y la juventud, debe analizarse considerando no solo el desarrollo neurológico, sino también los cambios físicos, cognitivos y socioemocionales propios de esta etapa²³. La interacción de estos factores resulta fundamental para comprender de manera más integral los procesos de maduración cerebral y su influencia en el rendimiento motor y cognitivo de los adolescentes²⁴.

Para ello, estudios futuros deben considerar otras variables relevantes que no han sido controladas en este estudio, por ejemplo, si realizaban actividad física leve, moderada o intensa, o practicaban algún deporte en particular. Estos aspectos se deben medir para analizar de mejor forma los resultados.

Se destaca también como posibles limitaciones de este estudio, el pequeño tamaño de muestra y rango de edad utili-

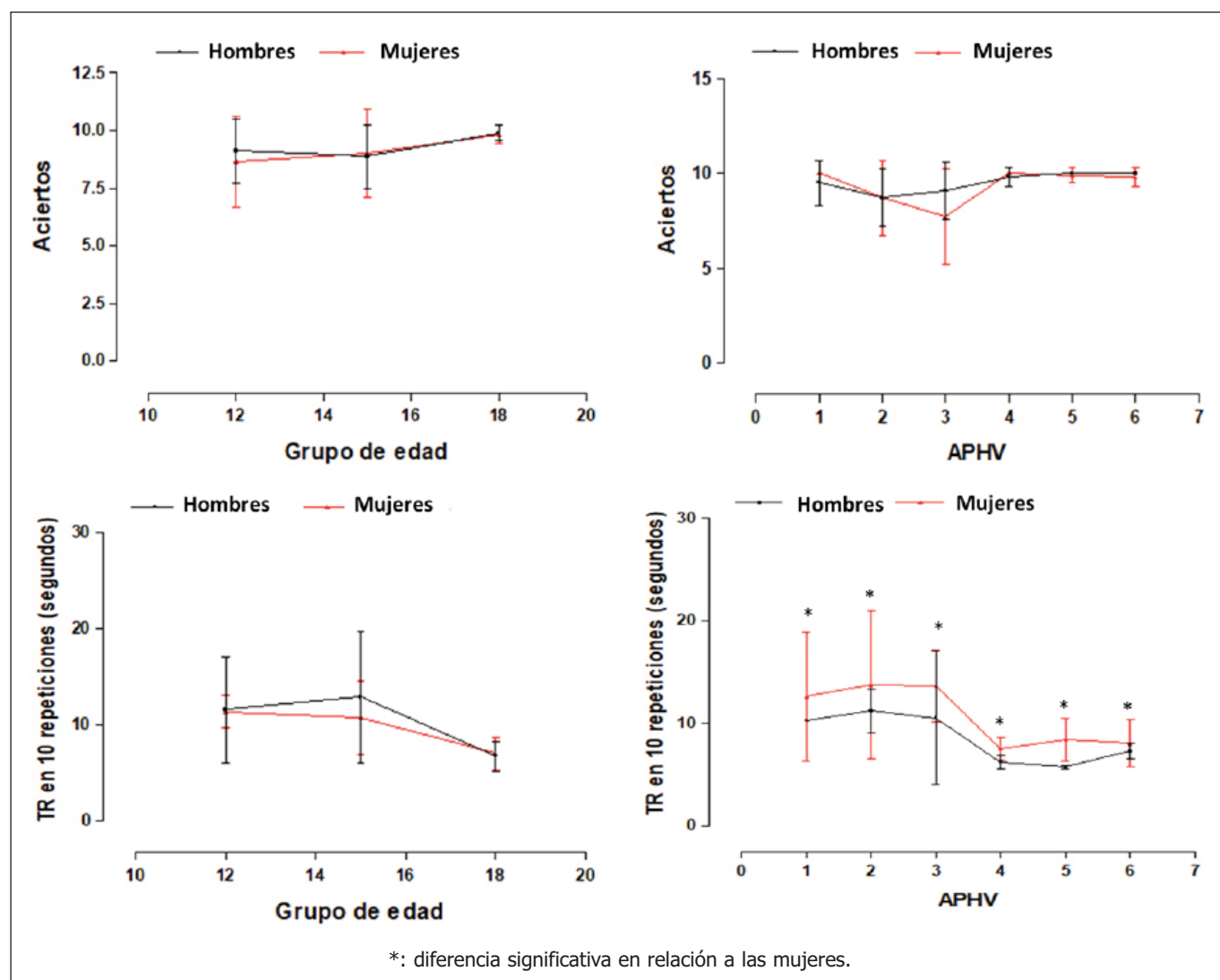


Figura 1. Comparación de la TRES alineados por edad cronológica y estado de madurez

zado, incluso el tipo de estudio utilizado impide realizar relaciones causales, lo que sugiere que próximos estudios enfaticen en el tamaño de la muestra, rango de edad y se proyecten a estudios longitudinales. También, una posible limitación es que no se controló la lateralidad de los participantes (por ejemplo, si su predominancia fue la mano izquierda y/o derecha). Esto podría afectar los resultados obtenidos, por lo que se sugiere controlar este aspecto en futuros estudios.

Como fortalezas, se destaca que es uno de los primeros estudios efectuados en el Perú en adolescentes y jóvenes, además, se utilizó la tecnología FITLIGHT® (basado en luces Led) para evaluar el TRES. Estos resultados pueden servir también de línea de base para futuras comparaciones y análisis de cambios seculares con el tiempo.

CONCLUSIÓN

Este estudio concluye que el TRES en adolescentes y jóvenes está más asociado por estado de madurez que por la edad cronológica. Estos resultados indican que en ambos sexos alcanzaron un número similar de aciertos, aunque los hombres mostraron mayor rapidez en relación a las mujeres, lo que sugiere que el estado de madurez juega un papel clave en la eficiencia de la respuesta motora, especialmente en las mujeres, ya que utilizaron más tiempo para alcanzar los mismos aciertos.

AGRADECIMIENTOS

A los fondos otorgados por la Universidad Católica de Santa María. Contrato: 30580-R-2024.

REFERENCIAS

- Harrar, V., & Harris, L.R. The effect of exposure to asynchronous audio, visual, and tactile stimulus combinations on the perception of simultaneity. *Exp Brain Res* [Internet]. 2008;186(4):517–24. <http://dx.doi.org/10.1007/s00221-007-1253-0>
- Ilamkar, K.R. Analysis of human information processing in performance and cognition. *Int J Res Health Sci* 2014; 2(1): 36–40. <http://www.cgrms.nkd/cssuos.pmp;vhi4Ukiudo6&css4Csuuo8>
- Göral, K., Saygın, Ö., & İrez GB. Profesyonel futbolcuların oynadıkları mevkilere göre görsel ve işitsel reaksiyon sürelerinin incelenmesi. *Selçuk Üniversitesi Beden Eğitimi ve Spor Bilim Dergisi*. 2012;14(1):5–11.
- Butler, A.A., Menant, J.C., Tiedemann, A.C., & Lord, S.R. Age and gender differences in seven tests of functional mobility. *J Neuroeng Rehabil* [Internet]. 2009;6(1). <http://dx.doi.org/10.1186/1743-0003-6-31>
- Cano, L.A., Gerez, G.D., García, M.S., Albarracín, A.L., Farfán, F.D., & Fernández-Jover, E. Decision-making time analysis for assessing processing speed in athletes during motor reaction tasks. *Sports* [Internet]. 2024;12(6):151. <http://dx.doi.org/10.3390/sports12060151>
- Wilke, J., Vogel, O. Computerized cognitive training with minimal motor component improves lower limb choice-reaction time. *J Sports Sci Med*. 2020;19(3):529–34. PMID: 32874106; PMCID: PMC7429437.
- Strick, P.L., Dum, R.P., & Rathelot, J.A. The cortical motor areas and the emergence of motor skills: A neuroanatomical perspective. *Annu Rev Neurosci* [Internet]. 2021;44(1):425–47. <http://dx.doi.org/10.1146/annurev-neuro-070918-050216>
- Appelbaum, L.G., & Erickson, G. Sports vision training: A review of the state-of-the-art in digital training techniques. *Int Rev Sport Exerc Psychol* [Internet]. 2018;11(1):160–89. <http://dx.doi.org/10.1080/1750984x.2016.1266376>
- Hassan, A.K., Alibrahim, M.S., & Sayed Ahmed, Y.A.R. The effect of small-sided games using the FIT LIGHT training system on some harmonic abilities and some basic skills of basketball players. *Front Sports Act Living* [Internet]. 2023;5:1080526. <http://dx.doi.org/10.3389/fspor.2023.1080526>
- Barros Suazo, T.B., Vidal-Espinoza, R., Gomez-Campos, R., Guzman, A.B., Cossio Bolaños, M., & Urrea Albornoz, C. Comparación de la memoria de trabajo y la velocidad de reacción de miembros superiores entre jóvenes tenismesistas y estudiantes universitarios. *Sportis Sci J Sch Sport Phys Educ Psychomot* [Internet]. 2025;11(2):1–14. <http://dx.doi.org/10.17979/sportis.2025.11.2.11429>
- Myers, L., Toonstra, J.L., & Cripps, A.E. The test-retest reliability and minimal detectable change of the FitLight Trainer™. *International Journal of Athletic Therapy and Training*. 2022;6:1–5.
- Van Praagh E, Dor?? E. Short-term muscle power during growth and maturation. *Sports Med* [Internet]. 2002;32(11):701–28. <http://dx.doi.org/10.2165/00007256-200232110-00003>
- Yapici, H., Gulu, M., Yagin, F.H., Eken, O., Gabrys, T., & Knappova, V. Exploring the relationship between biological maturation level, muscle strength, and muscle power in adolescents. *Biology (Basel)* [Internet]. 2022;11(12):1722. <http://dx.doi.org/10.3390/biology11121722>
- Arain, M., Haque, M., Johal, L., Mathur, P., Nel, W., Rais, A., Sandhu, R., & Sharma, S. (2013). Maturation of the adolescent brain. *Neuropsychiatric disease and treatment*, 9, 449–461. <https://doi.org/10.2147/NDT.S39776>
- Sociedad Internacional para el Avance de la Kineantropometría. Estándares internacionales para la valoración antropométrica. Australia; 2001.
- Moore, S. A., McKay, H. A., Macdonald, H., Nettlefold, L., Baxter-Jones, A. D., Cameron, N., & Brasher, P. M. (2015). Enhancing a Somatic Maturity Prediction Model. *Medicine and science in sports and exercise*, 47(8), 1755–1764. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000000588>
- Badau, D., Stoica, A. M., Litoi, M. F., Badau, A., Duta, D., Hantau, C. G., Sabau, A. M., Oancea, B. M., Ciocan, C. V., Fleancu, J. L., & Gozu, B. (2023). The Impact of Peripheral Vision on Manual Reaction Time Using Fitlight Technology for Handball, Basketball and Volleyball Players. *Bioengineering (Basel, Switzerland)*, 10(6), 697. <https://doi.org/10.3390/bioengineering10060697>

18. Strykalenko, Y., Huzar, V., Shalar, O., Oloshynov, S., Homenko, V., & Svirida, V. Physical fitness assessment of young football players using an integrated approach. *J Phys Educ Sport*. 2021;21(1): 360–6.
19. Santos, V., Casanova, N., Marconcin, P., Willig, R., Vidal-Conti, J., Soares, D., & Flôres, F. (2025). Physical fitness as a predictor of reaction time in soccer-playing children. *PLoS one*, 20(3), e0320147. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0320147>
20. Roivainen, E., Suokas, F., & Saari, A. (2021). An examination of factors that may contribute to gender differences in psychomotor processing speed. *BMC psychology*, 9(1), 190. <https://doi.org/10.1186/s40359-021-00698-0>
21. Peters, M., & Campagnaro, P. Do women really excel over men in manual dexterity? *J Exp Psychol Hum Percept Perform* [Internet]. 1996;22(5):1107–12. <http://dx.doi.org/10.1037/0096-1523.22.5.1107>
22. Macdermid, J.C., Fehr, L., & Lindsay, K. The effect of physical factors on grip strength and dexterity. *Br J Hand Ther* [Internet]. 2002;7(4):112–8. <http://dx.doi.org/10.1177/175899830200700401>
23. Best, O., & Ban, S. (2021). Adolescence: physical changes and neurological development. *British journal of nursing (Mark Allen Publishing)*, 30(5), 272–275. <https://doi.org/10.12968/bjon.2021.30.5.272>
24. Sturman, D. A., & Moghaddam, B. (2011). The neurobiology of adolescence: changes in brain architecture, functional dynamics, and behavioral tendencies. *Neuroscience and biobehavioral reviews*, 35(8), 1704–1712. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2011.04.003>