



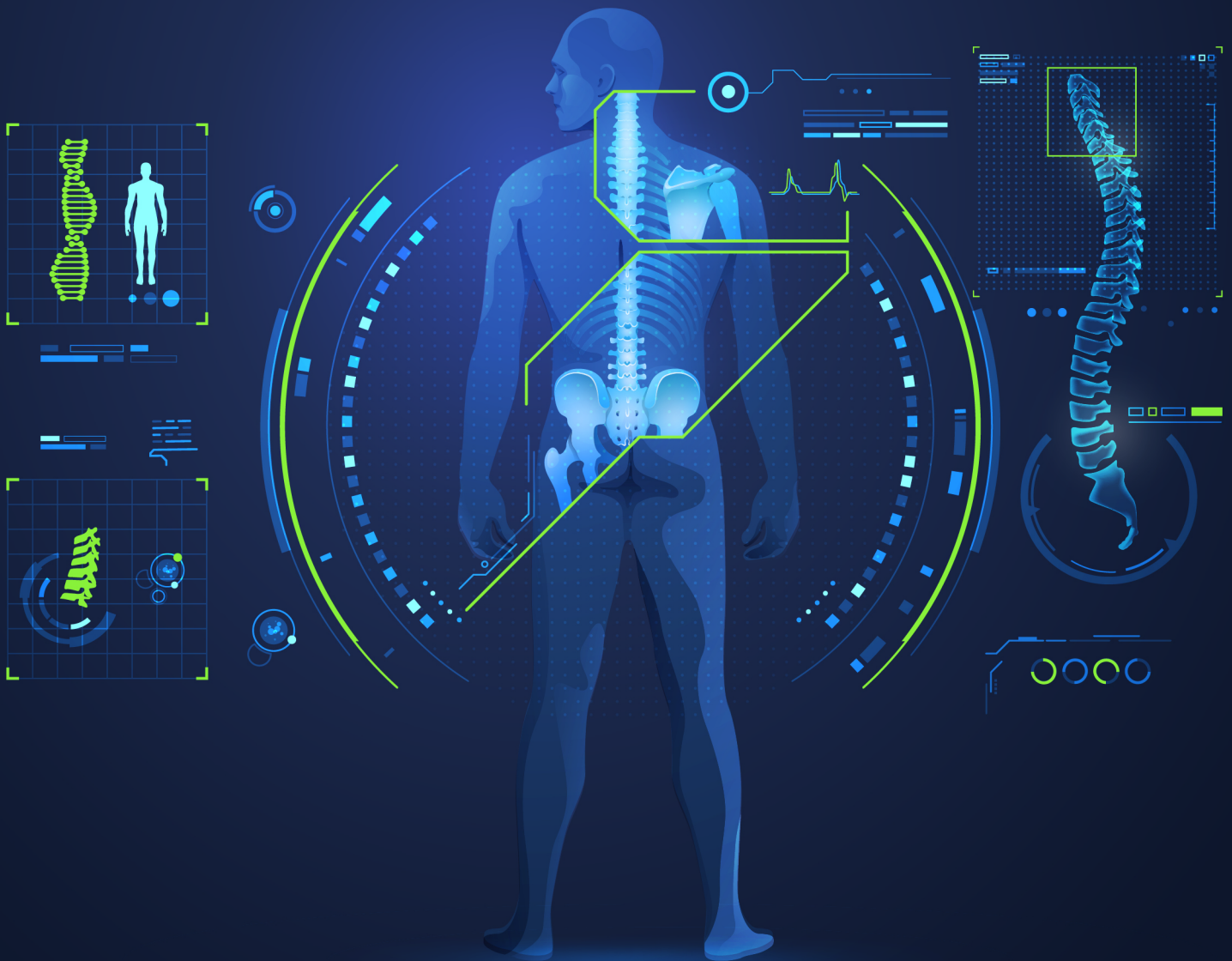
MLS Sport Research

ISSN: 2792-7156

<https://www.mlsjournals.com/Sport-Research>

Enero – Junio, 2022

VOL. 2 NUM. 1



EQUIPO EDITORIAL / EDITORIAL TEAM / EQUIPA EDITORIAL

Editor Jefe / Editor in chief / Editor Chefe

Álvaro Velarde Sotres. Universidad Europea del Atlántico, España

Felipe García Pinillos. Universidad de Granada, España

Secretaria / General Secretary / Secretário Geral

Beatriz Berríos Aguayo. Universidad de Jaén, España

Cristina Arazola Ruano. Universidad de Jaén, España

Sara Suarez Manzano. Universidad de Jaén, España

Editores Asociados / Associate Editors / Editores associados

Carlos Lago Fuentes. Universidad Europea del Atlántico, España

Diego Marqués Jiménez. Universitat Oberta de Catalunya, España

Iker Muñoz Pérez. Universidad Isabel I, España

Marcos Mecías Calvo. Universidad Europea del Atlántico, España

Consejo Científico Internacional / International Scientific Committee / Conselho Científico internacional

Alberto Ruiz Ariza. Universidad de Jaén, España

Alejandro Pérez Castilla. Universidad de Granada, España

Alexandra Pérez Ferreirós. Universidad Santiago de Compostela, España

Alexis Padrón Cabo. Universidad de Vigo, España

Amador García Ramos. Universidad de Granada, España

Anne Delextrat. Oxford Brookes University, Inglaterra

Antonio Jesús Bores Cerezal. Universidad Europea del Atlántico, España

Bruno Travassos. Universidad de Beira Interior, Portugal

Diego Jaén Carrillo. Universidad San Jorge, España

Ezequiel Rey Eiras. Universidade de Vigo, España

Francesco Cuzzolin. Universidad de Udine, Italia

Igor Jukic. University of Zagreb, Croacia

Joaquín Lago Ballesteros. Universidade de Santiago, España

José Palacios Aguilar. Universidade de A Coruña, España

Julio Calleja González. Universidad del País Vasco, España

Luis Enrique Roche Seruendo. Universidad San Jorge, España

Marcos Chena Sinovas. Universidad de Alcalá, España

Mireia Peláez Puente. Universidad Europea del Atlántico, España

Pedro E. Alcaraz. Universidad Católica de Murcia, España

Roberto Barcala Furelos. Universidade de Vigo, España

Rubén Navarro Patón. Universidade de Santiago de Compostela, España

Sergio López García. Universidad Pontificia de Salamanca, España

Tomás T. Freitas. Universidad Católica de Murcia, España

Victor Arufe Giráldez. Universidade de A Coruña, España

Patrocinadores:

Funiber - Fundación Universitaria Iberoamericana

Universidad internacional Iberoamericana. Campeche (México)

Universidad Europea del Atlántico. Santander (España)

Universidad Internacional Iberoamericana. Puerto Rico (EE. UU)

Universidade Internacional do Cuanza. Cuito (Angola)

Colaboran:

Centro de Investigación en Tecnología Industrial de Cantabria (CITICAN)

Grupo de Investigación IDEO (HUM 660) - Universidad de Jaén

Centro de Innovación y Transferencia Tecnológica de Campeche (CITTECAM) – México.

SUMARIO / SUMMARY / RESUMO

- Editorial 6

- Relación entre la disimetría de los miembros inferiores y el índice de asimetría en el pedaleo en ciclistas no profesionales 7
Relationship between dissymmetry in lower limbs and pedaling force distribution with no professional cyclists
Florent Osmani. Universidad Europea del Atlántico (Suiza)

- Efecto de la implementación de un programa de flexibilidad sobre los ROM articulares y la velocidad de los golpes rectos de puño en atletas de boxeo y muay thai 18
Effect of the implementation of a flexibility program on joint range of motion and the speed of straight fist blows in boxing and muay thai athletes
Gabriel Rezzonico. Círculo Internacional de Expertos en Deportes de Combate (Argentina)

- Salto con contramovimiento y test de agilidad T, ¿posibles indicadores de fatiga acumulada en baloncesto juvenil? 37
Countermovement jump and T-agility test, possible indicators of accumulated fatigue in youth basketball players?
Gabriel Maurente, Bernardo Chávez, Andrés Parodi. Universidad de la Empresa (Uruguay)

- Asociación entre resistencia cardiorrespiratoria y madurez intelectual en niños de escuela primaria: implicaciones educativas..... 58
Association between cardiorespiratory resistance and intellectual maturity in primary school children: educational implications
Juan Miguel Sánchez Boyano, Beatriz Berrios Aguayo. Colegio San Vicente de Paul (España) / Universidad de Jaén (España)

- Incidencia lesional en el fútbol..... 72
Injury incidence in soccer
Álvaro Gómez Cárdbaba, Alejandro Magni Cruz, Marcos Mecías Calvo. Universidad Europea del Atlántico (España)

Editorial

Los estudios publicados en este número atienden a diferentes ámbitos dentro de la actividad física y el deporte. MLS Sport Research tiene como objetivo publicar artículos originales de investigación y de revisión tanto en áreas básicas como aplicadas y metodológicas que supongan una contribución al progreso en el ámbito de las Ciencias de la Actividad Física y del Deporte.

Los estudios publicados deben cumplir con las diferentes fases de la investigación con rigor metodológico. MLS Sport Research atenderá a diferentes ámbitos dentro de la actividad física y el deporte: salud, educación física, prevención y readaptación de lesiones, socorrismo, nuevas tecnologías, fisiología, nutrición, psicología, dirección y gestión, entrenamiento y rendimiento deportivo.

En el primero de los artículos se aborda la “Relación entre la disimetría de los miembros inferiores y la distribución de fuerzas en el pedaleo en ciclistas no profesionales”. Este estudio tenía el objetivo de relacionar la disimetría de los miembros inferiores y el pedaleo. Participaron 23 sujetos no profesionales del ciclismo.

El segundo estudio se denomina “Efecto de la implementación de un programa de flexibilidad sobre los rangos de movilidad articular y la velocidad de los golpes rectos de puño en atletas de boxeo y Muay Thai”. El objetivo de esta investigación fue determinar los resultados de la implementación de un programa para el desarrollo de la Flexibilidad en atletas de Boxeo y Muay Thai, sobre la rangos de movilidad (ROM) articulares y la producción de velocidad de los golpes rectos de puño.

El siguiente de los estudios atiende a “Salto con contramovimiento y test de agilidad T, ¿posibles indicadores de fatiga acumulada en baloncesto juvenil?” En esta investigación se estudió el salto con contramovimiento (CMJ) y el Test de agilidad T (TaT), como posibles indicadores de fatiga acumulada en jugadores juveniles de baloncesto.

El cuarto estudio aborda la “Asociación entre resistencia cardiorrespiratoria y madurez intelectual en niños de escuela primaria: implicaciones educativas”. Este estudio analizó la relación entre la resistencia cardiorrespiratoria de estudiantes de 10 a 12 años y su madurez intelectual como indicador para mejorar el rendimiento académico. Los datos se recogieron de centros de Educación Primaria de España. Participaron un total de 150 niños de 5º y 6º grado.

Se completa el número de la revista con un artículo sobre la “Incidencia lesional en el fútbol”. El objetivo de este estudio fue conocer las lesiones producidas a lo largo de la temporada 2016/2017 de la primera y segunda división española en función del tipo de lesión, posición del jugador, minuto en que se produce la lesión y la edad del jugador.

Dr. Álvaro Velarde Sotres y Dr. Felipe García Pinillos
Editores Jefe / Editors in chief / Editores Chefe

Cómo citar este artículo:

Osmani, F. (2022). Relación entre la disimetría de los miembros inferiores y el índice de asimetría en el pedaleo en ciclistas no profesionales. *MLS Sport Research*, 2(1), 1-17. doi: 10.54716/mlssr.v2i1.921.

RELACIÓN ENTRE LA DISMETRÍA DE LOS MIEMBROS INFERIORES Y EL ÍNDICE DE ASIMETRÍA EN EL PEDALEO EN CICLISTAS NO PROFESIONALES

Florent Osmani

Universidad Europea del Atlántico (Suiza)

florent.osmani@alumnos.uneatlantico.es · <https://orcid.org/0000-0003-4822-0179>

Resumen. Este estudio tiene como objetivo relacionar la disimetría de los miembros inferiores y el índice de asimetría en el pedaleo. 23 sujetos no profesionales del ciclismo participaron en el estudio. Se realizó un test de disimetría mediante el método directo, que consiste en la medición desde la espina iliaca anterosuperior hasta el maléolo tibial y la comparación de los resultados con la otra pierna. Antes de realizar esta prueba se realizó la maniobra Weber Barstow, la cual consiste una extensión de cadera partiendo de decúbito supino en la camilla con las piernas en paralelo y flexionadas, para después volver a la posición inicial. Por último, se realizó un test de efectividad de pedaleo sobre la Wattbike de 10 minutos, a una intensidad de 5 sobre 10 del rango de esfuerzo percibido. Para conseguir una posición correcta de los participantes se usó un goniómetro para medir el ángulo de rodilla y se siguieron las pautas de protocolos preestablecidos. El análisis estadístico fue realizado con JASP. Se realizó un estudio descriptivo y posteriormente un test de correlación acorde a su normalidad. El índice de asimetría fue del 4,086 %, con una ligera mayor distribución de fuerza de la pierna derecha sobre la izquierda (50.56 % - 49.44 %). Se encontró una tendencia positiva en la relación entre mayor magnitud de disimetría y el índice de asimetría, pero sin significancia estadística.

Palabras clave: disimetría, ciclismo, miembros inferiores, pedaleo, pierna dominante

RELATIONSHIP BETWEEN DISSYMMETRY IN LOWER LIMBS AND PEDALING FORCE DISTRIBUTION WITH NO PROFESSIONAL CYCLISTS

Abstract. In this work we had the objective to relate the dissymmetry of the lower limbs with the asymmetry index. 23 no professional cycling subjects participated. It was done a dissymmetry test with the direct method, in which we measured from the anterior superior iliac spine to the tibial malleolus and we compared the results with the other leg, so before to do this test we proceed to the Weber-Barstow maneuver, which began in supine position on the litter with the legs in parallel and flexed, it was performed an hip extension, the subject returned to the initial position and the examiner stretched the legs, and for last a test of distribution of power was done on the Wattbike, with a duration of 10 minutes and an intensity of 5 over 10 in the range of perceived exertion. To reach a correct cycling position, we used a goniometer to measure the knee angle and then we continued with previous published guidelines. The statistical analysis

was done with JASP, in which we first performed a descriptive study and then a correlation test according to its normality. The asymmetry index was 4,086 %, with a slight bigger force distribution in favor of the right leg versus the left leg (50,56 % - 49,44 %). It had a slight positive tend in the relation of the dissymmetry and the power distribution in pedaling, but without significance data.

Keywords: dissymmetry, cycling, lower limbs, pedaling, dominant leg.

Introducción

La simetría bilateral en el ser humano es considerada una señal genética de salud (Fink et al., 2019) y está considerada como un requisito básico de movimiento eficiente (Kendall et al., 2005). Muchas partes del ser humano se desarrollan con simetría bilateral. Esto implica que las partes derecha e izquierda del ser humano pueden ser divididas en partes idénticas. Sin embargo, por factores biológicos relacionados al desarrollo humano o de factores ambientales y del entorno, la simetría bilateral se encuentra rara vez en el ser humano (Lindhauer, 1998). Esta simetría bilateral se ve afectada por factores externos como la gravedad y por factores internos como el sistema sensorial y el sistema musculoesquelético (Siegler et al., 2019). A su vez, la asimetría estructural y funcional pueden causar malas posturas y perjudicar al patrón motor (Picelli et al., 2016). En cambio, una mayor simetría bilateral de las rodillas en sujetos de 8 años de Jamaica muestra una mejor capacidad de realizar sprints tras 14 años en pruebas de 100 a 200 metros, mientras que la simetría de los tobillos también muestra un pequeño efecto positivo en esta capacidad (Trivers et al., 2013). Esto se debe a que la simetría es más eficiente en las carreras, por lo que se realiza un menor gasto energético (Trivers et al., 2014). Por lo tanto, la ciencia deportiva destaca la importancia de mantener un cuerpo simétrico para mejorar el rendimiento deportivo y para prevenir lesiones (Hinton et al., 2017). Mientras tanto, el ser humano tiene una preferencia lateral, también llamado dominancia o lateralidad, en el que al realizar cualquier acción motora voluntaria se elige siempre la lateralidad dominante (Carpes et al., 2010). Dado que en varios deportes hay acciones técnicas repetidas, se acaban produciendo asimetría, como en el fútbol con la pierna de lanzamiento y la pierna de estabilidad (DeLang et al., 2017).

En relación al ciclismo, deporte cíclico y aparentemente simétrico en el pedaleo, parece que la velocidad de pedaleo y la carga externa influyen en la asimetría del pedaleo bilateral, aunque hay una gran variabilidad en el índice de asimetría entre los sujetos participantes y entre los diferentes protocolos de evaluación de cada estudio (Carpes et al., 2010). Sobre esto, muchos estudios han examinado el pedaleo bilateral y demostraron un cierto grado de asimetría en diferentes variables como la fuerza, el momento de fuerza, la carga de trabajo y la potencia o intensidad generada durante el pedaleo (Carpes et al., 2010). Asimismo, el índice de asimetría en los diferentes estudios sobre el pedaleo asimétrico muestra valores muy variados. Se ha encontrado tanto un índice de asimetría muy alto como un índice muy bajo, como el caso de la relación entre la cadencia de pedaleo y el índice de asimetría, en el cual no se ha encontrado una evidencia firme de cómo es la influencia de la cadencia sobre el índice de asimetría (Carpes et al., 2010). En cambio, los sujetos más entrenados o experimentados en la disciplina presentan unas asimetrías más reducidas que aquellos sujetos que no están tan entrenados en la disciplina (Carpes et al., 2008). Hay que tener en cuenta que las relaciones entre la asimetría, el riesgo de lesión y el rendimiento son solo aspectos teóricos en el ciclismo, sin llegar a una respuesta clara de lo que ocurre realmente de forma práctica (Bini et al., 2017).

Por otro lado, hay una evidencia comprobada que las diferencias bilaterales de los miembros inferiores en relación a la potencia y la carga de trabajo generado en ciclistas no lesionados son del 5% al 20% (Carpes et al., 2007a), pero en ciclistas con una deficiencia o anterior lesión en el ligamento cruzado anterior puede crecer hasta un 400% (Hunt et al., 2003). A su vez, hay mucha controversia sobre la relación entre la asimetría y la intensidad del pedaleo. Por un lado, se ha demostrado que aumenta la asimetría si aumenta la intensidad de trabajo (Bini y Hume, 2014). Por otro lado, se ha indicado que se reduce la asimetría si se reduce la intensidad de trabajo (Carpes et al., 2007b). Otros estudios han señalado que no hay variación de la asimetría a diferentes intensidades de trabajos (Bini et al., 2007; Garcia Lopez et al., 2015). Con respecto al índice de asimetría en los momentos de fuerza pico en el pedaleo, fue encontrado en intensidades de trabajo de bajas a moderadas (Carpes et al., 2007b), mientras que en otras investigaciones fueron encontrado a altas intensidades (Trecroci et al., 2018), por lo que no se tiene una evidencia clara de cómo es la correlación de los momentos de fuerza pico en el pedaleo y las diferentes intensidades de pedaleo. Mientras tanto, la literatura científica está de acuerdo que el entrenamiento con feedback puede reducir la asimetría en el pedaleo (Bini et al., 2017). Además, una variación en la altura del sillín no tiene efectos sobre la asimetría del pedaleo en el momento de fuerza en las diferentes pruebas que se realizaron, los cuales fueron el Wingate test, un test incremental maximal y un test de carga constante (Diefenthaler et al., 2016). El reentrenamiento técnico en sujetos con asimetrías de más del 20% tiene un efecto positivo, por lo que reduce la asimetría en la fuerza del pedaleo y este puede llegar a un índice muy parecido a sujetos con un pedaleo muy simétrico, por lo que se puede matizar que es muy importante la retroalimentación para mejorar el índice de asimetría (Bini et al., 2017).

Sobre la cadencia del pedaleo y su relación con la asimetría no se tiene una conclusión clara, pero se mostró que aumentando la cadencia de 60 revoluciones por minuto (rpm) a 120 rpm, a la misma intensidad de trabajo, se reduce el índice de asimetría desde un 29% a un 10% (Smak et al., 1999). También se observó que aumentando el entrenamiento de la cadencia de pedaleo se presentaba una reducción de la asimetría (Maloney, 2019). En una evaluación sobre la asimetría del pedaleo en la cual se consideraba la fuerza producida durante la fase propulsiva y su relación con diferentes cadencias de pedaleo, que consistían de 60, 80 y 100 pedaladas por minuto y con dos diferentes niveles de intensidad, a 100 y a 235 vatios, no se encontró ninguna relación directa (Daly y Cavanagh, 1976).

Algunos de los estudios citados diferencian pierna dominante y la pierna no dominante. En consecuencia, un estudio sobre el grado de asimetría funcional de los miembros inferiores y la consecuencia en la efectividad del pedaleo tiene vierto interés práctico. Esto se debe a que un 70% de la población mundial sufre disimetría en el miembro inferior (Valverde Tarazona et al., 2017), la cual se desconoce cómo afecta al pedaleo. Por tanto, el objetivo general del estudio fue analizar si hay alguna correlación entre la disimetría del miembro inferior y el índice de asimetría en el pedaleo. La hipótesis propuesta es que la disimetría funcional no tiene correlación con la efectividad de pedaleo.

Método

Participantes

Un total de 23 sujetos no profesionales en el ciclismo fueron seleccionados como muestra para el estudio, de los que 5 fueron descartados por no tener una disimetría de más de 0,5cm. Finalmente que participaron 18 sujetos, de los cuales 15 son hombres y 3

son mujeres: (μ edad $23,09 \pm 6.3$ años), (μ peso $69,87 \pm 7.5$ kgs) y (μ altura $176,87 \pm 9.3$ cms). Todos los participantes dieron su consentimiento para participar en el estudio, el cual fue aprobado previamente por el comité ético.

La muestra fue escogida por conveniencia y un muestreo no probabilístico, con el planteamiento que esta muestra elegida fuese mayor a 20 sujetos. El reclutamiento de los participantes voluntarios se realizó por redes sociales y en diferentes clases de una Universidad, comentando los detalles de los criterios de inclusión y exclusión y ciertos detalles de la prueba a realizar. El criterio de inclusión fue realizar ejercicio físico mínimo 30 minutos a la semana y una frecuencia de 3 días a la semana. El criterio de exclusión fue tener alguna lesión, haber sufrido una operación que pudiese interferir en la prueba o en sus mediciones de disimetría o tener licencia de ciclista profesional o semiprofesional. Se tuvo en cuenta que, de los sujetos, varios de ellos podrían no tener disimetría, por lo que estos fueron descartados para el estudio experimental, debido a que no cumplían con los requisitos del estudio.

Material

Los instrumentos utilizados fueron la Wattbike para realizar el test de asimetría, la Wattbike es una bicicleta estática con software incluido de potencia generada por el ciclista y la distribución de fuerzas de cada pierna para poder medir la asimetría, la Wattbike fue escogida porque es una herramienta validada y fiable para medir la variable de la distribución de fuerzas en el pedaleo (Hopker et al., 2010), para el test de pedaleo se introdujeron los datos de peso y se dejó al sujeto pedaleo 5 minutos a la intensidad estandarizada. Tras ello se creó un test en la Wattbike de 10 minutos de duración, siguiendo con las indicaciones mencionadas en el procedimiento del estudio. Otro instrumento utilizado fue el goniómetro para medir los ángulos correctos biomecánicamente de los participantes. El goniómetro fue escogido por ser un instrumento fiable para la medición de la movilidad articular de la rodilla y el tobillo (Gil Fernández y Zuli Escobar, 2011). Se utilizó, en la máxima extensión del pedaleo para ambas piernas, para medir que los sujetos estuvieran en los rangos de ángulos correctos para realizar la prueba. El rango de esfuerzo percibido (RPE) fue utilizado para calcular la intensidad del ejercicio de los participantes. La escala utilizada fue la de cero a diez (1 es el valor bajo y un ejercicio de forma muy leve, mientras que el 10 es un esfuerzo máximo como un sprint). Esta herramienta está validada para calcular la intensidad del ejercicio en el ciclismo y con alta correlación con el lactato y la frecuencia cardiaca (Zinoubi et al., 2018). Como última herramienta, se utilizó el Excel como base de datos para realizar el posterior análisis estadístico. En la base de datos de Excel, se introdujeron las diferentes variables a analizar.

Variables

Las variables analizadas en el estudio fueron los datos característicos de los sujetos como edad en años, altura en centímetros, peso en kilogramos, experiencia en ciclismo estipulado en años de práctica, longitud de pierna derecha y pierna izquierda en centímetros. Con estas últimas mediciones, se calculó la disimetría en centímetros, que es una variable principal de esta investigación, la cual resultaba de: pierna de mayor longitud – pierna de menor longitud. Si el resultado mostraba 0,5 cm o más, y de acuerdo a los criterios de inclusión, el sujeto se incluyó como participante en el estudio. Con estas variables se realizaron posteriormente un estudio descriptivo. Por otra parte, se calculó el ángulo de rodilla en la máxima extensión del ciclo de pedaleo, el cual se estipuló en unos 145° , y los vatios medios de la prueba realizada que se recogían al final de la prueba desde la wattbike. Por último, se obtuvo la distribución de fuerzas en porcentaje de la pierna

izquierda y pierna derecha, con la cual se podía realizar la fórmula del índice de asimetría correspondiente $((\text{Pierna dominante} - \text{Pierna no dominante}) / (\text{Pierna dominante} + \text{Pierna no dominante} / 2) \times 100)$ (Bini y Hume, 2014).

Procedimiento

Los participantes fueron citados en el laboratorio de biomecánica de la Universidad Europea del Atlántico para ejecutar las diferentes pruebas para la recolección de datos.

La primera prueba realizada fue un test para comprobar la disimetría, en el que los sujetos tenían que pasar una disimetría de 0,5 mm (Valverde Tarazona et al., 2017), esta prueba fue el método directo que se ha propuesto como protocolo de valoración de las diferencias de longitud de los miembros inferiores (Jamaluddin et al., 2011). El método directo consistía en medir con una cinta métrica el miembro inferior desde la espina ilíaca anterosuperior hasta el maléolo tibial y se comparaba los resultados con la otra pierna. Antes de realizar esta prueba se procedía a la maniobra Weber Barstow. Se comienza en posición decúbito supino en la camilla con las piernas en paralelo y flexionadas, y se realiza una extensión de cadera. Tras ello, el sujeto vuelve a la posición inicial y el examinador le estira las piernas. En el caso que la prueba fuera positiva (+ 0.5 mm de disimetría), se realizó la siguiente prueba.

La segunda prueba consistió en ajustar al ciclista de manera adecuada en la Wattbike con los ángulos correctos de rodilla y tobillo en el ciclo de la pedalada con la máxima extensión de rodilla. Se siguieron los ángulos recomendados y comprobados biomecánicamente (García López et al., 2009). Estos ángulos se comprobaron mediante el uso del goniómetro. Los participantes debían de pedalear con calzado normal o botas con pedales automáticos de bici de montaña, con el requisito de no poder llevar alzas ni cuñas en las botas o calas. Tras haber realizado el ajuste correcto, realizaron un calentamiento de 5 minutos en la Wattbike a un rango de esfuerzo percibido (RPE) de tres sobre diez. Una vez completado el calentamiento se comenzaba con la prueba de efectividad de pedaleo a una intensidad media, una cadencia superior a ochenta pedaladas por minuto y de diez minutos de duración, siguiendo un protocolo previamente descrito (Kell y Greer, 2017). La intensidad escogida fue de un cinco sobre diez del RPE, la intensidad subjetiva fue previamente explicada al sujeto. Durante la prueba de distribución de fuerzas, se evitaba tener una conversación con el sujeto para que tuviese su concentración en la prueba. También se colocaba delante del sujeto para que este no desviase su atención hacia un lado y esto permitiese una asimetría por modificar la postura del participante. Debido a que el monitor de la Wattbike muestra diferentes valores sobre el porcentaje de fuerza en el pedaleo, se inclinaba hasta que el sujeto no pudiese ver el monitor y así no obtener feedback a través de ello. Por último, se animaba al sujeto a pedalear sentado los diez minutos de la prueba. Una vez acabado el test de distribución de fuerzas en el pedaleo, se apuntaban los datos en la base de datos creada en Excel, en la que se recogían los vatios medios de la prueba y la distribución de fuerzas de cada pierna en forma de porcentaje.

Análisis estadístico

El análisis estadístico se realizó con el software JASP. Las pruebas estadísticas realizadas fueron primero un estudio descriptivo, en la que se midió la media, mínimo, máximo y desviación típica. Tras ello se realizó el test de Shapiro-Wilks para comprobar la normalidad, que fue escogido debido a que es el test que se debe utilizar si la muestra es menor de 50 sujetos. El resultado, con un nivel de significancia escogido de $p < 0,05$, determino que era necesaria la prueba de correlación de Spearman.

Resultados

Los datos descriptivos recogidos sobre las características de los sujetos muestran que los participantes tenían casi 25 años, una altura de 1,76 m, 71,2 kg de peso y una longitud en cm de la pierna derecha de 91,74 cm y de 91,8 cm en la izquierda.

Tabla 1
Datos descriptivos de los sujetos participantes

	Edad	Altura	Peso	Pierna derecha	Pierna izquierda
Media	24.8	176.667	71.222	91.744	91.8
Desviación típica	6.902	8.423	10.435	5.462	5.208

Respecto al test de disimetría realizado, se encontró primero una disimetría de 0,87 cm de media en los sujetos, suponiendo esto posteriormente en un índice de asimetría de 4,086 en el test de distribución de fuerzas en el pedaleo realizado. También se observó más de fuerza aplicada con la pierna derecha. Se recogió una media de 139,722 W y una ligera superioridad de la potencia de la pierna derecha 70,762 W frente a los 68,961 W de la pierna izquierda.

Tabla 2
Datos descriptivos de las variables del estudio

	% Índice Asimetría	Disimetría en cm	% P.Derecha	% P.Izquierda
Media	4.086	0.872	50.556	49.444
Desviación típica	2.851	0.455	1.854	1.854
Mínimo	0.000	0.500	48.000	46.000
Máximo	10.390	2.000	54.000	52.000

Nota: Esta tabla muestra el índice de asimetría obtenida en la prueba, la disimetría en centímetros de los sujetos participantes y el porcentaje de fuerzas total de cada extremidad inferior, siendo p.derecha = pierna derecha y p.izquierda = pierna izquierda

Tabla 3
Resultados recolectados de fuerza durante la prueba en Wattbike

	Vatios med	Vatios P.I	Vatios P.D
Media	139.722	68.961	70.762
Desviación típica	47.524	23.105	24.754
Mínimo	65.000	30.550	34.300

Tabla 3
Resultados recolectados de fuerza durante la prueba en Wattbike

	Vatios med	Vatios P.I	Vatios P.D
Máximo	209.000	100.000	112.860

Nota: Esta tabla muestra los datos de potencia recogidos durante la prueba, tanto del total medio como unilateralmente según la distribución de fuerzas de cada pierna mencionado en la tabla anterior. Vatios med = vatios medios, vatios P.I = vatios pierna izquierda y vatios P.D = vatios pierna derecha.

En la correlación de Spearman que se ha realizado entre las variables de disimetría y el índice de asimetría. Se observó que no hay correlación entre ambas variables, con un resultado de $p = 0,182$.

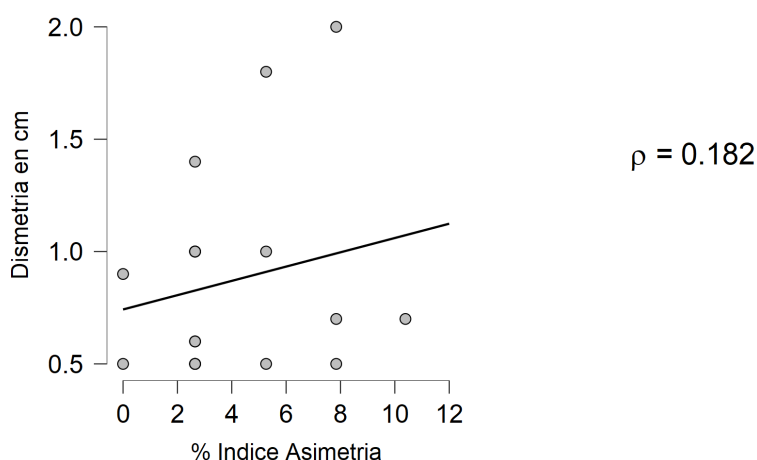


Figura 1. La relación entre la disimetría y el índice de asimetría.

Discusión y conclusiones

Se observa que el índice de asimetría obtenido en la prueba de distribución de fuerzas en el pedaleo fue del 4,086 %. Esta diferencia es mayor que la del 2 % de disimetría en la fuerza del pedaleo que se encontró en el estudio llevado a cabo con ciclistas experimentados, con un protocolo de 3 series de 5 minutos a diferentes intensidades de pedaleo (García López et al., 2015). No obstante, está más cerca del índice de asimetría entre el 3 y el 5 % que se muestra en el estudio realizado con ciclistas entrenados sobre la wattbike (Kell y Greer, 2017), aunque haya ciertas diferencias en estos índices de asimetría. También coincide, en parte, con el estudio que se realizó con una muestra de 10 ciclistas y/o triatletas con experiencia competitiva, en el que se observó que hay de un 5 hasta un 11 % de asimetría en el pedaleo (Bini, y Hume. 2014). En otro estudio con otros 10 ciclistas y triatletas con experiencia competitiva se encontró también un índice de asimetría parecido, que consta de un 3 a un 10 % en una contrarreloj de 4 km (Bini y Carpes, 2013). Por otro lado, en otra prueba de 4 km de contrarreloj con 10 ciclistas y triatletas experimentados, se obtuvieron resultados de asimetría de un 8 a un 22 % en la fuerza efectiva, un 5 a un 10 % en la fuerza resultante y de un 1 a un 3 % en la eficacia de pedaleo (Bini y Hume, 2015). En todos estos estudios se muestra que el índice de asimetría oscila del 2 % hasta el 11 %. Hay que tener en cuenta que es un rango amplio,

pero si el índice de asimetría es menor del 10 %, este es óptimo, mientras si es mayor, suele ser un factor de riesgo lesional y procede a un menor rendimiento deportivo debido a una menor eficiencia. En el estudio que tuvieron de objetivo el efecto de la cadencia sobre la asimetría manteniendo la misma intensidad, se encontraron rangos de índice de asimetría que van del 10 al 29 % (Smak et al., 1999), por lo que en este caso supera ampliamente el índice de asimetría que obtuvimos en el estudio.

Hay que tener en cuenta que, al estudiar la magnitud de la disimetría y su relación con la efectividad de pedaleo, se obtuvo una ligera tendencia positiva, pero no se puede comparar con otros estudios ya que en la literatura científica no se ha tenido en cuenta la disimetría de los participantes, sino la predominancia de la lateralidad. Esta pequeña tendencia al crecimiento del índice de asimetría conforme aumenta la disimetría no se puede responder con los resultados de este estudio.

La intensidad de la prueba es otro factor a tener en cuenta a la hora de interpretar los resultados de estudios previos en relación a los obtenidos en este. Esta puede provocar incrementos del índice de asimetría (Bini y Carpes, 2013), los cuales pueden ser del 4 % al 11 % (Bini y Hume, 2014). Sin embargo, en otro estudio no se encontraron diferencias a diferentes intensidades, que fueron de 200, 250 y 300 vatios (García Lopez et al., 2015), en otro estudio se observó que la asimetría se reduce con menor intensidad (Carpes et al., 2007b) y también se observó que a la menor intensidad y a la mayor cadencia hay el mayor índice de asimetría (Sanderson et al., 1991). En este estudio, se solicitó a los participantes que pedalearan a una intensidad media de 5 sobre 10 del RPE. Por ello, la prueba se ejecutó a una misma intensidad para todos los sujetos, haciendo imposible la comparación con estudios previos. En cualquier caso, este hecho, en términos de potencia generada, puede por el diferente nivel de los sujetos participantes y por la variabilidad de la intensidad subjetiva del RPE.

Conclusión

Los resultados de este estudio indican que el índice de asimetría es un 4,086 % en la distribución de fuerzas en el pedaleo o efectividad de pedaleo, siendo la correlación de este índice de asimetría y las magnitudes de disimetría de $p = 0,182$. Es decir, no hay significancia ni correlación entre estas variables, aunque si hay una pequeña ligera tendencia positiva entre el índice de asimetría en el pedaleo y la mayor magnitud de disimetría de los miembros inferiores. Esto responde positivamente a la hipótesis inicial de que no había correlación entre la disimetría funcional de los sujetos y el índice de asimetría en la distribución de fuerzas en el pedaleo.

Se recomienda futuros estudios para identificar si, a partir de más de 1 cm de disimetría, hay más asimetría en el pedaleo, pues no hubo demasiados participantes que tenían esa magnitud de disimetría. Otra recomendación es replicar el estudio con ciclistas con su propio ajuste de bicicleta y entrenados con esta postura, para poder simplemente ajustar la Wattbike, o en su defecto subir la bicicleta a un rodillo, para ejecutar un test de efectividad de pedaleo, teniendo en cuenta solo la disimetría funcional en sujetos entrenados y una postura correcta y entrenada.

A pesar de los hallazgos obtenidos, es necesario señalar algunas limitaciones. Había sujetos inexpertos que no tenían bagaje empleando la escala subjetiva de RPE, por lo que la percepción de esfuerzo de 5 sobre 10 pudo ser diferente. Además, el ajuste biomecánico en la bicicleta se realizó simplemente con la máxima extensión de rodilla en el ciclo de pedaleo, midiendo el tobillo y la rodilla. Es una forma básica de ajustar a los sujetos más inexpertos para que estén dentro de un rango óptimo, pero no el más correcto según las características de cada sujeto.

Referencias

- Bini, R. y Carpes, F. (2013). Pedaling force asymmetry during 4km cycling time trial. In *XV Brazilian Congress of Biomechanics*. <https://isbweb.org/images/conferences/isb-congresses/2013/oral/sb-cycling.07.pdf>
- Bini, R., Diefenthaler, F., Carpes, F. y Mota, C. B. (2007). External work bilateral symmetry during incremental cycling exercise. In *XXV ISBS Symposium*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.4938.5846>
- Bini, R. R. y Hume, P. A. (2014). Assessment of bilateral asymmetry in cycling using a commercial instrumented crank system and instrumented pedals. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 9(5), 876-81. <https://doi.org/10.1123/ijspp.2013-0494>
- Bini, R. y Hume, P. A. (2015). Relationship between pedal force asymmetry and performance in cycling time trial. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 55(9), 892-8. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26470634/>
- Bini, R. R., Jacques, T. C., Carpes, F. P. y Vaz, M. A. (2017). Effectiveness of pedalling retraining in reducing bilateral pedal force asymmetries. *Journal of Sports Sciences*, 35(14), 1336-1341. <https://doi.org/10.1080/02640414.2016.1215505>
- Carpes, F. P., Bini, R. R. y Mota, C. B. (2008). Training level, perception and bilateral asymmetry during multi-joint leg-press exercise. *Brazilian Journal of Biomechanics*, 2, 51-62. https://www.researchgate.net/publication/237042415_Training_level_perception_and_bilateral_asymmetry_during_multijoint_leg-press_exercise
- Carpes, F. P., Mota, C. B. y Faria, I. E. (2010). On the bilateral asymmetry during running and cycling - A review considering leg preference. *Physical Therapy in Sport*, 11(4), 136-142. <https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2010.06.005>
- Carpes, F. P., Rossato, M., Faria, I. E. y Mota, C. B. (2007a). Bilateral pedaling asymmetry during a simulated 40-km cycling time-trial. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 47(1), 51-7. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17369798/>
- Carpes, F., Rossato, M., Faria, I. E. y Mota, C. B. (2007b). Influence of exercise intensity on bilateral pedaling symmetry. *Progress in Motor Control IV*. <https://www.semanticscholar.org/paper/Influence-of-exercise-intensity-on-bilateral-Carpes-Rossato/8730adee662e0b307dc1cc36d471c3317b422d5b>
- Daly, D. J. y Cavanagh, P. R. (1976). Asymmetry in bicycle ergometer pedaling. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 8(3), 204-208. <https://doi.org/10.1249/00005768-197600830-00013>
- DeLang, M. D., Kondratek, M., DiPace, L. J. y Hew-Butler, T. (2017). Collegiate male soccer playersexhibit between-limb symmetry in body composition, muscle strength, and range of motion. *International journal of sports physical therapy*, 12(7), 1087-1094. <https://doi.org/10.26603/ijspt20171087>
- Diefenthaler, F., Berneira, J. O., Moro, V. L. y Carpes, F. P. (2016). Influence of saddle height and exercise intensity on pedalling asymmetries in cyclists. *Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano*, 18(4). <https://doi.org/10.1590/1980-0037.2016v18n4p411>

- Fink, B., Weege, B., Manning, J. T. y Trivers, R. (2014). Body symmetry and physical strength in human males. *American Journal of Human Biology*, 26(5), 697-700. <https://doi.org/10.1002/ajhb.22584>
- García Lopez, J., Díez Leal, S., Larrazabal, J. y Ogueta Alday, A. (2015). No bilateral asymmetry during pedalling in healthy cyclists of different performance levels. *Conference: 33th International Conference on Biomechanics in Sports*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.4289.5441>
- García López, J., Díez Leal, S., Rodríguez, J.A., Larrazabal, J., De Galceano, I.G. y Villa, J.G. (2009). Eficiencia mecánica de pedaleo en ciclistas de diferente nivel competitivo. *Biomecánica*, 17(2), 9-20. <https://doi.org/10.5821/sibb.v17i2.1792>
- Gil Fernández, M. y Zuli Escobar, J. (2011). Fiabilidad y correlación en la evaluación de la movilidad de rodilla mediante goniómetro e inclinómetro. *Elsevier España*, 34(2), 73-78. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3854577>
- Hinton, B. J., Fan, B., Ng, B. K. y Shepherd, J. A. (2017). Dual energy X-ray absorptiometry body composition reference values of limbs and trunk from NHANES 1999–2004 with additional visualization methods. *PLoS ONE*, 12(3). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0174180>
- Hopker, J., Myers, S., Jobson, S. A., Bruce, W. y Passfield, L. (2010). Validity and reliability of the Wattbike cycle ergometer. *International journal of sports medicine*, 31(10), 731–736. <https://doi.org/10.1055/s-0030-1261968>
- Hunt, M. A., Sanderson, D. J., Moffet, H. e Inglis, J. T. (2003). Biomechanical changes elicited by an anterior cruciate ligament deficiency during steady rate cycling. *Clinical Biomechanics*, 18(5), 393-400. [https://doi.org/10.1016/s0268-0033\(03\)00046-9](https://doi.org/10.1016/s0268-0033(03)00046-9)
- Jamaluddin, S., Sulaiman, A., Imran, M. y Juhara, H. (2011). Reliability and accuracy of the tape measurement method with a nearest reading of 5 mm in the assessment of leg length discrepancy. *Singapore Medical Journal*, 52(9), 681-4. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21947147/>
- Kell, D. T. y Greer, B. K. (2017). Use of the wattbike cycle ergometer for attenuation of bilateral pedaling asymmetry in trained cyclists. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 31(2), 468-473. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001495>
- Kendall, F. P., McCreary, E. K., Provance, P. G., Rodgers, M. M. y Romani, W. A. (2010). *Muscles: Testing and Function with Posture and Pain* (5ª ed.). Lippincott Williams and Wilkins. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1858872/>
- Lindhauer, S. (1998). Assymetries: diagnosis and treatment. *Semin Orthod*, 4(3). 133. [https://doi.org/10.1016/s1073-8746\(98\)80013-3](https://doi.org/10.1016/s1073-8746(98)80013-3)
- Maloney S. J. (2019). The Relationship Between Asymmetry and Athletic Performance: A Critical Review. *Journal of strength and conditioning research*, 33(9), 2579–2593. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002608>
- Picelli, A., Negrini, S., Zenorini, A., Iosa, M., Paolucci, S. y Smania, N. (2016). Do adolescents with idiopathic scoliosis have body schema disorders? A cross-sectional study. *Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation*, 29(1), 89-96. <https://doi.org/10.3233/BMR-150602>
- Sanderson, D. J., Hennig, E. M. y Black, A. H. (1991). The influence of cadence and power output on the biomechanics of force application during steady-rate cycling in competitive and recreational cyclists. *Journal of Sports Sciences*, 18(3), 173-81. <https://doi.org/10.1080/026404100365072>
- Siegler, A., Pick, C. G. y Been, E. (2019). Differences in body positional bilateral symmetry between stance and supine positions, and the impact of attention and

- awareness on postural symmetry. *Gait and posture*, 68, 476–482. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2018.12.042>
- Smak, W., Neptune, R. R. y Hull, M. L. (1999). The influence of pedaling rate on bilateral asymmetry in cycling. *Journal of Biomechanics*, 32(9), 899-906. [https://doi.org/10.1016/s0021-9290\(99\)00090-1](https://doi.org/10.1016/s0021-9290(99)00090-1)
- Trecroci, A., Formenti, D., Ludwig, N., Gargano, M., Bosio, A., Rampinini, E. y Alberti, G. (2018). Bilateral asymmetry of skin temperature is not related to bilateral asymmetry of crank torque during an incremental cycling exercise to exhaustion. *PeerJ*, 6. <https://doi.org/10.7717/peerj.4438>
- Trivers, R., Fink, B., Russell, M., McCarty, K., James, B. y Palestis, B. G. (2014). Lower body symmetry and running performance in elite Jamaican track and field athletes. *PLoS one*, 9(11). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0113106>
- Trivers, R., Palestis, B. G. y Manning J. T. (2013). The symmetry of children's knees is linked to their adult sprinting speed and their willingness to sprint in a long-term Jamaican study. *PLoS ONE*, 8(8). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0072244>
- Valverde Tarazona, C., Farro Uceda, L., Tapia Egoavil, R., Bautista Chirinos, L. y Amaya Solis, K. (2017). Relación entre hiperlaxitud articular, disimetría de miembros inferiores y control postural con los trastornos posturales. *Revista Medica Herediana*, 27(4), 216. <https://doi.org/10.20453/rmh.v27i4.2990>
- Zinoubi, B., Zbidi, S., Driss, T., Chamari, K. y Vandewalle, H. (2018). Relationships between rating of perceived exertion, heart rate and blood lactate during continuous and alternated-intensity cycling exercises. *Biology of Sport*, 35(1), 29-37. <https://doi.org/10.5114/biolSport.2018.70749>

Fecha de recepción: 05/11/2021

Fecha de revisión: 03/03/2022

Fecha de aceptación: 05/05/2022

Cómo citar este artículo:

Rezzonico, G. (2022). Efecto de la implementación de un programa de flexibilidad sobre los ROM articulares y la velocidad de los golpes rectos de puño en atletas de boxeo y muay thai. *MLS Sport Research*, 2(1), 18-36. doi: 10.54716/mlssr.v2i1.1065.

EFECTO DE LA IMPLEMENTACIÓN DE UN PROGRAMA DE FLEXIBILIDAD SOBRE LOS RANGOS DE MOVILIDAD ARTICULAR Y LA VELOCIDAD DE LOS GOLPES RECTOS DE PUÑO EN ATLETAS DE BOXEO Y MUAY THAI

Gabriel Rezzonico

Círculo Internacional de Expertos en Deportes de Combate (Argentina)
gabriel_rezzonico@yahoo.com.ar · <https://orcid.org/0000-0002-8074-2711>

Resumen. El objetivo de esta investigación fue determinar los resultados de la implementación de un programa para el desarrollo de la Flexibilidad en atletas de Boxeo y Muay Thai, sobre la rangos de movilidad (ROM) articulares y la producción de Velocidad de los golpes rectos de puño. Se utilizó una metodología cuantitativa con un diseño de investigación preexperimental. A partir de la evaluación de la Flexibilidad en 10 atletas de Boxeo y Muay Thai utilizando el método Flexitest, y tras evidenciar los niveles más bajos de esta capacidad en las zonas de tobillo, hombro y muñeca, se desarrolló un programa de entrenamiento de 6 semanas de duración utilizando los métodos dinámico, estático y FNP para el entrenamiento de estas zonas. También se evaluaron las Velocidades pico alcanzadas por los participantes en golpes de puño rectos lanzados al aire. Se observaron diferencias estadísticamente significativas al comparar los rangos articulares pre y post programa de entrenamiento de la Flexibilidad en las articulaciones de tobillo y hombro. Con respecto a la Velocidad no se observaron diferencias estadísticamente significativas en ninguno de los gestos evaluados. La fuerza de asociación resultó de baja a nula al correlacionar la Flexibilidad y producción de Velocidad de los gestos. Si bien se mejoró la Flexibilidad de hombros y tobillos, la Velocidad de los gestos de golpeo no se vio modificada y no se pudo considerar una asociación entre ambas variables.

Palabras clave: flexibilidad, rango de movimiento, boxeo, muay thai, golpe de puño.

EFFECT OF THE IMPLEMENTATION OF A FLEXIBILITY PROGRAM ON JOINT RANGE OF MOTION AND THE SPEED OF STRAIGHT FIST BLOWS IN BOXING AND MUAY THAI ATHLETES

Abstract. The objective of this research was to determine the results of the implementation of a program for the development of Flexibility in Boxing and Muay Thai athletes, on the joint range of motion (ROM) and the production of Speed of straight fist blows. A quantitative methodology was used with a pre-experimental research design. From the evaluation of Flexibility in 10 Boxing and Muay Thai athletes using the Flexitest method, and after evidencing the lowest levels of this capacity in the ankle, shoulder and wrist

areas, a 6-week training program was developed using the dynamic, static and FNP methods for the training of these areas. Peak speeds achieved by participants in straight fist blows thrown into the air were also assessed. Statistically significant differences were observed when comparing the joint ranges pre and post program training of Flexibility in the ankle and shoulder joints. With respect to Speed, no statistically significant differences were observed in any of the gestures evaluated. The strength of association was low to zero when correlating the Flexibility and Speed production of the gestures. Although the flexibility of shoulders and ankles was improved, the speed of the striking gestures was not modified and could not be considered an association between both variables.

Keywords: flexibility, range of motion, boxing, muay thai, fist blow.

Introducción

La Flexibilidad, junto con la Fuerza, Resistencia y Velocidad, es una de las capacidades biomotoras que condiciona el rendimiento deportivo (Hohmann et al., 2005). Sin embargo, a lo largo de la historia se ha visto desfavorecido su desarrollo, a causa de estudios que generaron una mala percepción sobre los efectos de su implementación (Chaabene et al., 2019). En este contexto se vuelve importante reconsiderar los beneficios de la utilización de los trabajos de estiramiento en la preparación de los atletas.

En Deportes de Combate el desarrollo de ejercicios de Flexibilidad, además de proponerse debido a una costumbre de índole histórica (Chaabene et al., 2019), estaría considerado como un condicionante del rendimiento en la mayoría de sus modalidades (Basar et al., 2014; El-Ashker, 2018; Franchini & Herrera-Valenzuela, 2021; Lima, 2017; Lenka & Shah, 2019; Sánchez-Sánchez et al., 2014; Saraiva et al., 2014; Schwartz et al., 2015; Slimani et al., 2016; Wongputthichai & Ketchaturat, 2017).

Diversos autores han postulado sobre los beneficios de poseer adecuados niveles de esta capacidad, a partir de su impacto positivo sobre las producciones de fuerza-velocidad durante las contracciones musculares (Del Rio Valdivia et al., 2015; Hunter & Marshall, 2001; Kokkonen et al., 2007 y 2010), motivo por el cual se determinó conocer los niveles de esta capacidad en un grupo de atletas de Boxeo y Muay Thai.

Luego de evaluar la Flexibilidad a partir del método Flexitest (Araujo, 2005 y 2008) en una muestra compuesta por 10 competidores de estas disciplinas, y tras el análisis de los resultados, se evidenciaron los niveles más bajos de rangos de movimiento (ROM) en las zonas de tobillo, muñeca y hombro.

De acuerdo con la problemática encontrada, se determinó la implementación de un programa para el desarrollo de la Flexibilidad con la muestra de atletas mencionada y se analizaron los resultados obtenidos, con el fin de evaluar su efecto sobre los ROM y la Velocidad de ejecución de los golpes rectos de puño.

Flexibilidad y rendimiento deportivo

En el ámbito del deporte, mejoras en la Flexibilidad podrían relacionarse con aumentos en la capacidad para aplicar fuerza muscular y lograr acciones más potentes (Kokkonen et al., 2007 y 2010; Shrier, 2004).

Los gestos deportivos, y particularmente los de carácter balístico, involucran acciones de encadenamientos musculares en los que se combinan una serie de reacciones de acortamiento y alargamiento de varios músculos en distintos grados, los cuales ocurren en distintos planos de movimiento a la vez siguiendo un patrón de activación espiralado-diagonal (McAtee & Charland, 2010). De este modo, cuando el deportista se mueve

activando su musculatura antagonista para acumular energía a utilizar luego en la acción agonista, puede llegar a alcanzar con ello un mayor ROM y recorrido para su aceleración, lo que puede permitirle aplicar una mayor cantidad de Fuerza (Weineck, 2005).

Tomando lo antedicho en consideración, mejoras en la Flexibilidad de los deportistas podrían ofrecer beneficios sobre la producción de Fuerza-Velocidad, a partir de su incidencia sobre el ciclo estiramiento-acortamiento (CEA).

El CEA, presente en la mayoría de las acciones deportivas, permite enlazar una acción de estiramiento muscular excéntrica con otra de acortamiento muscular concéntrica realizada a alta intensidad, para así desarrollar una gran cantidad de fuerza en un período de tiempo muy breve a partir de la utilización de la energía potencial almacenada en los componentes elásticos (Copoví Lanusse, 2015).

La mejora de la Flexibilidad podría tener un impacto positivo sobre el CEA debido a una reducción en el *stiffness* pasivo o resistencia de las estructuras a la deformación, permitiendo un óptimo estiramiento con una mayor reserva de energía cinética potencial por una acumulación refleja de un mayor número de fibras musculares en la secuencia motora (Gleim & McHugh, 1997; Kim, 2006; Medeiros & Lima, 2017; Rodríguez Casallas & Gracia Díaz, 2015; Weineck, 2005).

Los beneficios con mejoras de la Flexibilidad sobre la performance del CEA se encontrarían en contraste con respecto al rol del *stiffness* muscular activo en acciones isométricas o concéntricas aisladas. Esto es así, ya que en estos casos un mayor *stiffness* habría demostrado estar positivamente relacionado con la producción de fuerza isométrica, tasa de desarrollo de la fuerza isométrica y concéntrica (Ver Figura 1), lo que se explicaría por una transmisión de fuerza contráctil más eficiente en las unidades músculo tendinosas.

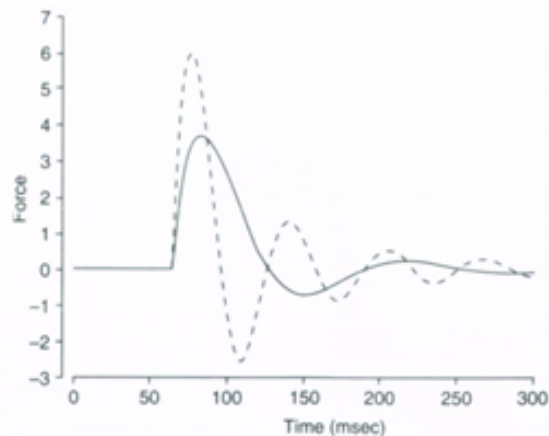


Figura 1. Curva fuerza-tiempo y stiffness muscular.

Nota: representación de las oscilaciones generadas al aplicar fuerzas sobre dos sistemas. Un sistema con mayor stiffness (línea punteada) permitiría que se produzca una mayor transmisión de fuerza inicial y oscilará a una frecuencia mayor. Tomado de Gleim, G. W. & McHugh, M. P. (1997). Flexibility and Its Effects on Sports Injury and Performance (p. 290). *Sports Medicine*.

Siguiendo el trabajo de investigación llevado a cabo por Rees et al. (2007), el entrenamiento de Flexibilidad a través del método FNP (Facilitación Neuromuscular

Propioceptiva), no sólo podría generar mejoras sobre los ROM, sino también un aumento del *stiffness* musculo-tendinoso con mejoras sobre el desarrollo de la Fuerza.

De acuerdo con Medeiros & Lima (2017), otra propiedad visco-elástica que tiene influencia sobre la mejora del rendimiento muscular es la reducción de la histéresis, o pérdida de energía como calor. Según estos investigadores, a partir de un régimen de estiramientos puede influirse positivamente sobre este parámetro permitiendo una reducción en la disipación de energía en la unidad músculo-tendinosa.

Los datos adquiridos sobre la cinemática de los golpes en los estudios de Cheraghi et al. (2014), indicaron que los boxeadores flexionan parcialmente las articulaciones de sus extremidades superiores, especialmente la del codo, al comienzo del gesto. Piorkowski et al. (2011) también encontraron a partir del análisis de grabaciones de video, que durante el inicio de un golpe de puño los ejecutantes realizaban contra movimientos de flexión/extensión de rodilla. Aparentemente, de manera intuitiva estos deportistas estarían utilizando el CEA para lanzar golpes, permitiendo pensar que el desarrollo de la Flexibilidad podría estar relacionado con mejoras en la habilidad para lanzar golpes de puño de forma más veloz y potente.

Método

La metodología empleada para esta investigación fue de tipo cuantitativa, ya que partió de la recopilación y análisis de datos compuestos por un puntaje para veinte movimientos pasivos articulares y la Velocidad pico en diferentes combinaciones de golpes rectos de puño.

Diseño de Investigación

El diseño de investigación fue preexperimental y el tipo investigación-acción, considerando que se trató de una problemática evidenciada en un grupo específico de deportistas y para los cuales se llevó a cabo una propuesta de intervención, la cual se incluyó como parte de sus entrenamientos cotidianos.

El desarrollo presentó un carácter longitudinal, ya que los datos se recolectaron en un pre test y luego de la actividad condicionante (de 6 semanas de duración) en un post test.

Población y Muestra

El estudio se realizó con una muestra no probabilística compuesta por 6 deportistas de Boxeo (1 mujer y 5 hombres) y 4 de Muay Thai (4 hombres), quienes llevaban a cabo sus entrenamientos de manera conjunta en el centro de entrenamiento Integral Fitness ubicado en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina. El criterio de inclusión consistió en poseer más de un año de experiencia de entrenamiento en estas actividades y haber participado en alguna competencia tanto de forma *amateur* como profesional. Además, no debían estar cursando la recuperación de ninguna lesión que pudiera comprometer los resultados de los *tests*.

Variables

La variable dependiente estuvo compuesta por los niveles de Flexibilidad de los participantes y la Velocidad alcanzada en los golpes de puño rectos, mientras que la variable independiente se conformó por la actividad condicionante, es decir, el programa de entrenamiento de esta capacidad física (Ver Figura 2).

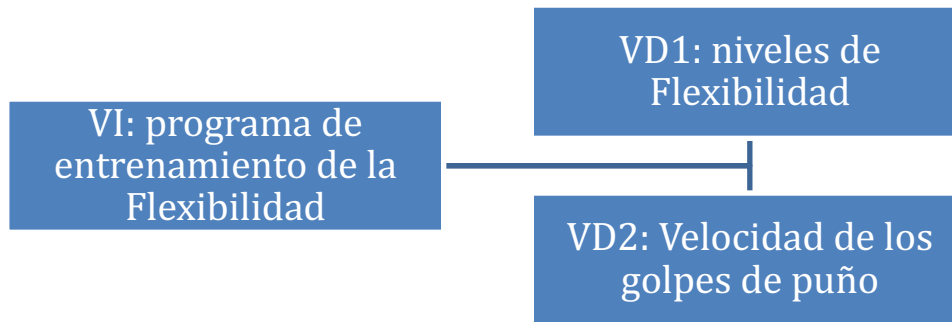


Figura 2. Variables del estudio.

Nota: VI - variable independiente, VD - variable dependiente.

Instrumentos de Medición y Técnicas

Para la evaluación de los niveles de Flexibilidad de los participantes se utilizó el método Flexitest (Araujo, 2005). Esta herramienta permite la medición de 20 movimientos articulares realizados de forma pasiva y ha sido utilizada en deportistas de distintas disciplinas (Farinatti et al., 2014; Marinho et al., 2011; Montealegre Suárez & Vidarte Claros, 2019; Roa López, 2009). El máximo ROM alcanzado por cada articulación se comparó con una lista de imágenes que muestran diferentes posiciones, permitiendo asignar un puntaje para cada uno en función de su amplitud. De acuerdo con el puntaje otorgado, se ha establecido la siguiente escala de valoración: 0 muy pobre, 1 pobre, 2 media, 3 buena y 4 muy buena. Además, la suma de los resultados de todos los movimientos ofreció un indicador del nivel de Flexibilidad global del sujeto llamado flexindex. Al no producirse diferencias significativas entre los dos lados del cuerpo exceptuando condiciones patológicas (Braganca de Viana et al., 2008), la medición de las extremidades se llevó a cabo sólo sobre el lado derecho de los participantes. Con respecto a la fiabilidad de esta prueba, se determinaron niveles altos intra e inter observadores para Flexitest (Araujo, 2005 y 2008).

Para conocer la Velocidad de ejecución de golpes rectos aislados y en combinaciones se hizo uso de acelerómetros *Hykso Punch Trackers*. Estos implementos se colocan en las muñecas de los deportistas y permiten conocer la Velocidad pico desarrollada durante los gestos específicos de golpeo (Omcirk et al., 2021). Su diseño se encuentra preparado específicamente para esta tarea, permitiendo la recolección de datos a partir de la sincronización remota con dispositivos móviles como *smartphones* o *tablets*. Se determinó un buen nivel de fiabilidad intra-herramienta de estos sensores, al compararlos con los datos obtenidos del análisis de los gestos a través del software Kinovea (López et al., 2020).

Procedimientos

Evaluación inicial

En primer lugar, se comenzó evaluando los niveles de Flexibilidad de los deportistas a través del método Flexitest (Araujo, 2005). Para esto, se organizó una sesión específicamente para ello en el horario matutino y distanciado con un mínimo de treinta minutos de cualquier ejercicio físico, considerando que en las primeras horas del día los niveles de Flexibilidad son mayores (Rodríguez Casallas & Gracia Díaz, 2015) y que el

aumento de la temperatura corporal podría modificar la resistencia muscular y articular (Bishop, 2003).

Una vez obtenidos todos los puntajes individuales, también se agruparon de acuerdo a las zonas del cuerpo quedando conformados así siete promedios: tobillo, rodilla, cadera, tronco, muñeca, codo y hombro.

Tras el análisis de los resultados se concluyó que los niveles más bajos de Flexibilidad se presentaron en las zonas de tobillo, hombro y muñeca.

Durante la jornada de evaluación también se registraron las velocidades pico alcanzadas en golpes rectos lanzados al aire con ambas manos (jab y directo) y en combinaciones de estos movimientos (jab-directo y jab-directo-jab-directo) utilizando dispositivos *Hykso Punch Trackers*. El objetivo de esto fue obtener un indicador de rendimiento de los golpes de puño rectos, para luego compararlos tras la aplicación del programa para el desarrollo de la Flexibilidad.

Periodización del entrenamiento

Considerando los resultados de las evaluaciones se desarrolló un plan para el entrenamiento de la Flexibilidad, enfocado únicamente en las 3 zonas donde se evidenciaron los ROM máx bajos: tobillo, muñeca y hombro.

Esta periodización se basó en el modelo presentado en el trabajo de Lima et al. (2019), en donde la carga de los entrenamientos se dosificó siguiendo un escalonamiento incremental a lo largo de las semanas. El trabajo se programó con una frecuencia de tres estímulos semanales, ubicados en un momento del día inmediatamente posterior al que se desarrollara el entrenamiento de Fuerza (Leite et al., 2017), para de esta forma asegurar una mayor adherencia y lograr que se completaran.

El macrociclo, de una duración de 6 semanas (Franchini & Herrera-Valenzuela, 2021), se dividió en dos mesociclos de tres semanas cada uno (Ver Tablas 1 y 2). Durante el primer mesociclo se utilizaron ejercicios bajo los métodos de estiramiento dinámico y estático. Al pasar al segundo mesociclo se mantuvieron los trabajos dinámicos, pero con el objetivo de incrementar la intensidad de los trabajos los ejercicios estáticos pasaron a desarrollarse bajo la modalidad FNP en sus dos variantes: tensión-relajación agonista y tensión-relajación antagonista (Franchini & Herrera-Valenzuela, 2021; Hohmann et al., 2005; Kim, 2006; McAtee & Charland, 2010; Peck et al., 2014; Weineck, 2005).

Tabla 1

1er Mesociclo

Nº	Ejercicio	Método	MICROCICLO 1		MICROCICLO 2		MICROCICLO 3	
			Reps/Seg	Series	Reps/Seg	Series	Reps/Seg	Series
1	Rotaciones de tobillos	Dinámico	12c/l	3	12c/l	4	15c/l	4
2	Dorsiflexión de tobillos	Estático	20"	3	30"	3	30"	4
3	Flexión plantar	Estático	20"	3	30"	3	30"	4
4	Circunducciones de hombros con banda elástica	Dinámico	12c/l	3	15c/l	4	15c/l	4
5	Rotación interna de hombros	Estático	20"	3	30"	3	30"	4
6	Rotación externa de hombros	Estático	20"	3	30"	3	30"	4
7	Abducción posterior de hombros	Estático	20"	3	30"	3	30"	4
8	Aducción posterior de hombros	Estático	20"	3	30"	3	30"	4
9	Rotaciones de muñecas	Dinámico	12c/l	3	12c/l	4	15c/l	4
10	Flexión de muñecas	Estático	20"	3	30"	3	30"	4
11	Extensión de muñeca	Estático	20"	3	30"	3	30"	4

Nota: modelo del primer mesociclo de la periodización del entrenamiento de Flexibilidad.

Tabla 2

2do Mesociclo

N°	Ejercicio	Método	MICROCICLO 1		MICROCICLO 2		MICROCICLO 3	
			Reps	Series	Reps	Series	Reps	Series
1	Rotaciones de tobillos	Dinámico	15c/l	4	15c/l	4	20c/l	4
2	Dorsiflexión de tobillos	FNP agonista	5"x20"	1	5"x20"	2	5"x20"	3
	Flexión plantar	FNP antagon	5"x20"	1	5"x20"	2	5"x20"	3
3	Circunducciones de hombros con banda elástica	FNP agonista	5"x20"	1	5"x20"	2	5"x20"	3
	Rotación interna de hombros	FNP antagon	5"x20"	1	5"x20"	2	5"x20"	3
4	Rotación externa de hombros	Dinámico	15c/l	4	15c/l	4	20c/l	4
5	Abducción posterior de hombros	FNP agonista	5"x20"	1	5"x20"	2	5"x20"	3
	Aducción posterior de hombros	FNP antagon	5"x20"	1	5"x20"	2	5"x20"	3
6	Rotaciones de muñecas	FNP agonista	5"x20"	1	5"x20"	2	5"x20"	3
	Flexión de muñecas	FNP antagon	5"x20"	1	5"x20"	2	5"x20"	3
7	Extensión de muñeca	FNP agonista	5"x20"	1	5"x20"	2	5"x20"	3
	Rotaciones de tobillos	FNP antagon	5"x20"	1	5"x20"	2	5"x20"	3
8	Dorsiflexión de tobillos	FNP agonista	5"x20"	1	5"x20"	2	5"x20"	3
	Flexión plantar	FNP antagon	5"x20"	1	5"x20"	2	5"x20"	3
9	Circunducciones de hombros con banda elástica	Dinámico	15c/l	4	15c/l	4	20c/l	4
10	Rotación interna de hombros	FNP agonista	5"x20"	1	5"x20"	2	5"x20"	3
	Rotación externa de hombros	FNP antagon	5"x20"	1	5"x20"	2	5"x20"	3
11	Abducción posterior de hombros	FNP agonista	5"x20"	1	5"x20"	2	5"x20"	3
		FNP antagon	5"x20"	4	5"x20"	2	5"x20"	3

Nota: modelo del segundo mesociclo de la periodización del entrenamiento de Flexibilidad.

Evaluación final

Para un apropiado control de la intensidad de los ejercicios, se les solicitó a los deportistas que alcanzaran niveles de dolor moderados durante su ejecución (Ver Figura 3), equivalentes a 5-6 puntos en una escala de esfuerzo percibido (Apostopoulos, 2015).

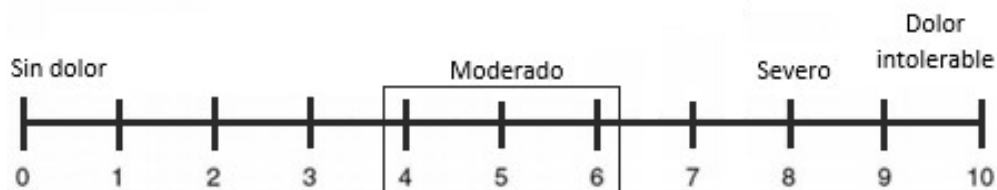


Figura 3. Escala de esfuerzo percibido.

Nota: nivel de dolor al que deben apuntar los deportistas (4 a 6) cuando realicen los ejercicios de Flexibilidad.

Una vez completadas las seis semanas de periodización, los atletas fueron citados nuevamente siguiendo los mismos criterios que se establecieron para la evaluación inicial: horario matutino y previo al desarrollo de sus entrenamientos.

Se evaluaron los veinte movimientos articulares correspondientes al protocolo Flexitest y también la Velocidad de ejecución de los golpes rectos.

Análisis Estadístico

Las variables categóricas se informaron como número de presentación y porcentaje. Las variables continuas que asumieron una distribución normal se reportaron como media y desvío estándar (DE). De lo contrario, se utilizó la mediana y rango intercuartílico (RIQ). Para determinar la distribución muestral de las variables continuas se utilizaron pruebas estadísticas (prueba de Shapiro-Wilk) y métodos gráficos (histogramas y cuantil-cuantil).

Se exploraron los cambios pre y post implementación del programa de flexibilidad mediante el uso de pruebas estadísticas de inferencia estadística. Para ello, se utilizó la prueba t de Student para muestras pareadas o la prueba de los rangos con signo de Wilcoxon.

Por otro lado, se evaluó la fuerza de asociación entre los cambios en la Flexibilidad y los cambios en la producción de Velocidad en golpes de puño rectos. Para este objetivo, se utilizó el coeficiente de correlación r de Pearson o el coeficiente de correlación rho de Spearman, según correspondiera. La magnitud de la correlación se consideró muy alta (0.9 a 1.0), alta (0.7 a 0.89), moderada (0.5 a 0.69), baja (0.3 a 0.49) y nula (< 0.3) (Mukaka 2012). Se consideró significativo un p valor <0,05. Para el análisis de los datos se utilizó el software IBM SPSS Macintosh, versión 24.0 (IBM Corp., Armonk, NY, USA).

Resultados

Flexibilidad

Al inicio, la mediana del puntaje total en el flexindex fue de 46.5 (RIQ 40.75 - 52) puntos, con un mínimo y máximo de 36 y 56 puntos, respectivamente (figura 4). Luego del programa de entrenamiento la mediana en el flexindex fue de 54 (RIQ 50.75 - 58.25) puntos.

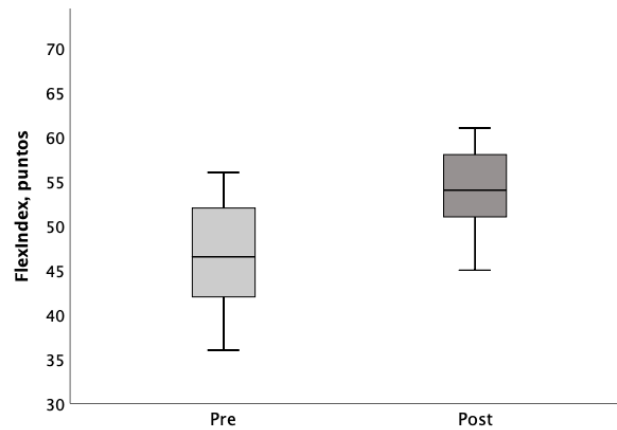


Figura 4. Diagrama de cajas para la variable flexindex pre y post entrenamientos.

Al determinar los cambios entre el inicio y fin del programa se observó una media de diferencias de 7.9 (DE 5.28) puntos, con un mínimo de 1 y un máximo de 15 puntos. Estas diferencias resultaron estadísticamente significativas ($p=0.001$). En la figura 5 se presentan los puntajes individuales en la variable flexindex pre y post programa.

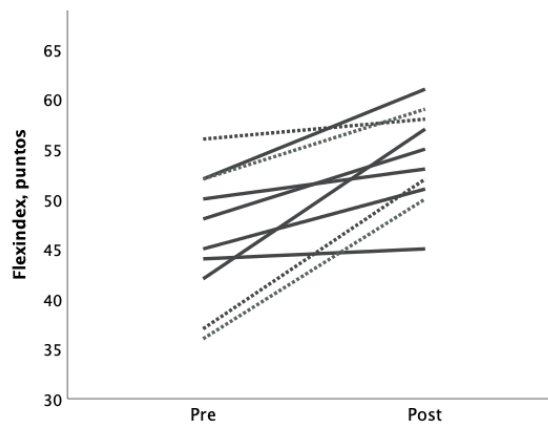


Figura 5. Puntajes individuales en la variable flexindex pre y post entrenamientos.

Nota: el deporte de los participantes se representa con líneas continuas (Boxeo) y punteadas (Muay Thai).

En la tabla 3 se presentan las comparaciones pre y post programa de la flexibilidad de los diferentes movimientos evaluados.

Tabla 3

Comparación de la flexibilidad pre y post entrenamientos

Variables	Pre	Post	valor p
Dorsiflexión de tobillo	2 (1.75 - 2)	2 (2 - 3)	0.014
Flexión plantar de tobillo	2 (1 - 2)	3 (2 - 3)	0.008
Flexión de rodilla	3 (3 - 4)	3 (3 - 4)	0.56
Extensión de rodilla	2 (1.75 - 2)	2 (2 - 2)	0.32
Flexión de cadera	3 (2 - 3)	2.5 (2 - 3)	0.56
Extensión de cadera	3 (2 - 3)	3.5 (2 - 4)	0.014
Aducción de cadera	3 (3 - 3.25)	4 (3 - 4)	0.18
Abducción de cadera	3 (2.75 - 3)	3 (3 - 3)	0.32
Flexión de tronco	3 (2 - 3)	3 (3 - 3)	0.046
Extensión de tronco	2.5 (2 - 3.25)	3 (3 - 3.25)	0.034
Flexión lateral de tronco	3 (2 - 4)	3 (2.75 - 4)	0.48
Flexión de muñeca	2 (2 - 2)	2 (2 - 3)	0.083
Extensión de muñeca	2 (2 - 2)	2 (2 - 2.25)	0.32
Flexión de codo	3 (2 - 4)	3 (3 - 3.25)	0.41
Extensión de codo	2 (2 - 2)	2 (2 - 2)	0.99
Aducción posterior del hombro desde abducción a 180°	2.5 (1.75 - 3)	3 (2 - 4)	0.034
Aducción posterior o extensión de hombro	1 (1 - 2)	2 (1 - 2.25)	0.059
Extensión posterior de hombro	1 (0.75 - 2)	1 (1 - 2)	0.18
Rotación lateral de hombro con abducción de 90° y flexión de codo a 90°	1.5 (1 - 2)	2.5 (1.75 - 3)	0.024
Rotación medial de hombro con abducción de 90° y flexión de codo a 90°	2.5 (2 - 3.25)	4 (3 - 4)	0.014

Nota: n=10, todos los valores numéricos se expresan en mediana y rango intercuartílico (RIQ).

Rango de Movimiento

En la tabla 4 se presentan las comparaciones pre y post programa de flexibilidad para el ROM de los diferentes grupos articulares evaluados. Sólo se observaron diferencias estadísticamente significativas al comparar los valores en las articulaciones de tobillo y hombro ($p=0.006$ y $p=0.005$, respectivamente).

Tabla 4

Comparación del rango de movimiento pre y post entrenamientos

Variables	Pre	Post	valor p
Tobillo	1.75 (1.5 - 2)	2.5 (2.5 - 3)	0.006
Rodilla	2.5 (2 - 3)	2.5 (2.5 - 3)	0.41
Cadera	2.88 (2.31 - 3)	3.13 (2.69 - 3.5)	0.12
Tronco	2.5 (2 - 3.33)	3 (3 - 3.33)	0.06
Muñeca	2 (2 - 2.38)	2 (2 - 2.63)	0.32
Codo	2.5 (2 - 3)	2.5 (2.5 - 2.63)	0.41
Hombro	1.7 (1.2 - 2.5)	2.4 (1.95 - 2.85)	0.005

Nota: n=10, todos los valores numéricos se expresan en mediana y rango intercuartílico (RIQ).

En la figura 6 se representan las medianas de cada grupo articular evaluado pre y post programa de entrenamiento de la flexibilidad.

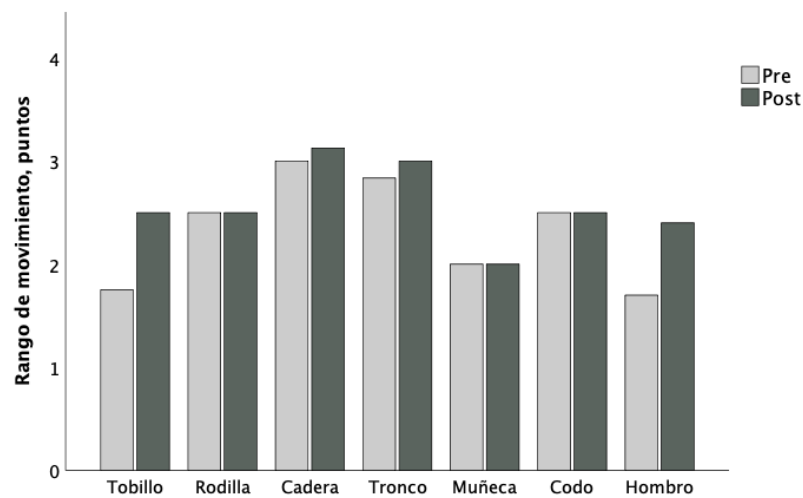


Figura 6. Rango de movimiento pre y post entrenamientos.

Nota: gráfico de barras de la variable rango de movimiento para los diferentes grupos articulares evaluados pre y post programa de entrenamiento.

Producción de Velocidad

En la tabla 5 se presentan las comparaciones en la Velocidad pre y post programa de Flexibilidad. No se observaron diferencias estadísticamente significativas en ninguno de los gestos evaluados.

Tabla 5

Comparación de la Velocidad pre y post programa de Flexibilidad

Variables	Pre	Post	Media de las diferencias	valor p
Jab (m/s)				
1	4.69 (0.7)	4.54 (0.6)	-0.15 (0.60)	0.45
1,2	4.13 (0.73)	4.32 (0.62)	0.19 (0.89)	0.52
1,2,3,4	5.43 (1.3)	5.88 (1.4)	0.46 (1.01)	0.18
Directo (m/s)				
1	5.41 (0.68)	5.82 (0.85)	0.41 (0.84)	0.16
1,2	4.48 (0.62)	4.67 (0.82)	0.19 (0.80)	0.47
1,2,3,4	5.06 (1.66)	5.12 (1.32)	0.06 (1.08)	0.86

Nota: todos los valores numéricos se expresan en media y desvío estándar (DE).

Correlación entre los cambios en la Flexibilidad y Velocidad

Para correlacionar el cambio en la variable Flexibilidad (flexindex) y los cambios en la producción de Velocidad de los diferentes gestos de golpes rectos (Jab y Directo, 1, 1,2 y 1,2,3,4) se utilizó el coeficiente de correlación rho de Spearman (Ver tabla 6). La fuerza de la asociación resultó baja al correlacionar la Flexibilidad y la producción de Velocidad de los gestos Jab 1, Directo 1 y Directo 1,2. La fuerza de la asociación resultó nula al correlacionar la Flexibilidad y la producción de Velocidad en los gestos *Jab* 1,2, *Jab* 1,2,3,4 y Directo 1,2,3,4 (tabla 6).

Tabla 6

Correlación entre los cambios en el flexindex y la Velocidad en Jab y Directo

	rho de Spearman	valor p
Jab (m/s)		
1	-0.426	0.22
1,2	-0.257	0.47
1,2,3,4	-0.120	0.74
Directo (m/s)		
1	-0.363	0.30
1,2	-0.309	0.38
1,2,3,4	-0.171	0.64

Nota: todos los valores numéricos se expresan en media y desvío estándar (DE).

Discusión y conclusiones

Discusión

En diversas investigaciones se hace mención sobre los beneficios en el rendimiento de distintos gestos tras la implementación de programas para la mejora de la Flexibilidad (Del Río Valdivia et al., 2015; Hunter & Marshall, 2001; Kokkonen et al., 2007 y 2010), pero en ninguno de los casos se han evaluado parámetros específicos de los gestos del golpeo en deportes de combate. Por este motivo, en el presente estudio se ha indagado sobre la relación entre mejoras de Flexibilidad y las producciones de Velocidad de los golpes de puño rectos.

A pesar de que en el desarrollo del programa de intervención se llevaron a cabo ejercicios de Flexibilidad bajo el método FNP, en contraposición a los resultados evidenciados en el trabajo de investigación de Rees et al. (2007), esto no parecería haber tenido un impacto directo sobre la producción de Fuerza de los gestos evaluados. Si bien se ha considerado que la Velocidad de ejecución de los golpes de puño influye sobre la Fuerza y Potencia desarrolladas (Mack et al., 2010; Tiwari et al., 2020), el uso de un dispositivo que midiera específicamente estas últimas variables, como el empleado por Dunn et al. (2019) en su investigación el cual contó con una celda de carga para medir la Fuerza aplicada, habría sido de gran utilidad con el fin de obtener una mayor cantidad de datos sobre el rendimiento de los gestos específicos evaluados.

El análisis de los resultados de la presente investigación arrojó una considerable mejora en los niveles del flexindex. Siendo este un indicador de la Flexibilidad de los

sujetos a nivel global (Araujo, 2008), puede vislumbrarse un impacto positivo sobre esta capacidad. De momento que no se ha podido evidenciar una mejora en las producciones de Velocidad de los golpes rectos, esto impide la posibilidad de proponer que existe algún impacto positivo sobre el CEA a partir del aumento en los niveles de Flexibilidad como plantean algunos autores (Gleim & McHugh, 1997; Kim, 2006; Medeiros & Lima, 2017; Rodríguez Casallas & Gracia Díaz, 2015; Weineck, 2005).

Tomando en cuenta que el programa de Periodización para el entrenamiento de la Flexibilidad de 6 semanas de duración aplicado sobre atletas de Boxeo y Muay Thai, arrojó mejoras estadísticamente significativas sobre los ROM de las articulaciones de hombros y tobillos de los participantes, esto podría servir como referencia para su utilización en poblaciones similares de deportistas con los que se busque optimizar esta capacidad. Además, esta Periodización se encuentra alineada con las propuestas de investigadores como Lima et al. (2019), quienes mencionaron la importancia de la sistematización para obtener resultados positivos.

Cabe destacar que aunque la periodización del entrenamiento de la Flexibilidad sólo contempló el trabajo sobre las zonas de hombro, muñeca y tobillo, la comparación de los ROM pasivos pre y post entrenamientos también arrojó mejoras sobre las zonas del tronco y cadera, pudiendo esto ser atribuido al efecto que tiene la interconexión de los músculos a través de las cadenas cinéticas de movimiento (McAtee & Charland, 2010). Esto podría promover un funcionamiento más eficiente de los distintos segmentos corporales durante la realización de los gestos deportivos, por lo que sería propicio considerar el análisis de su relación con la incidencia de lesiones.

Pese a que no se haya podido establecer una relación entre las mejoras en los niveles de Flexibilidad y la Velocidad en los gestos específicos, los hallazgos de investigaciones que han relacionado positivamente estas dos variables vuelven necesario que se indague más sobre esta posible asociación en deportistas de golpeo. Para ello, se requiere abandonar los estereotipos infundados por la tradicionalidad generada tras miles de años de historia en estos deportes (Balmaseda, 2009; Trial & Wu, 2013), y la apertura por parte de los entrenadores para fomentar este tipo de trabajos de investigación.

Conclusiones

A la luz de los resultados de la presente investigación, se ha podido indagar sobre el efecto de la implementación de un programa de Flexibilidad sobre los ROM articulares y la Velocidad de ejecución de los golpes rectos en una muestra de diez atletas de Boxeo y Muay Thai.

Tras la evaluación de la Flexibilidad a partir del método Flexitest en 20 movimientos articulares de forma pasiva, y habiendo evidenciado los niveles más bajos de esta capacidad en hombros, muñecas y tobillos, se llevó a cabo un programa de periodización de 6 semanas para su mejora.

Al determinar los cambios entre el inicio y fin del programa se observó una diferencia estadísticamente significativa en los niveles de Flexibilidad global (flexindex) de los participantes.

Con respecto a los grupos articulares en los que se determinaron cambios en los ROM, sólo se observaron diferencias estadísticamente significativas al comparar los valores en las articulaciones de tobillo y hombro, demostrando que las muñecas no siguieron el mismo trazado.

Finalmente, no se observaron diferencias estadísticamente significativas en las producciones de Velocidad en ninguno de los gestos evaluados. La fuerza de la asociación entre los cambios en los niveles de Flexibilidad y las producciones de Velocidad de los gestos de golpeo resultó baja al correlacionar los golpes aislados Jab (1) y Directo (2), y el Directo lanzando 1,2. La fuerza de la asociación resultó nula al correlacionar la Flexibilidad y la producción de Velocidad en los gestos de Jab lanzando 1,2 y 1,2,3,4 y el golpe Directo lanzando 1,2,3,4. Estos resultados impiden generar cualquier tipo de asociación entre las mejoras obtenidas en la Flexibilidad y las producciones de Velocidad de los golpes de puño rectos.

Debido a que la muestra de participantes fue pequeña esto ha generado dos limitaciones al estudio: la imposibilidad de contar con un grupo control y su respectiva aleatorización.

Por otra parte, el trabajo con deportistas que se encuentran cursando el calendario competitivo genera una dificultad para la proyección longitudinal de una investigación, debido a que en muchos casos las cargas de entrenamiento deben ser modificadas al acercarse una competencia, interfiriendo con el desarrollo del trabajo.

Futuras investigaciones deberían considerar la evaluación de otras variables de rendimiento en estos atletas, como pueden ser la aplicación de Fuerza de golpeo, agilidad y resistencia, así como también de otros golpes (*cross*, *uppercut* y patadas para el caso del Muay Thai). Además, el trabajo con un grupo control y una muestra aleatorizada permitiría concluir con mayor robustez sobre la evidencia de los resultados obtenidos en la investigación.

Referencias

- Apostopoulou, N., Metsios, G. S., Flouris, A. D., Koutedakis, Y., & Wyon, M. A. (2015). The relevance of stretch Intensity and position – a systematic review. *Frontiers in Psychology*, 6(1128). <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2015.01128>
- Araujo, C. G. (2005). *Flexitest. El método de evaluación de la flexibilidad*. Paidotribo.
- Araujo, C. G. (2008). Flexibility assessment: Normative values for flexitest from 5 to 91 years of age. *Arquivos brasileiros de cardiologia*, 90, 257-263. <https://doi.org/10.1590/s0066-782x2008000400008>
- Balmaseda, M. (2009). *Escuela Cubana de Boxeo. Su enseñanza y preparación técnica*. Wanceulen.
- Basar, S., Duzgun, I., Guzel, N. A., Cicioglu, I., & Celik, B. (2014). Differences in Strength, flexibility and stability in freestyle and Greco-Roman wrestlers. *Journal of back and musculoskeletal rehabilitation*, 27(3), 321-330. <https://doi.org/10.3233/BMR-130451>
- Braganca de Viana, M. M., Bastos de Andrade, A., Salguero del Valle, A., & González Boto, R. (2008). Flexibilidad: conceptos y generalidades. *EFDeportes Revista Digital*. <https://www.efdeportes.com/efd116/flexibilidad-conceptos-y-generalidades.htm>
- Chaabene, H., Behm, D. G., Negra, Y., & Granacher, U. (2019). Acute effects of static stretching on muscle strength and power: an attempt to clarify previous caveats. *Frontiers in Physiology*, 10(1468). <https://doi.org/10.3389/fphys.2019.01468>

- Cheraghi, M., Alinejad, H. A., Archi, A. R., & Shirzad, E. (2014). Kinematics of Straight Right Punch in Boxing. *Annals of Applied Sport Science*, 2(2), 39-50. <https://doi.org/10.18869/ACADPUB.AASSJOURNAL.2.2.39>
- Copoví Lanusse, R. (2015). Análisis del volumen de entrenamiento pliométrico para la mejora del salto. Apunts. *Educación Física y Deportes*, 120, 43,51. [https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.\(2015/2\).120.06](https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.(2015/2).120.06)
- Del Río Valdivia, J. E., Flores Moreno, P. J., González, J. B., Barajas Pineda, L. T., Medina Valencia, R. T., & Gómez Gómez, E. (2015). Efectos de un programa de flexibilidad en el desarrollo de la fuerza muscular en jugadoras de futbol femenil. *Educación Física y Ciencia*, 17(2). <http://www.efyc.fahce.unlp.edu.ar/article/view/EFyCv17n02a06>
- Dunn, E. C., Humberstone, C. E., Iredale, K. F., & Blazeovich, A. J. (2019). A damaging punch: Assessment and application of a method to quantify punch performance. *Translational Sports Medicine*, 2, 146– 152. <https://doi.org/10.1002/tsm2.71>
- El-Ashker, S. (2018). The impact of a boxing training program on physical fitness and technical performance effectiveness. *Journal of Physical Education and Sport*, 18(2), 926-932. <https://doi.org/10.7752/jpes.2018.02137>
- Farinatti, P., Rubini, E., Silva, E., & Vanfraechem, J. (2014). Flexibility of the Elderly after One-Year Practice of Yoga y Calistenia. *International Journal of Yoga Therapy*, 24(1), 71-77. <https://doi.org/10.17761/ijyt.24.1.5003007856u32q52>
- Franchini, E., & Herrera-Valenzuela, T. (2021). Developing flexibility for combat sports athletes. *Revista de Artes Marciales Asiáticas*, 16(1). <https://doi.org/10.18002/rama.v16i1s.7005>
- Gleim, G. W., & McHugh, M. P. (1997). Flexibility and Its Effects on Sports Injury and Performance. *Sports Medicine*, 24(59), 289-299. <https://doi.org/10.2165/00007256-199724050-00001>
- Hohmann, A., Lames, M., & Letzeier, M. (2005). Introducción a la Ciencia del Entrenamiento. Paidotribo.
- Hunter, J. P., & Marshall, R. N. (2002). Effects of power and flexibility training on vertical jump technique. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 34(3), 478-86. <https://doi.org/10.1097/00005768-200203000-00015>.
- Kokkonen, J., Nelson, A. G., Eldredge, C., & Winchester, J. B. (2007). Chronic Static Stretching Improves Exercise Performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 39(10), 1825-1831. <https://doi.org/10.1249/mss.0b013e3181238a2b>.
- Kokkonen, J., Nelson, A. G., Tarawhiti, T., Buckingham, P., & Jason, B. (2010). Early-Phase Resistance Training Strength Gains in Novice Lifters Are Enhanced by Doing Static Stretching. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(2), 502-506. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181c06ca0>
- Leite, T. B., Costa, P. B., Leite, R. D., Novaes, J. S., Fleck, S. J., & Simao, R. (2017). Effects of Different Number of Sets of Resistance Training on Flexibility. *International Journal of Exercise Science*, 10(3), 354-364. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28966703>
- Lenka, P. K., & Shah, V. B. (2019). A Comparative study of Agility, Flexibility and Explosive power of National level Player of Karate, Boxing and Taekwondo. *International Journal of Health, Physical Education and Computer Science in*

Sports, 35(1), 152-154.
<https://www.journalofsports.com/archives/2019/vol4/issue1/4-1-54>

- Lima, C. D., Brown, L. E., Li, Y., Herat, N., & Behm, D. (2019). Periodized versus Non-periodized Stretch Training on Gymnasts Flexibility and Performance. *International Journal of Sports Medicine*, 40, 779-788. <https://doi.org/10.1055/a-0942-7571>
- Lima, P.O., Lima A. A., Coelho, A. C., Lima, Y. L., Almeida, G. P., Bezerra, M. A., & de Oliveira, R. R. (2017). Biomechanical Differences in Brazilian Jiu-Jitsu Athletes: The Role of Combat Style. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 12(1), 67-74. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28217417>
- López, I., Cirer-Sastre, R., Los Arcos López de Pariza, J., Corbi, F., Calleja Gonzalez, J. y Sitko, S. (2020). Concurrent validity and reliability of an accelerometer to assess punching velocity in boxers. *Gazzetta medica italiana*. https://www.researchgate.net/publication/342231155_Concurrent_validity_and_reliability_of_an_accelerometer_to_assess_punching_velocity_in_boxers
- Mack, J., Stojasih, S., Sherman, D., Dau, N., & Bir, C. (2010). Amateur boxer biomechanics and punch force. *ISBS - Conference Proceedings Archive*. <https://ojs.ub.uni-konstanz.de/cpa/article/view/4491>
- Marinho, B. F., Del Vecchio, F. B., & Franchini, E. (2011). Condición Física y Perfil Antropométrico de Atletas de Artes Marciales Mixtas. *Revista de Artes Marciales Asiáticas*, 6(2), 7-18. <https://doi.org/10.18002/rama.v6i2.4>
- McAtee R., & Charland, J. (2010). *Estiramientos Facilitados*. Panamericana.
- Medeiros, D. M., & Lima, C. S. (2017). Influence of chronic stretching on muscle performance: systematic review. *Human Movement Science*, 54, 220-229. <https://doi.org/10.1016/j.humov.2017.05.006>
- Montealegre Suárez, D. P., & Vidarte Claros, J. A. (2019). Perfil antropométrico, somatotipo y condición física de niños patinadores de Neiva. *Acciónmotriz*, 22, 43-50. <https://accionmotriz.com/index.php/accionmotriz/article/view/129>
- Omcirk, D., Vetrovsky, T., Padecky, J., Vanbell, S., Malecek, J., & Tufano, J. J. (2021). Punch trackers: correct recognition depends on punch type and training experience. *Sensors*, 21(2968). <https://doi.org/10.3390/s21092968>
- Peck, E., Chomko, G., Gaz, D. V., & Farrell, A. M. (2014). The Effects of Stretching on Performance. *Current Sports Medicine Reports*, 13(3), 179-85. <https://doi.org/10.1249/JSR.0000000000000052>
- Piorkowski, B. A., Lees, A., & Barton, G. (2011). Single maximal versus combination punch kinematics. *Sports Biomechanics*, 10(1), 1-11. <https://doi.org/10.1080/14763141.2010.547590>
- Rees, S. S., Murphy, A. J., Watsford, M. L., McLachlan, K. A., & Coutts, A. J. (2007). Effects of Proprioceptive Neuromuscular Facilitation Stretching on Stiffness and Force-Producing Characteristics of the Ankle in Active Women. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21(2), 572-577. <https://doi.org/10.1519/R-20175.1>
- Roa López, I. B. (2009). Índice de Flexibilidad en Deportistas de Rendimiento de la Ciudad de Bogotá. *Umbral Científico*, 15, 34-39. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=30415144005>

- Rodríguez Casallas, J. I., & Gracia Díaz, A. J. (2015). Evaluación del método Flexitest en los niños y niñas de la escuela de ciclismo de Cajicá – categoría pre infantil e infantil. *Actividad Física y Deporte*, 1(2). <https://revistas.udca.edu.co/index.php/rdafd/article/view/309>
- Sánchez-Sánchez, J., Pérez, A., Boada, P., García, M., Moreno, C. y Carretero, M. (2014). Estudio de la flexibilidad de luchadores de kickboxing de nivel internacional. *Archivos de Medicina del Deporte*, 31(2), 85-91. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:159902475>
- Saraiva, A. R., Reis, V. M., Costa, P. B., Bentes, C. M., Costa e Silva, G. V., & Novaes, J. S. (2014). Chronic effects of different resistance training exercise orders on flexibility in elite judo athletes. *Journal of Human Kinetics*, 40, 129-137. <https://doi.org/10.2478/hukin-2014-0015>
- Schwartz, J., Takito, M. Y., Del Vecchio, F. B., Antonietti, L. S., & Franchini, E. (2015). Health-related physical fitness in martial arts and combat sports practitioners. *Sport Sciences for Health*, 11, 171-180. <https://doi.org/10.1007/s11332-015-0220-6>
- Shrier, I. (2004). Does stretching improve performance? A systematic and critical review of the literature. *Clinical Journal of Sports Medicine*, 14(5). <https://doi.org/10.1097/00042752-200409000-00004>
- Slimani, M., Chaabene, H., Davis, P., Franchini, E., Cheouer, F., & Chamari, K. (2016). Performance Aspects and Physiological Responses in Male Amateur Boxing Competitions: A Brief Review. *Journal of Strength and Conditioning*, 31(4), 1132-1141. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:19859722>
- Tiwari, A. K., Pandey, A. S., Dhillon, M. S., & Badhyal, S. (2020). Design and Development of a Device for Performance Analysis and Injury Prevention in Boxing. *Journal of Postgraduate Medicine Education and Research*, 54(4), 231–235. <https://www.jpmer.com/doi/JPMER/pdf/10.5005/jp-journals-10028-1401>
- Trial W., & Wu, T. (2013). A kinematic analysis of the Thai boxing clinch. *Advances in Biomechanics and Applications*, 1(1), 057-066. <https://doi.org/10.12989/aba.2013.1.1.057>
- Weineck, J. (2005). Entrenamiento Total. Paidotribo.
- Wongputthichai, P., & Ketchatturat, J. (2017). The Effect of Applied Plyometric Training Program on Anthropometry, Muscle Strength Test and Flexibility Test in Male Thai Boxing Athletes. *KKU Research Journal*, 17(3). <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:114097352>

Fecha de recepción: 20/01/2022

Fecha de revisión: 18/03/2022

Fecha de aceptación: 28/04/2022

Cómo citar este artículo:

Maurente, G., Chávez, B. & Parodi, A. (2022). Salto con contramovimiento y test de agilidad T, ¿posibles indicadores de fatiga acumulada en baloncesto juvenil? *MLS Sport Research*, 2(1), 37-57 . doi: 10.54716/mlssr.v2i1.1203.

SALTO CON CONTRAMOVIMIENTO Y TEST DE AGILIDAD T, ¿POSIBLES INDICADORES DE FATIGA ACUMULADA EN BALONCESTO JUVENIL?

Gabriel Maurente

Universidad de la Empresa (Uruguay)

alemaurente0529@gmail.com · <http://orcid.org/0000-0002-6416-742X>

Bernardo Chávez

Universidad de la Empresa (Uruguay)

nanincf@gmail.com · <http://orcid.org/0000-0002-9419-6248>

Andrés Parodi

Universidad de la Empresa (Uruguay)

andresparodi2005@yahoo.com · <http://orcid.org/0000-0003-3498-352X>

Resumen. Introducción: existe creciente interés en controlar la fatiga acumulada en el deporte. En este trabajo se estudió el salto con contramovimiento (CMJ) y el Test de agilidad T (TaT), como posibles indicadores de fatiga acumulada en jugadores juveniles de baloncesto. Métodos: 16 jugadores masculinos fueron divididos en grupos: experimental (EXP) y control (CONT). Todos realizaron entrenamiento físico y técnico-táctico con una frecuencia de 5 veces semanales, durante cuatro microciclos (MiC). Durante el 1^{er} MiC, todos los participantes entrenaron con una carga de poca intensidad. Subsecuentemente, el grupo EXP entrenó con cargas progresivamente más altas, finalizando con intensidades muy elevadas; el grupo CONT mantuvo una intensidad baja de entrenamiento durante todo el mesociclo. Antes de la intervención, y al finalizar cada MiC, todos los sujetos fueron testeados mediante CMJ y TaT. Resultados: en EXP se observó una pérdida de rendimiento en ambos test ($p < 0.05$), al comparar cada evaluación con la precedente. En CONT, no se observaron pérdidas de rendimiento en CMJ; en cuanto al TaT, únicamente se verificó una reducción en el rendimiento ($p < 0.05$) al comparar la evaluación al finalizar el 4^o MiC con la correspondiente al finalizar el 3^{er} MiC. Adicionalmente, se estableció una correlación moderada ($r = -0.589$) y alta ($r = 0.683$) respectivamente, entre el rendimiento en CMJ y TaT, con relación a la intensidad de entrenamiento. Conclusiones: estos hallazgos indicarían que ambos test podrían ser útiles como una herramienta de control de la fatiga acumulada, durante un mesociclo de entrenamiento en baloncesto juvenil.

Palabras clave: fatiga acumulada; baloncesto juvenil; CMJ; test de agilidad T

COUNTERMOVEMENT JUMP AND T-AGILITY TEST, POSSIBLE INDICATORS OF ACCUMULATED FATIGUE IN YOUTH BASKETBALL PLAYERS?

Abstract. Introduction: there is a growing interest in monitoring cumulative fatigue in sport. In this study we aimed to determine whether the Countermovement Jump test (CMJ) and the T-agility test (TaT) are possible indicators of cumulative fatigue in youth basketball players. Methods: 16 male players were divided into experimental (EXP) and control (CONT) groups. All of them performed physical and technical-tactical training with a frequency of 5 times a week, during four microcycles (MiC). During the 1st MiC, all participants trained with a low intensity load. Subsequently, the EXP group trained with progressively higher loads, ending with very high intensities; the CONT group maintained a low training intensity throughout the entire mesocycle.

Before the intervention, and at the end of each MiC, all subjects were tested by CMJ and TaT. Results: in EXP, a decrease in performance was observed in both tests ($p \leq 0.05$), when comparing each evaluation with the previous one. In CONT, no loss of performance was observed in CMJ; as for TaT, only a reduction in performance ($p \leq 0.05$) was observed when comparing the evaluation at the end of the 4th MiC with the corresponding one at the end of the 3rd MiC. Additionally, a moderate ($r = -0.589$) and high ($r = 0.683$) correlation was established, respectively, between CMJ and TaT performance in relation to training intensity. Conclusions: these findings would indicate that both tests could be useful as a tool for monitoring accumulated fatigue during a training mesocycle in young basketball players.

Keywords: cumulative fatigue; youth basketball; CMJ; agility test T

Introducción

Las demandas propias de la competencia en deportes de equipo, incrementada en los últimos años, ha generado mucho interés en entrenadores, preparadores físicos y deportistas en lo que respecta al control de la fatiga; esto es debido a su relación con el rendimiento y el riesgo incrementado de lesiones (Thorpe et al., 2017). En categorías juveniles, es necesario además considerar el desarrollo prospectivo de los jugadores, lo que hace que en esta población el control de las cargas, y la fatiga causada por la misma, sean aún más relevantes (Balyi et al., 2013).

En este marco, reviste particular interés contar con estrategias de evaluación que permitan estimar la carga interna a la que son sometidos los deportistas, así como el grado de fatiga (aguda o acumulada) que éstos están experimentando. Dichas estrategias, además de válidas, deberían idealmente resultar prácticas, no invasivas y económicas, particularmente para su aplicación en instituciones deportivas de limitados recursos humanos y financieros.

Una de las herramientas que reúne dichas condiciones es la escala de percepción subjetiva del esfuerzo (RPE) modificada de Borg (1982). A partir de la misma, Foster et al. (1996, 2001) propusieron un método de cuantificación de la carga de la sesión, como alternativa a los métodos basados en la frecuencia cardíaca. El mismo se denomina *sesión-percepción subjetiva del esfuerzo* (sRPE), y consiste en multiplicar el volumen de la sesión (en minutos) por la RPE indicada por el o la deportista para el conjunto de la misma (según la mencionada escala). De esta forma, componentes de la carga interna y externa experimentados por el jugador o jugadora son representados en un solo valor, que se expresa en unidades arbitrarias (UA).

Teniendo en cuenta los desafíos en la medición de los diversos tipos de estrés a

los que los sujetos se exponen durante el entrenamiento, dicho método representa en gran medida una estrategia legítima, validándose su uso en diferentes deportes de equipo, incluyendo baloncesto (Moreira et al., 2012; Singh et al., 2007; Wallace et al., 2014).

Se ha observado además una fuerte correlación entre los valores de sRPE con variables fisiológicas asociadas a la intensidad de la carga, como la frecuencia cardíaca, siendo ésta una medida representativa de la intensidad (Manzi et al., 2010; Montgomery et al., 2010). Dada la compleja interacción de factores que contribuyen a la percepción individual del esfuerzo físico, es necesaria una perspectiva multidimensional para abordar este proceso (Tenenbaum y Hutchinson, 2007).

La estrategia de sRPE representa además una estrategia útil y práctica para estimar y monitorear la fatiga acumulada a lo largo de un microciclo (MiC), mesociclo o incluso macrociclo de entrenamiento (Haddad et al., 2017). En concordancia con Clarke et al. (2013), este método podría ayudar a optimizar el desarrollo físico, a la vez que minimiza el riesgo de sobreentrenamiento, lesión y enfermedad; en parte al permitir un mayor conocimiento de la respuesta individual a las cargas de entrenamiento.

En lo que atañe a la estimación de la fatiga, una de las herramientas ampliamente utilizada es la determinación del rendimiento en el Salto con Contramovimiento (CMJ). Este test se ha considerado uno de los más válidos para monitorizar la fatiga neuromuscular en diferentes disciplinas deportivas (Miras, 2020), además de tener una alta fiabilidad (Gathercole et al., 2015b). En deportes cíclicos, se verificaron correlaciones *casi perfectas* entre la pérdida de altura y la concentración de lactato y amonio sanguíneos ($r = 0.95$ y $r = 0.94$ respectivamente) después de esfuerzos de 40m de sprint (Jiménez-Reyes et al., 2016).

En deportes colectivos, se ha observado una pérdida progresiva de rendimiento en jugadores de baloncesto juvenil, durante y de uno a siete minutos después de la competencia, con pérdidas de hasta 19.8% en la altura máxima (San Román et al., 2010). También se verificó una pérdida de rendimiento post-competencia inmediata de 7.4% en la altura máxima, en jugadores de handball de élite (Póvoas et al., 2014). Se ha establecido que la sensibilidad del CMJ para detectar alteraciones en la función neuromuscular (y concomitantemente, fatiga neuromuscular) permanece prolongada en el tiempo, detectándose pérdidas del rendimiento aún 72h después de un esfuerzo intenso (Gathercole et al., 2015b). Por esta razón, las variaciones en el rendimiento alcanzado en CMJ puede ser utilizado como herramienta de control, para el ajuste de las cargas de entrenamiento y el eventual incremento del rendimiento deportivo (Loturco et al., 2017). Adicionalmente, en el caso del baloncesto, este test presenta una alta especificidad, debido a la importancia que tiene el salto vertical como gesto deportivo para esta disciplina en particular. Por otro lado, en lo que respecta al uso del CMJ para control de la fatiga acumulada después de varios microciclos de entrenamiento, los estudios que se han realizado son escasos, y las discrepancias en sus resultados no permiten establecer con claridad la posible utilidad de este test para dicho fin (Freitas et al., 2014; Gathercole et al., 2015a). Adicionalmente, hasta donde llega nuestro conocimiento, no se ha realizado este análisis en una población de baloncestistas de categoría juvenil.

Otra cualidad que contribuye al éxito en los deportes colectivos en general, y en el baloncesto en particular, es la agilidad; entendida ésta como la capacidad de cambiar rápidamente de dirección y velocidad (Sekulic et al., 2017; Spiteri et al., 2014). Esta habilidad se ha reconocido como una de las más importantes para este deporte, en la que los jugadores realizan cambios repentinos de dirección y velocidad cada pocos segundos, y en un área relativamente chica de juego (Abdelkrim et al., 2010; Boone y

Bourgois, 2013; Scanlan et al., 2014). El test de agilidad T (TaT) se considera una de las pruebas más apropiadas para estimar esta habilidad en baloncesto, debido a que utiliza muchos de los movimientos básicos realizados durante un juego, particularmente en maniobras defensivas (Chaouachi et al., 2009; Stojanovic et al., 2018). A pesar de la potencial utilidad del uso de este test como indicador indirecto de fatiga (aguda o acumulada) en baloncesto juvenil, dado el alto componente neuromuscular que implica su ejecución, hasta donde llega nuestro conocimiento no se ha analizado su utilización con este propósito.

En el presente trabajo, se procura determinar la posible relación entre la fatiga acumulada en un mesociclo de entrenamiento, y el rendimiento en los tests CMJ y TaT. La finalidad es proveer a entrenadores de deportes colectivos, y particularmente de baloncesto juvenil, con herramientas prácticas adicionales para el control de dicha fatiga, facilitando el consecuente y necesario ajuste de las cargas de entrenamiento.

Método

Sujetos

Mediante un muestreo por conveniencia, fueron seleccionados 18 jugadores de un equipo federado juvenil de la ciudad de Montevideo, perteneciente a la Federación Uruguaya de Baloncesto (FUBB). Los sujetos retomaron su entrenamiento habitual coincidiendo con el comienzo de la intervención experimental, después de 2 meses de inactividad ocasionada por las restricciones impuestas por la pandemia de COVID-19. Previo a la intervención, todos los participantes fueron informados oralmente de las características y objetivos del estudio, luego de lo cual leyeron y firmaron un consentimiento informado.

Se tuvieron en cuenta los siguientes criterios de inclusión: i) tener ficha médica vigente; ii) tener al menos dos años de experiencia como jugador de baloncesto federado; iii) no presentar ningún tipo de lesión o patología, que pueda afectar los resultados del estudio; iv) no estar consumiendo drogas que puedan afectar el rendimiento deportivo; v) no ser fumador; vi) no realizar otro tipo de entrenamiento o deporte, fuera del establecido en la intervención experimental.

Utilizando muestreo por conveniencia, los sujetos fueron divididos ~~en forma no aleatoria~~ en dos grupos: experimental (EXP) ($n = 8$; edad = 17.8 ± 0.9 años; IMC = 23.9 kg/m^2) y control (CONT) ($n = 8$; edad = 17.8 ± 0.9 años; IMC = 24.3 kg/m^2). Ambos grupos compiten a un nivel similar, pero entrenan en horarios diferenciados. Esto permitió, desde un punto de vista organizativo, separar y controlar en forma adecuada las diferentes cargas aplicadas. Considerando un nivel de significación de $p = 0.05$, no existen diferencias entre ambos grupos en lo que refiere a edad ($p=0.87$) ni a IMC ($p=0.59$).

Procedimientos

Las evaluaciones e intervención experimental fueron llevadas adelante en el mes de junio de 2021; en dicho mesociclo los jugadores se encontraban en un período de pretemporada, y no participaron de ninguna instancia de competencia o encuentro amistoso con otros equipos. Todos los jugadores asistieron al menos al 85% de las sesiones de entrenamiento planificadas durante el mesociclo de intervención.

Evaluaciones

El sábado previo al comienzo de la intervención experimental, se midieron las siguientes variables en todos los deportistas: i) Altura y masa, para determinación del IMC. La altura fue medida utilizando un estadiómetro SECA 213 (SECA, Alemania), con precisión de 1mm; la masa fue determinada utilizando una balanza SAGAS (TPR - 200, Perú) con precisión de 100g. En ambos casos se utilizó la técnica descrita por la Sociedad Internacional para el Avance de la Cineantropometría (*International Society for the Advancement of Kinanthropometry*, ISAK); ii) Altura máxima en CMJ. Para este propósito se utilizó una plataforma de salto DMJUMP®2.5 (DMJump, Chile). Sin realización de ejercicios de entrada en calor previos, los sujetos ejecutaron tres saltos, con dos minutos de pausa pasiva entre ellos. Desde una posición erguida y sin sacar las manos de la cintura, los jugadores realizaron un rápido movimiento descendente hasta alcanzar una flexión de rodillas de 90°, seguido inmediatamente de un máximo esfuerzo ascendente para alcanzar la máxima altura, según protocolo descrito por Bosco et al. (1983). A los efectos de este trabajo, se tomó como válido el mejor intento de los tres; iii) Rendimiento en el TaT. Se utilizó una versión del protocolo descrito por Semenick (1990), modificando las unidades de medida de yardas a metros, en forma similar a lo descrito por Raya et al. (2013). Desde la posición de salida (A), los sujetos se desplazaban a máxima velocidad hasta el cono central (B); luego mediante desplazamiento lateral hasta el cono ubicado 5m a la derecha (C); a continuación con desplazamiento lateral hasta el cono (D), ubicado 10m a la izquierda; regresaban con desplazamiento lateral hasta el cono central (B); corriendo finalmente hacia atrás hasta cruzar la línea de partida (A) (figura 1). Esta prueba fue realizada en la cancha de entrenamiento regular de los jugadores, *a posteriori* de la realización de los test CMJ. Los mismos además utilizaron el calzado habitual de entrenamiento. Para la determinación del tiempo se utilizó un cronómetro manual CASIO, modelo IP2810. Previo a la ejecución, los jugadores realizaron una entrada en calor estandarizada de 20min de duración, que incluyó movilidad articular, estiramientos dinámicos, saltos, trotes y aceleraciones. Solo se realizó un intento por deportista.

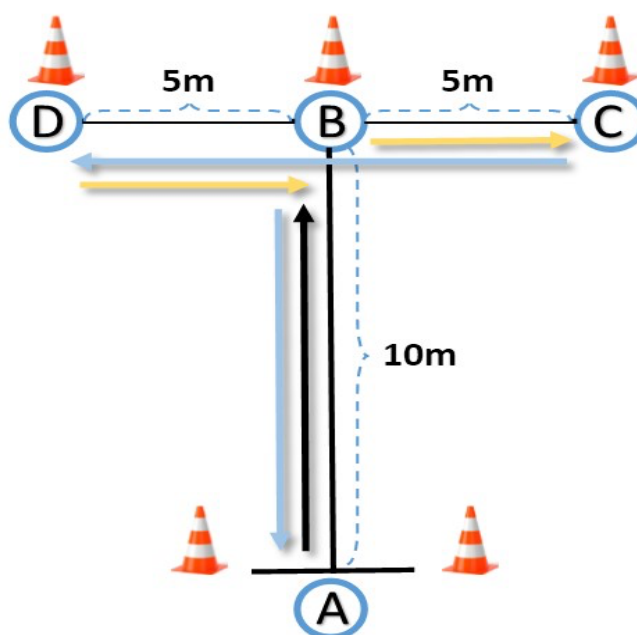


Figura 1. Representación esquemática del Test de agilidad T

Todos los test fueron realizados en el horario habitual de entrenamiento de los jugadores. Se llevaron a cabo en las instalaciones del club correspondiente, que cuenta con cancha cerrada.

Los días sábados, luego de cada uno de los cuatro MiCs que duró la intervención, se repitieron los test CMJ y TaT, en exactamente las mismas condiciones descritas. Se les insistió a los jugadores en la importancia de un adecuado descanso, la noche previa a cada una de las instancias de evaluación. Adicionalmente, y aunque no fue controlado, se les pidió que no modificaran sus hábitos alimenticios durante el tiempo que duró el estudio. La investigación se llevó a cabo respetando los principios éticos establecidos en la declaración de Helsinki (Rev.2008).

Intervención experimental

Durante el mesociclo de intervención, tanto los sujetos del grupo EXP como CONT realizaron 5 sesiones por semana. Todas las sesiones de entrenamiento comenzaron con un calentamiento estandarizado de 15 minutos basados en: trote, habilidades técnicas (dribbling de balón y bandejas), ejercicios de ofensiva en toda la cancha (ej. ejercicios de 3 contra 0; 3 contra 2; y 3 contra 3) y ejercicios de estiramiento dinámico.

Los días lunes, martes, jueves y viernes, cada una de las sesiones incluyó, además de la entrada en calor y vuelta a la calma, ejercicios de preparación física (60 minutos aproximadamente) y posteriormente entrenamiento técnico-táctico (60 minutos aproximadamente). Los días miércoles, los jugadores realizaron únicamente entrenamiento técnico-táctico, con una duración de 120 minutos aproximadamente. Todos los entrenamientos fueron dirigidos y/o supervisados por dos de los autores del presente estudio (A.M y B.C.).

Tanto en el caso del entrenamiento técnico-táctico como del entrenamiento físico, las actividades realizadas fueron similares en ambos grupos, pero las cargas de entrenamiento fueron diferenciadas considerando su sRPE. En el grupo EXP, los componentes de la carga (particularmente en términos de intensidad y densidad) fueron planificados, y luego ajustados durante el transcurrir de la intervención, de tal forma de lograr un incremento en la intensidad promedio semanal (en términos de UA) que fuera incrementándose alrededor de un 20 a 25%, en comparación con el MiC inmediatamente precedente.

En concordancia con Aoki et al. (2017), el aumento en la intensidad de la sesión de entrenamiento se da principalmente debido al aumento de acciones que requieren cambios de dirección, aceleraciones y desaceleraciones, sprints y otras acciones específicas relacionadas con la especificidad del deporte. En base a esto, las sesiones de entrenamiento del grupo EXP fueron planificadas con mayor volumen de trabajo, particularmente de ejercicios que involucraran este tipo de acciones de alta intensidad.

El entrenamiento técnico-táctico consistió fundamentalmente en ejercicios sin oposición (2 vs 0 a 5 vs 0) enfocados en aspectos ofensivos; ejercicios tácticos con oposición (1 contra 1 a 4 contra 4) centrados en aspectos defensivos y ejercicios técnicos (por ejemplo, tiro, pase). En el grupo EXP, la intensidad y el volumen se manipularon constantemente utilizando las respuestas y el control diario mediante el sRPE. Dicha manipulación incluyó cambios en la relación entre el trabajo y la recuperación dentro y entre los ejercicios, variando el número de jugadores que realizan ejercicios de scrimmage en toda la cancha, así como el cambio estratégico en las reglas (entre otros, variando el

tamaño del terreno de juego, el número de jugadores, juego con o sin tiros libres, y/o inclusión de sprint repetidos después de una situación de juego determinada).

Además, se planificó un aumento de la carga e intensidad de las sesiones de entrenamiento de sobrecarga. Se buscó de esta forma potenciar los procesos de fatiga en los jugadores este grupo a lo largo del mesociclo de entrenamiento.

Por otra parte, las cargas de entrenamiento en las sesiones del grupo CONT fueron ajustadas de forma tal que la intensidad promedio semanal (en términos de UA) fuera similar, durante todo el mesociclo, a la intensidad aplicada al grupo EXP durante el primer MiC, y se mantuviera constante a lo largo de toda la intervención. De esta forma, se procuró que la baja intensidad promedio aplicada a los deportistas del grupo CONT no generara efectos de fatiga acumulada a lo largo de todo el mesociclo de entrenamiento.

La planificación de las cargas de entrenamiento físico a lo largo del mesociclo de intervención, y el control de cargas que se utilizó durante la misma para los grupos EXP y CONT, se pueden ver en la tabla 1.

Todas las sesiones se realizaron en el mismo centro de entrenamiento, con una temperatura ambiente que osciló entre los 11° y 20° y un porcentaje de humedad entre un 78% y 82% durante el tiempo que duró la intervención. Durante las sesiones se permitió el estímulo verbal habitual del entrenador principal y los miembros del personal.

Tabla 1

Planificación de las cargas de entrenamiento físico durante el mesociclo de intervención

	EXP	CONT
Microciclo 1		
Lunes	Push MMII 3 x 8-10 x 60-70% 1RM; Pull MMSS 3 x 8 x 60-70% 1RM Sprint 15'' x 30'' pausa pasiva Carrera 2 x 6min x 70m	Push MMII 3 x 8-10 x 60-70% 1RM; Pull MMSS 3 x 8 x 60-70% 1RM Sprint 15'' x 30'' pausa pasiva Carrera 2 x 6min x 70m
Martes	Push MMSS 3 x 8-10 x 60-70% 1RM; Pull MMII 3 x 8 x 60-70% 1RM Sprint 15'' x 30'' pausa pasiva Carrera 2 x 6min x 70m	Push MMSS 3 x 8-10 x 60-70% 1RM; Pull MMII 3 x 8 x 60-70% 1RM Sprint 15'' x 30'' pausa pasiva Carrera 2 x 6min x 70m
Jueves	Push MMSS 3 x 8-10 x 60-70% 1RM; Pull MMII 3 x 8 x 60-70% 1RM Sprint 15'' x 30'' pausa pasiva Carrera 2 x 6min x 70m	Push MMII 3 x 8-10 x 60-70% 1RM; Pull MMSS 3 x 8 x 60-70% 1RM Sprint 15'' x 30'' pausa pasiva Carrera 2 x 6min x 70m
Viernes	Push MMSS 3 x 8-10 x 60-70% 1RM; Pull MMII 3 x 8 x 60-70% 1RM Sprint 15'' x 30'' pausa pasiva Carrera 2 x 6min x 70mts	Push MMSS 3 x 8-10 x 60-70% 1RM; Pull MMII 3 x 8 x 60-70% 1RM Sprint 15'' x 30'' pausa pasiva Carrera 2 x 6min x 70m
Microciclo 2		
Lunes	Push MMII 4 x 8-10 x 60-70% 1RM; Pull MMSS 4 x 8 x 60-70% 1RM Sprint 15" X 15" pausa pasiva Carrera 2 x 7min x 70m	Push MMII 3 x 8-10 x 60-70% 1RM; Pull MMSS 3 x 8 x 60-70% 1RM Sprint 15'' x 30'' pausa pasiva Carrera 2 x 6min x 70m
Martes	Push MMSS 4 x 8-10 x 60-70% 1RM; Pull MMII 4 x 8 x 60-70% 1RM	Push MMSS 3 x 8-10 x 60-70% 1RM; Pull MMII 3 x 8reps x 60-70% 1RM

	Sprint 10" x 20" pausa pasiva Carrera 3x 6min x 70m	Sprint 15'' x 30'' pausa pasiva Carrera 2 x 6min x 70m
Jueves	Push MMII 4 x 8-10 x 60-70% 1RM; Pull MMSS 4 x 8 x 60-70% 1RM	Push MMII 3 x 8-10 x 60-70% 1RM; Pull MMSS 3 x 8 x 60-70% 1RM
	Sprint 15" X 15" pausa pasiva Carrera 2 x 7min x 70m	Sprint 15'' x 30'' pausa pasiva Carrera 2 x 6min x 70m
Viernes	Push MMSS 4 x 8-10 x 60-70% 1RM; Pull MMII 4 x 8 x 60-70% 1RM	Push MMSS 3 x 8-10 x 60-70% 1RM; Pull MMII 3 x 8 x 60-70% 1RM
	Sprint 10" x 20" pausa pasiva Carrera 3x 6min x 70m	Sprint 15'' x 30'' pausa pasiva Carrera 2 x 6min x 70m

Microciclo 3

Lunes	Push MMII 5x 8-10 x 60-70% 1RM; Pull MMSS 5 x 8 x 60-70% 1RM	Push MMII 3 x 8-10 x 60-70% 1RM; Pull MMSS 3 x 8 x 60-70% 1RM
	Sprint 15"X15" pausa pasiva Carrera 2 x 8 min- 35m ida y vuelta	Sprint 15'' x 30'' pausa pasiva Carrera 2 x 6min x 70m
Martes	Push MMSS 5 x 8-10 x 60-70% 1RM; Pull MMII 5 x 8 x 60-70% 1RM	Push MMSS 3 x 8-10 x 60-70% 1RM; Pull MMII 3 x 8 x 60-70% 1RM
	Sprint 10" x 10" pausa pasiva Carrera 4 x 4 min 60m	Sprint 15'' x 30'' pausa pasiva Carrera 2 x 6min x 70m
Jueves	Push MMII 5x 8-10 x 60-70% 1RM; Pull MMSS 5 x 8 x 60-70% 1RM	Push MMII 3 x 8-10 x 60-70% 1RM; Pull MMSS 3 x 8 x 60-70% 1RM
	Sprint 15"X15" pausa pasiva Carrera 2 x 8 min- 35 mts ida y vuelta	Sprint 15'' x 30'' pausa pasiva Carrera 2 x 6min x 70m
Viernes	Push MMSS 5 x 8-10 x 60-70% 1RM; Pull MMII 5 x 8 x 60-70% 1RM	Push MMSS 3 x 8-10 x 60-70% 1RM; Pull MMII 3 x 8 x 60-70% 1RM
	Sprint 10" x 10" pausa pasiva Carrera 4 x 4 min x 60m	Sprint 15'' x 30'' pausa pasiva Carrera 2 x 6min x 70m

Microciclo 4

Lunes	Push MMII 6 x 8-10 x 60-70% 1RM; Pull MMSS 3 x 8 x 60-70% 1RM	Push MMII 3 x 8-10 x 60-70% 1RM; Pull MMSS 3 x 8 x 60-70% 1RM
	Sprint 10"x10" pausa pasiva Carrera 4 x 6 min x 55m	Sprint 15'' x 30'' pausa pasiva Carrera 2 x 6min x 70m
Martes	Push MMSS 6 x 8-10 x 60-70% 1RM; Pull MMII 3 x 8 x 60-70% 1RM	Push MMSS 3 x 8-10 x 60-70% 1RM; Pull MMII 3 x 8 x 60-70% 1RM
	Sprint 5" x 5" pausa pasiva Carrera 4 x 4 min 40m	Sprint 15'' x 30'' pausa pasiva Carrera 2 x 6min x 70m
Jueves	Push MMII 6 x 8-10reps x 60-70% 1RM; Pull MMSS 3 x 8reps x 60-70% 1RM	Push MMII 3 x 8-10reps x 60-70% 1RM; Pull MMSS 3 x 8reps x 60-70% 1RM
	Sprint 10"X10" pausa pasiva Carrera 4 x 6 min x 55m	Sprint 15'' x 30'' pausa pasiva Carrera 2 x 6min x 70m
Viernes	Push MMSS 6 x 8-10 x 60-70% 1RM; Pull MMII 3 x 8 x 60-70% 1RM	Push MMSS 3 x 8-10 x 60-70% 1RM; Pull MMII 3 x 8 x 60-70% 1RM
	Sprint 5" x 5" pausa pasiva Carrera 4 x 4 min x 40m	Sprint 15'' x 30'' pausa pasiva Carrera 2 x 6min x 70m

Nota: las cargas de entrenamiento se expresan como series – repeticiones – intensidad. Abreviaciones: EXP = grupo experimental; CONT = grupo control; RM = repetición máxima; MMII = miembros inferiores; MMSS = miembros superiores.

Cuantificación de las UA de la sesión

Después de finalizada la sesión, se le pidió a cada jugador que mencionara la

intensidad de esfuerzo percibida para la totalidad de la misma, utilizando para esto la escala RPE modificada de Borg (1982). Siguiendo los procedimientos utilizados por Lupo et al. (2017), quienes trabajaron con una población similar a la del presente estudio, este valor se recopiló aproximadamente 30 minutos posterior a finalizar cada sesión. Este período de tiempo se considera necesario, para evitar que los sujetos se vean influenciados por la intensidad de las cargas de entrenamiento aplicadas durante los últimos minutos de la sesión. De esta forma, el jugador puede calificar la totalidad de la sesión con una mayor “perspectiva”, disminuyendo de esa forma el sesgo.

Al valor obtenido, se lo multiplicó por la duración de la sesión (en minutos) para obtener un valor en UA. Con estos datos se obtuvo el promedio de carga de entrenamiento del microciclo, para cada participante.

La duración de cada sesión se registró individualmente, incluidos los períodos de descanso intra e inter-ejercicios, pero excluyendo la duración de los ejercicios de acondicionamiento previo o de vuelta a la calma. Todos los jugadores estaban familiarizados con el uso del RPE modificado, porque lo había utilizado en entrenamientos previos; aunque esta es la primera vez que la utilizaban para estimar la intensidad de toda la sesión (sRPE).

Análisis estadístico de los datos

Se realizó un análisis descriptivo básico de los datos obtenidos, expresados como media \pm desviación estándar. Los datos de las evaluaciones previas a la intervención experimental para cada grupo (EXP y CONT), fueron sometidos a prueba t de Student para datos independientes, previa comprobación de los supuestos de homogeneidad de varianza (mediante test de Levene), y de normalidad (mediante prueba de Shapiro-Wilk). En caso de no comprobarse estos supuestos, se utilizó la prueba estadística u de Mann-Whitney-Wilcoxon.

Los datos obtenidos para ambos grupos, en las sucesivas evaluaciones CMJ y TaT, fueron analizados mediante la prueba ANOVA de un factor de medidas repetidas, para establecer posibles diferencias entre las medias observadas. En caso de comprobarse una diferencia estadísticamente significativa, se realizó la comprobación Post-Hoc para determinar a qué nivel o niveles se verificaba dicha diferencia.

Para la determinación de la correlación entre la carga de entrenamiento, y la altura de salto en CMJ y el tiempo requerido en el TaT, se utilizó la prueba r de Pearson, previa determinación de normalidad mediante prueba de Shapiro – Wilk.

Para todos los casos, se estableció un nivel de significación $\alpha = 0.05$ Para el análisis estadístico se utilizó el software libre JASP 0.16.1 (Universidad de Ámsterdam).

Resultados

Características de la muestra pre-intervención

En la tabla 2 se presentan las características de la muestra estudiada. Previo al comienzo de la intervención no existían diferencias significativas ($p > 0.05$) en cuanto a la edad, altura y masa de los participantes.

Tabla 2
Características de la muestra pre-intervención

	EXP	CONT	p- valor
Edad (años)	17.8 ± 0.9	17.8 ± 0.9	-
Altura (cm)	181,8 ± 8,9	182,8 ± 12,3	0.483 ⁺
Masa (kg)	78,9 ± 12,7	81,3 ± 8,6	0.105*

Nota: en todos los casos se estableció un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$; ⁺ = t de Student para datos independientes; * = u de Mann-Whitney. Abreviaciones: EXP = grupo experimental; CONT = grupo control.

En la tabla 3 se observan los resultados del TaT y CMJ, para los grupos EXP y CONT, previo a la intervención experimental. Entre ambos grupos no hubo una diferencia significativa ($p > 0.05$) en lo que atañe al rendimiento en el primer test mencionado. No obstante, se verifica una diferencia significativa ($p \leq 0.05$) entre ambos grupos en el rendimiento en CMJ, a favor del grupo EXP (39.7cm EXP vs 32.8cm CONT).

Tabla 1
Rendimiento en los Test de agilidad T y CMJ previo a la intervención

	EXP	CONT	p- valor
TaT (s)	8.2 ± 0.7	8.3 ± 1.2	0.629 ⁺
CMJ (cm)	39.7 ± 6.5	32.8 ± 3.7	0.021 ⁺

Nota: en todos los casos se estableció un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$; ⁺ = t de Student para datos independientes; * = test de Mann-Whitney. Abreviaciones: EXP = experimental; CONT = control; CMJ = test de Salto con Contramovimiento (*Counter Movement Jump*); TaT = Test de agilidad T.

Cargas de entrenamiento utilizadas

En la tabla 4 se presentan los registros de volumen, sRPE y UA promedios de cada sesión, individualizados por MiC de entrenamiento, para ambos grupos. En el grupo EXP, a partir del MiC 1, se verifica un incremento en la carga promedio de sesión para dicha semana (medido en UA) de 19.6% (micro 1 al 2), 26,6% (micro 2 al 3) y 12% (micro 3 al 4). En el grupo CONT, las diferencias en las cargas aplicadas semana a semana fueron de -1,6% (micro 1 al 2), 0% (micro 2 al 3) y 0.5% (micro 3 al 4). En este último grupo, y acorde con lo que fuera planificado, no hubo diferencias significativas entre los cuatro MiC de entrenamiento ($p > 0.05$).

Tabla 4

Registro de volumen, sRPE y UA promedios de sesión, para cada microciclo de entrenamiento

	EXP	CONT
		Microciclo 1
Volumen (min)	120 ± 0.0	120
sRPE	4.9 ± 0.2	4.7 ± 0.3
UA	594 ± 20.1	564 ± 34.5
		Microciclo 2
Volumen (min)	120 ± 0.0	120 ± 0.0
sRPE	5,9 ± 0.2	4,6 ± 0.4
UA	711 ± 25.1	555 ± 42.5
		Microciclo 3
Volumen (min)	120 ± 0.0	120 ± 0.0
sRPE	7,5 ± 0.9	4,6 ± 0.4
UA	900 ± 37.9	555 ± 42.5
		Microciclo 4
Volumen (min)	120 ± 0.0	120 ± 0.0
sRPE	8,4 ± 0.4	4,6 ± 0.3
UA	1008 ± 49.2	552 ± 39.1

Nota: Abreviaciones: EXP = grupo experimental; CONT = grupo control; sRPE = sensación subjetiva de esfuerzo de sesión; UA = unidades arbitrarias

Rendimiento en el test CMJ

En la tabla 5 y en la figura 2 se presentan los resultados del rendimiento en el CMJ para los grupos EXP y CONT, pre e intra-intervención. En EXP se observa un descenso sistemático de los valores a medida que transcurren los MiCs. Se verifica asimismo una diferencia significativa en dichos resultados ($p \leq 0.05$) en la prueba de ANOVA. Comparando el valor final (al finalizar el MiC 4) con el valor pre-intervención, se verifica una disminución del 16% en la altura de salto. En cuanto al grupo CONT, aunque se observa una tendencia al descenso en el rendimiento, éste es menos marcado que para el grupo EXP, sin evidenciarse una diferencia estadísticamente significativa ($p > 0.05$) entre los resultados.

Tabla 2
Resultados del test de CMJ pre e intra-intervención

	Inicial	Micro 1	Micro 2	Micro 3	Micro 4	p-valor
EXP	39.7 ± 6.5	37.9 ± 6.4	36.1 ± 6.0	34.8 ± 6.3	33.3 ± 6.3	< 0.001
CONT	32.8 ± 3.7	31.6 ± 3.8	32.2 ± 3.8	31.8 ± 3.7	30.3 ± 4.1	0.058*

Nota: Se utilizó la prueba ANOVA de un factor de medidas repetidas; en todos los casos se estableció un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$. * = se utilizó la corrección de Greenhouse-Geisser, dado que los datos no cumplieron el supuesto de esfericidad. Inicial = valor previo a la intervención; Micro = valor tomado al finalizar el microciclo correspondiente. Abreviaciones: CMJ = test de Salto con Contramovimiento (Counter Movement Jump).

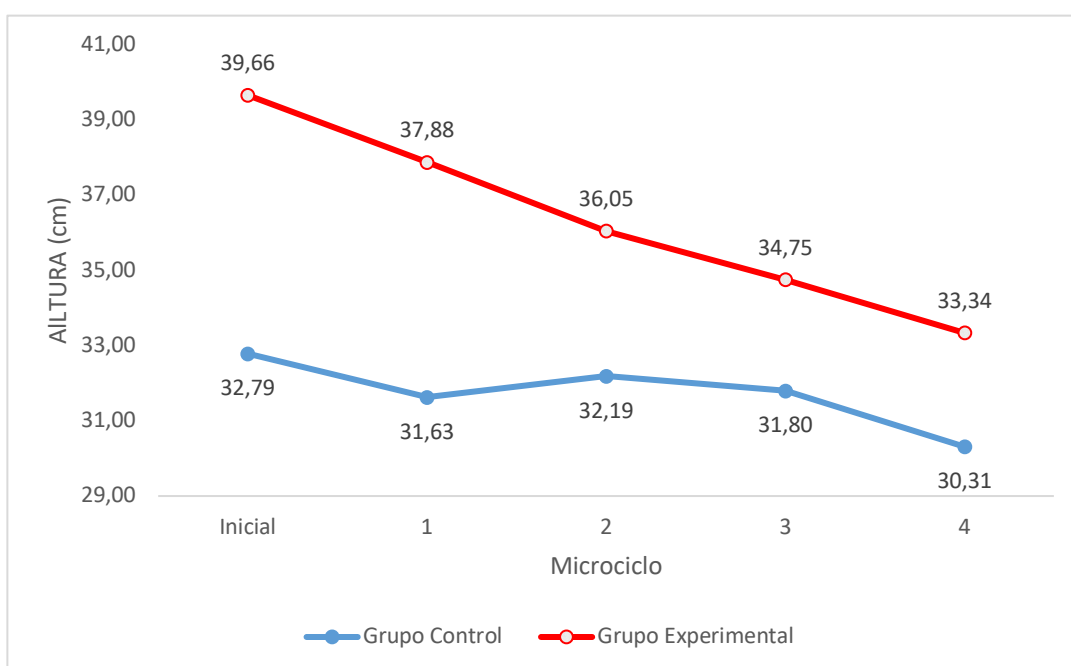


Figura 2. Rendimiento en el test CMJ para los grupos Experimental y Control

En la tabla 6 se presenta la prueba Post-Hoc realizada al grupo EXP. En la misma, se observa que existe una diferencia estadísticamente significativa ($p \leq 0.05$) al comparar cada uno de los MiCs considerados.

En la figura 3 se muestra la correlación entre la altura promedio alcanzada en el CMJ y la carga de entrenamiento promedio (UA) aplicada en la sesión del MiC correspondiente. Se verificó una correlación significativa ($p < 0.001$) de $r = -0.589$. La misma, siguiendo la clasificación de Goss-Sampson (2019) se interpreta como moderada ($0.4 < r \leq 0.6$)

Tabla 3

Comparación Post-Hoc en el rendimiento del test CMJ, para el Grupo Experimental

		Promedio de diferencias (cm)	p-valor
Inicial	Micro 1	1.8 ± 0.4	< 0.001
	Micro 2	3.7 ± 0.4	< 0.001
	Micro 3	4.9 ± 0.4	< 0.001
	Micro 4	6.4 ± 0.4	< 0.001
Micro 1	Micro 2	1.8 ± 0.4	< 0.001
	Micro 3	3.1 ± 0.4	< 0.001
	Micro 4	4.5 ± 0.4	< 0.001
Micro 2	Micro 3	1.3 ± 0.4	0.005
	Micro 4	2.7 ± 0.4	< 0.001
Micro 3	Micro 4	1.4 ± 0.4	0.005

Nota: Se utilizó la prueba de Holm – Bonferroni. En todos los casos se estableció un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$. Inicial = valor previo a la intervención experimental; Micro = valor tomado al finalizar el microciclo correspondiente.

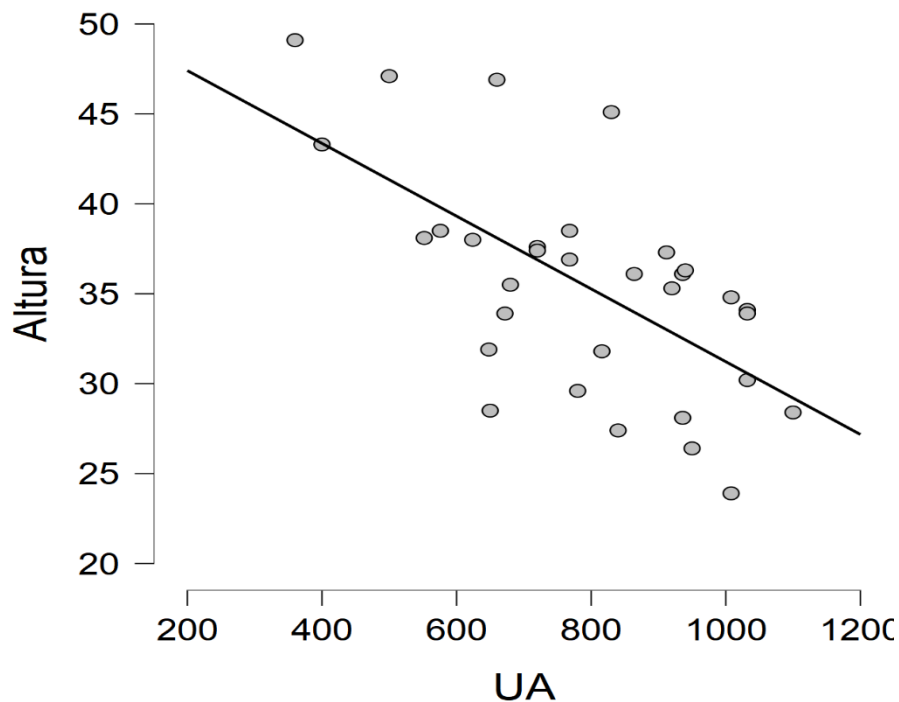


Figura 3. Rendimiento en CMJ en función de la carga aplicada.

Nota: Se consideraron los datos únicamente del grupo EXP. UA = carga promedio de entrenamiento de la sesión durante un determinado microciclo.

Rendimiento en el test de agilidad T

En la tabla 7 y en la figura 4 se presentan los resultados del rendimiento en el TaT para los grupos EXP y CONT. En ambos, se observa una tendencia al incremento en el tiempo demandado para la finalización de la prueba (es decir, una reducción en el rendimiento), más marcado en el grupo EXP que en CONT. En ambos casos, se verificó una diferencia estadísticamente significativa ($p \leq 0.05$) al comparar los resultados de las diferentes instancias de evaluación, mediante prueba de ANOVA.

Tabla 4
Resultados del Test de agilidad T pre e intra-intervención

	Inicial	Micro 1	Micro 2	Micro 3	Micro 4	p-valor
EXP	8.2 ± 0.7	8.4 ± 0.7	8.9 ± 0.8	10.1 ± 1.3	11.2 ± 1.5	< 0.001*
CONT	8.4 ± 1.3	8.3 ± 1.2	8.6 ± 1.1	8.7 ± 0.9	9.3 ± 0.9	0.003*

Nota: Se utilizó la prueba ANOVA de un factor de medidas repetidas; en todos los casos se estableció un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$. * = se utilizó la corrección de Greenhouse-Geisser, dado que los datos no cumplieron el supuesto de esfericidad. Inicial = valor previo a la intervención; Micro = valor tomado al finalizar el microciclo correspondiente. Abreviaciones: EXP = grupo experimental; CONT = grupo control.

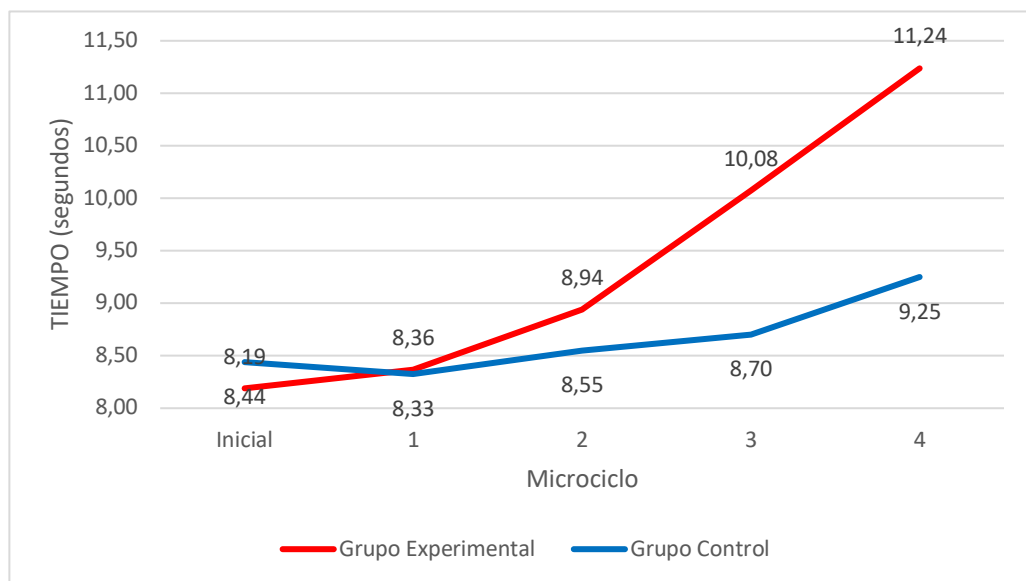


Figura 4. Rendimiento en el Test de agilidad T

La prueba Post-Hoc para ambos grupos se puede observar en la tabla 8 (grupo EXP) y en la tabla 9 (grupo CONT). En el primer caso, se observa que, con excepción del MiC 1 al compararlo con el valor inicial, hay una reducción estadísticamente significativa en el rendimiento en las sucesivas evaluaciones consideradas, respecto a los resultados del MiC inmediatamente precedente. En el grupo CONT, por el contrario, únicamente se verifica una reducción significativa en el rendimiento en el test realizado en el MiC 4 en comparación con el resultado obtenido en el MiC 3.

Tabla 5
Prueba Post-Hoc en el rendimiento del Test de agilidad T, para el grupo experimental

		Promedio de diferencias (s)	p-valor
Valor Inicial	Micro 1	-0.18 ± 0.3	0.498
	Micro 2	-0.8 ± 0.3	0.020
	Micro 3	-1.9 ± 0.3	< 0.001
	Micro 4	-3.1 ± 0.3	< 0.001
Micro 1	Micro 2	-0.575 ± 0.3	0.064
	Micro 3	-1.7 ± 0.3	< 0.001
	Micro 4	-2.9 ± 0.3	< 0.001
Micro 2	Micro 3	-1.1 ± 0.3	< 0.001
	Micro 4	-2.3 ± 0.3	< 0.001
Micro 3	Micro 4	-1.2 ± 0.3	< 0.001

Nota: Se utilizó la prueba de Holm. En todos los casos se estableció un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$. Valor Inicial = valor previo a la intervención experimental; Micro = valor tomado al finalizar el microciclo correspondiente.

Tabla 9
Comparación Post-Hoc en el rendimiento en el Test de agilidad T, para el grupo control

		Promedio de diferencias (s)	p-valor
Valor Inicial	Micro 1	0.1 ± 0.2	0.989
	Micro 2	-0.1 ± 0.2	0.989
	Micro 3	-0.3 ± 0.2	0.468
	Micro 4	-0.8 ± 0.2	< 0.001
Micro 1	Micro 2	-0.2 ± 0.2	0.592
	Micro 3	-0.4 ± 0.2	0.117
	Micro 4	-0.9 ± 0.2	< 0.001
Micro 2	Micro 3	-0.2 ± 0.2	0.989
	Micro 4	-0.7 ± 0.2	< 0.001
Micro 3	Micro 4	-0.6 ± 0.2	0.008

Nota: Se utilizó la prueba de Holm. En todos los casos se estableció un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$. Valor Inicial = valor previo a la intervención experimental; Micro = valor tomado al finalizar el microciclo correspondiente.

En la figura 5 se observa la correlación entre el rendimiento en el TaT y la carga de entrenamiento promedio de sesión, aplicada durante cada MiC. Se verificó una correlación positiva de $r = 0.683$, estadísticamente significativa ($p < 0.001$), que se interpreta siguiendo la clasificación de Goss-Sampson (2019) como alta ($0.6 < r \leq 0.8$).

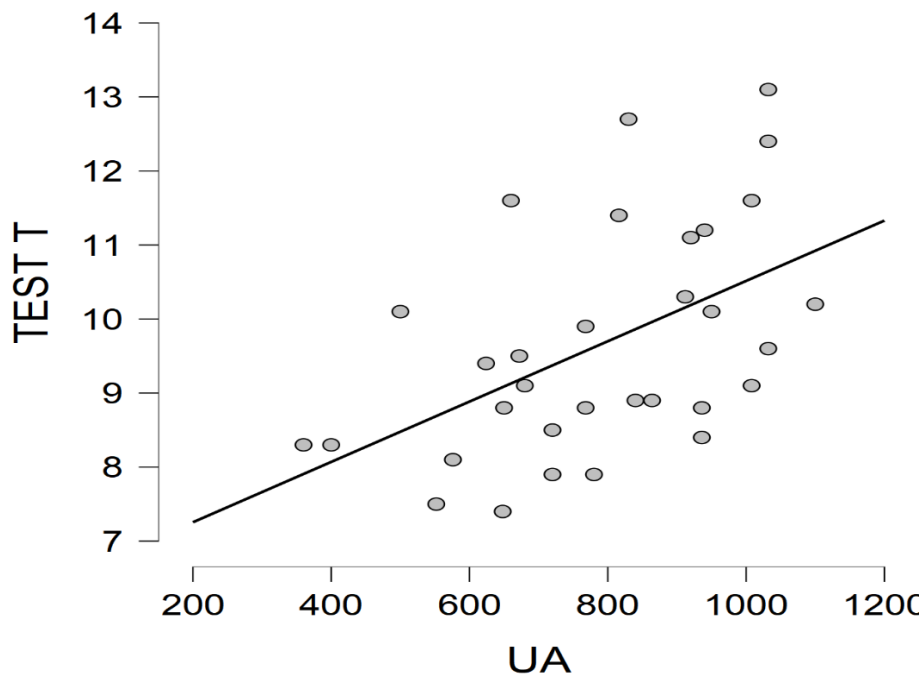


Figura 5. Rendimiento en el TaT en función de la carga aplicada.

Nota: Se consideraron únicamente los resultados del grupo experimental. UA = carga promedio de sesión para el microciclo correspondiente, expresado como unidades arbitrarias.

Discusión

En el presente trabajo se investigó la posible utilidad de los test CMJ y TaT, como indicadores indirectos de fatiga acumulada durante un mesociclo de entrenamiento, en jugadores masculinos juveniles de baloncesto. Hasta dónde llega nuestro conocimiento, este es el primer estudio que reúne estas características. Una limitación importante de los trabajos de intervención de entrenamiento es la falta de un grupo de control (Loturco et al., 2017); por tal motivo, consideramos relevante de nuestro trabajo el haber contado con dicho grupo.

Previo al comienzo de la intervención, se determinó una diferencia significativa entre grupos en cuanto al rendimiento en CMJ: el grupo EXP mostró un rendimiento promedio en dicho test significativamente superior ($p \leq 0.05$) a la media observada para CONT (EXP = 39,7 cm vs CONT = 32,8 cm). Considerando el propósito de este trabajo, entendemos no obstante que dicha diferencia no afecta las conclusiones derivadas del mismo.

Después de la intervención, los resultados obtenidos en EXP, dieron cuenta de un descenso significativo en el rendimiento tanto para el test CMJ como para TaT, a medida que transcurren los MiCs de entrenamiento. Para el caso de CONT, no se observó dicha pérdida de rendimiento en CMJ; mientras en TaT, la pérdida de rendimiento únicamente fue significativa en el test realizado al finalizar el cuarto MiC. Dado que ambos grupos entrenaron en las mismas condiciones, es de suponer que este comportamiento en las variables de rendimiento tiene como fenómeno causal la diferencia en las cargas aplicadas. A este respecto, pensamos que la significativa pérdida de rendimiento en el grupo EXP estaría asociada a un proceso de fatiga acumulada a lo largo del mesociclo de entrenamiento.

En el estudio de Deletrax et al. (2012), se observaron disminuciones significativas en el rendimiento en CMJ del 12,6% al 19,6% pre vs. post sesión inmediata, durante una semana competitiva. En comparación, en nuestro trabajo los resultados indicaron un porcentaje de pérdida de rendimiento en CMJ de 16,1%, comparando el rendimiento al final del MiC 4 con los valores pre-intervención. Dado que la pérdida de rendimiento en ambos trabajos fue similar, nos lleva a sugerir que el CMJ podría presentar una sensibilidad similar para detectar procesos de fatiga tanto aguda (post-sesión) como crónica (post-mesociclo).

Otros trabajos han analizado la relación entre carga de entrenamiento aplicada a lo largo de varios MiCs de entrenamiento y el rendimiento en CMJ, aunque con resultados no concluyentes. En el trabajo de Freitas et al. (2018), se observó que cuando se acumulaban altas cargas de entrenamiento el rendimiento en CMJ mostraba un descenso, en comparación con lo observado en períodos de aplicación de cargas menos estresantes. Estos resultados están en concordancia con lo hallado en el presente trabajo. Por otra parte y en sentido contrario, en el trabajo de Freitas et al. (2014), después de un período precompetitivo en el cual se aplicaron incrementos progresivos de cargas a jugadores de volleyball, se concluyó que el rendimiento en CMJ no es una variable sensible para la determinación de fatiga acumulada. Con respecto al TaT, si bien hasta donde conocemos no se ha utilizado como indicador indirecto de fatiga, se ha observado que otros test de agilidad con características similares (ej. *arrowhead agility test*) son sensibles a la fatiga post-competencia (Rago et al., 2020); aunque desconocemos su sensibilidad para detectar fatiga acumulada. Más estudios en esta área son necesarios.

Se ha justificado la pérdida de rendimiento en CMJ con acumulación de productos metabólicos en plasma, entre ellos CK (Hagstrom et al., 2018), lactato y amonio (Jiménez-Reyes et al., 2011). Sin embargo, dado que en este estudio se realizó cada test después de un período prolongado de descanso, es de suponer que dichos productos no están afectando el rendimiento; ya que se esperaría que sus valores hayan descendido hasta la normalidad al momento de ejecutar la prueba. Esto hace pensar que el fenómeno fisiológico expresado por Jiménez-Reyes et al. (2011), no sería adecuado para explicar a nivel fisiológico lo acontecido en el presente estudio.

En este trabajo, las bajas cargas aplicadas al grupo CONT (que promediaron 557 UA por sesión, a lo largo de todo el mesociclo de entrenamiento) tuvieron como propósito evitar la acumulación de fatiga. Surge como interrogante, consecuentemente, la pérdida significativa de rendimiento experimentada por este grupo para TaT, en el MiC 4 en comparación con el MiC 3. Se podría hipotetizar con que esto está relacionado con un proceso de pérdida de forma deportiva, secundario a las bajas cargas aplicadas, después de cuatro semanas de entrenamiento de baja intensidad.

No obstante, entendemos que esto no sería una justificación convincente de este fenómeno observado, dado que debido a las restricciones impuestas por la pandemia ocasionada por COVID-19, los jugadores comenzaron la intervención después de un prolongado período de inactividad. Podemos especular, por tanto, con que su nivel de forma deportiva se encontraba muy lejos de ser el óptimo, por lo que incluso cargas bajas de entrenamiento deberían representar una adaptación positiva.

Creemos más pertinente pensar que este fenómeno podría deberse, a pesar de las bajas cargas, a un eventual proceso de fatiga acumulada al finalizar el mesociclo, quizá causado por una posible incorrecta planificación en la periodización o descansos en el programa aplicado. De todas formas, dada la escasa cantidad de participantes dentro de cada grupo (n = 8), se requiere cautela al momento de inferir conclusiones.

La detección de procesos de fatiga en el deporte en general, y en el baloncesto en particular, es crucial, ya que la misma no solo se asocia con una pérdida del rendimiento

(físico y mental) de los jugadores, sino también con el incremento en la aparición de lesiones (Walters et al., 2017). La detección temprana de procesos de acumulación de fatiga potencialmente deletéreos se constituye en una herramienta práctica de indudable utilidad para entrenadores, que les permita ajustar y optimizar la planificación de los entrenamientos. En este sentido, entendemos que los hallazgos del presente trabajo representan un aporte, particularmente para entrenadores de baloncesto juvenil.

Conclusiones

Los resultados observados en el presente trabajo parecen indicar que, tanto el test CMJ como TaT son sensibles, y concomitantemente útiles, para la detección de fatiga acumulada en jugadores de baloncesto federados de categoría juvenil. Estos hallazgos son alentadores, en tanto ambos tests presentan una serie de ventajas de consideración, entre ellas: son económicos (en términos de costo y de recursos humanos) y no requieren de una importante organización logística para llevarlos adelante. Entendemos sin embargo deseable, su combinación con otros indicadores objetivos, por ejemplo: variabilidad de la FC, recuperación de la FC post-esfuerzo, indicadores de movimiento, entre otros.

Dadas las limitaciones del presente trabajo, consideramos que estas conclusiones deben ser interpretadas con cautela. Adicionalmente, entendemos que más estudios similares al presente son necesarios.

Referencias

- Abdelkrim, N., Castagna, C., Jabri, I., Battikh, T., El Fazaa, S., y Ati, J. (2010). Activity profile and physiological requirements of junior elite basketball players in relation to aerobic-anaerobic fitness. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(9), 2330-2342.
- Aoki, M.S., Ronda, L.T., Marcelino, P.R., Drago, G., Carling, C., Bradley, P.S. y Moreira, A. (2017). Monitoring training loads in professional basketball players engaged in a periodized training program. *The Journal of Strength y Conditioning Research*, 31(2), 348-358. <http://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001507>
- Balyi, I., Way, R., y Higgs, C. (2013). *Long-term athlete development*. Human Kinetics.
- Boone, J., y Bourgois, J. (2013). Morphological and physiological profile of elite basketball players in Belgium. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 8(6), 630-638. <http://doi.org/10.1123/ijsp.8.6.630>
- Bosco, C., Luhtanen, P., y Komi, P. (1983). A simple method for measurement of mechanical power in jumping. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 50(2), 273-282.
- Chaouachi, A., Brughelli, M., Chamari, K., Levin, GT, Abdelkrim, N.B, Laurencelle, L. y Castagna, C. (2009). Lower limb maximal dynamic strength and agility determinants in elite basketball players. *The Journal of Strength y Conditioning Research*, 23(5), 1570-1577. <http://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181a4e7f0>
- Clarke, N., Farthing, J. P., Norris, S. R., Arnold, B. E., y Lanovaz, J. L. (2013). Quantification of training load in Canadian football: application of session-RPE in collision-based team sports. *The Journal of Strength y Conditioning Research*, 27(8), 2198-2205. <http://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31827e1334>

- de Freitas Cruz, I., Pereira, L.A., Kobal, R., Kitamura, K., Cedra, C., Loturco, I., y Abad, C. C. C. (2018). Perceived training load and jumping responses following nine weeks of a competitive period in young female basketball players. *PeerJ*, 6, 1-13. <https://doi.org/10.7717/peerj.5225>
- Delestrat, A., Trochym, E., y Calleja-Gonzalez, J. (2012). Effect of a typical in-season week on strength jump and sprint performances in national-level female basketball players. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 52(2), 128-136
- Foster, C., Daines, E., Hector, L., Snyder, A. C. y Welsh, R. (1996). Athletic performance in relation to training load. *Wisconsin Medical Journal*, 95(6), 370-374.
- Foster, C., Florhaug, J.A, Franklin, J., Gottschall, L., Hrovatin, L.A, Parker, S., Florhaug, J., Doleshal, P. y Dodge, C. (2001). A new approach to monitoring exercise training. *The Journal of Strength y Conditioning Research*, 15(1), 109-115. <https://doi.org/10.1519/00124278-200102000-00019>
- Freitas, V. H., Nakamura, F. Y., Miloski, B., Samulski, D., y Bara-Filho, M. G. (2014). Sensitivity of physiological and psychological markers to training load intensification in volleyball players. *Journal of Sports Science and Medicine*, 13(3), 571.
- Gathercole, R. J., Sporer, B.C., y Stellingwerff, T. (2015). Countermovement jump performance with increased training loads in elite female rugby athletes. *International Journal of Sports Medicine*, 36(09), 722-728. <https://doi.org/10.1055/s-0035-1547262>
- Gathercole, R. J., Sporer, B. C., Stellingwerff, T., y Sleivert, G. G. (2015). Comparison of the capacity of different jump and sprint field tests to detect neuromuscular fatigue. *The Journal of Strength y Conditioning Research*, 29(9), 2522-2531. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000912>
- Haddad, M., Stylianides, G., Djaoui, L., Dellal, A., y Chamari, K. (2017). Session-RPE method for training load monitoring: validity, ecological usefulness, and influencing factors. *Frontiers in neuroscience*, 11, 612.
- Hagstrom, A.D., y Shorter, K.A. (2018). Creatine kinase, neuromuscular fatigue, and the contact codes of football: A systematic review and meta-analysis of pre-and post-match differences. *European Journal of Sport Science*, 18(9), 1234-1244. <https://doi.org/10.1080/17461391.2018.1480661>
- Jiménez-Reyes, P., Cuadrado-Peñafiel, V., y González-Badillo, J. J. (2011). Analysis of Variables Measured in Vertical Jump Related to Athletic Performance and its Application to Training. *Cultura Ciencia y Deporte*, 6(17), 113-9. <https://doi.org/10.12800/ccd.v6i17.38>
- Jimenez-Reyes, P., Pareja-Blanco, F., Cuadrado-Peñafiel, V., Morcillo, J. A., Párraga, J. A., y González-Badillo, J. J. (2016). Mechanical, metabolic and perceptual response during sprint training. *International Journal of Sports Medicine*, 37(10), 807-812. <https://doi.org/10.1055/s-0042-107251>
- Loturco, I., Pereira, L., Kobal, R., Kitamura, K., Cal A., César C., Marques, G., Guerriero, A., Moraes, J., y Nakamura, F., (2017). Validity and usability of a new system for measuring and monitoring variations in vertical jump performance. *The Journal*

- of *Strength y Conditioning Research*, 31(9), 2579-2585. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002086>
- Lupo, C., Tessitore, A., Gasperi, L., y Gomez, A. R. (2017). Session-RPE for quantifying the load of different youth basketball training sessions. *Biology of sport*, 34(1), 11. <https://doi.org/10.5114/biolSport.2017.63381>
- Manzi, V., D'ottavio, S., Impellizzeri, F. M., Chaouachi, A., Chamari, K., y Castagna, C. (2010). Profile of weekly training load in elite male professional basketball players. *The Journal of Strength y Conditioning Research*, 24(5), 1399-1406. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181d7552a>
- Miras Moreno, S. (2020). La altura del salto en contramovimiento como instrumento de control de la fatiga neuromuscular. Revisión sistemática (Counter-movement Jump height as a means to monitor neuromuscular fatigue. Systematic Review). *Retos*, 37, 820-826. <https://doi.org/10.47197/retos.v37i37.73302>
- Montgomery, P. G., Pyne, D. B. y Minahan, C.L. (2010). The physical and physiological demands of basketball training and competition. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 5(1), 75-86. <https://doi.org/10.1123/ijsp.5.1.75>
- Moreira, A., Crewther, B., Freitas, C. G., Arruda, A. F., Costa, E. C., & Aoki, M. S. (2012). Session RPE and salivary immune-endocrine responses to simulated and official basketball matches in elite young male athletes. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 52(6), 682-687
- Póvoas, S. C., Ascensão, A. A., Magalhães, J., Seabra, A. F., Krstrup, P., Soares, J. M., y Rebelo, A. N. (2014). Analysis of fatigue development during elite male handball matches. *The Journal of Strength y Conditioning Research*, 28(9), 2640-2648. <http://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000424>
- Rago, V., Brito, J., Figueiredo, P., Ermidis, G., Barreira, D., y Rebelo, A. (2020). The arrowhead agility test: reliability, minimum detectable change, and practical applications in soccer players. *The Journal of Strength y Conditioning Research*, 34(2), 483-494. <http://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002987>
- Raya, M. A., Gailey, R. S., Gaunaud, I. A., Jayne, D. M., Campbell, S. M., Gagne, E., Manrique, P.G., Muller, D.G. y Tucker, C. (2013). Comparison of three agility tests with male servicemembers: Edgren Side Step Test, T-Test, and Illinois Agility Test. *Journal of Rehabilitation Research & Development*, 50(7), 951-960. <http://dx.doi.org/10.1682/JRRD.2012.05.0096>
- San Román, J., Calleja-González, J., Castellano, J., y Casamichana, D. (2010). Análisis de la capacidad de salto antes, durante y después de la competición en jugadores internacionales junior de baloncesto. *RICYDE. Revista Internacional de Ciencias del Deporte*, 6(21), 311-321. <https://doi.org/10.5332/ricyde2010.02105>
- Scanlan, A., Humphries, B., Tucker, P.S. y Dalbo, V. (2014). The influence of physical and cognitive factors on reactive agility performance in men basketball players. *Journal of Sport Science*, 32 (4), 367-374. <http://doi.org/10.1080/02640414.2013.825730>
- Sekulic, D., Pehar, M., Krolo, A., Spasic, M., Uljevic, O., Calleja-González, J., y Sattler, T. (2017). Evaluation of basketball-specific agility: applicability of preplanned and nonplanned agility performances for differentiating playing positions and

- playing levels. *The Journal of Strength y Conditioning Research*, 31(8), 2278-2288. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001646>
- Semenick, D. (1990). Tests and measurements: The T-test. *Strength y Conditioning Journal*, 12(1), 36-37.
- Singh, F., Foster, C., Tod, D., y McGuigan, M.R. (2007). Monitoring different types of resistance training using session rating of perceived exertion. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 2(1), 34-45. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2.1.34>
- Spiteri, T., Nimphius, S., Hart, N. H., Specos, C., Sheppard, J. M., y Newton, R. U. (2014). Contribution of strength characteristics to change of direction and agility performance in female basketball athletes. *The Journal of Strength y Conditioning Research*, 28(9), 2415-2423. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000547>
- Stojanović, E., Stojiljković, N., Scanlan, A.T., Dalbo, V.J., Berkelmans, D.M. y Milanović, Z. (2018). The activity demands and physiological responses encountered during basketball match-play: a systematic review. *Sports Medicine*, 48(1), 111-135. <https://doi.org/10.1007/s40279-017-0794-z>
- Tenenbaum, G., y Hutchinson, J. C. (2007). A social-cognitive perspective of perceived and sustained effort. En G. Tenenbaum y R. C. Eklund (Eds.), *Handbook of sport psychology* (pp. 560–577). John Wiley y Sons, Inc.
- Thorpe, R.T., Atkinson, G., Drust, B., y Gregson, W. (2017). Monitoring fatigue status in elite team-sport athletes: implications for practice. *International journal of sports physiology and performance*, 12(s2), 2-27. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2016-0434>
- Wallace, L. K., Slattery, K. M., y Coutts, A. J. (2014). A comparison of methods for quantifying training load: relationships between modelled and actual training responses. *European journal of applied physiology*, 114(1), 11-20. <https://doi.org/10.1007/s00421-013-2745-1>
- Walters, B.K., Read, C.R., y Estes, A.R. (2017). The effects of resistance training, overtraining, and early specialization on youth athlete injury and development. *The Journal of sports medicine and physical fitness*, 58(9), 1339-1348. <https://doi.org/10.23736/S0022-4707.17.07409-6>

Fecha de recepción: 23/03/2022

Fecha de revisión: 25/04/2022

Fecha de aceptación: 11/05/2022

Cómo citar este artículo:

Sánchez Boyano, J. M. & Berrios Aguayo, B. (2022). Association between cardiorespiratory resistance and intellectual maturity in primary school children: educational implications. *MLS Sport Research*, 2(1), 58-71 . doi: 10.54716/mlssr.v2i1.1349

ASOCIACIÓN ENTRE RESISTENCIA CARDIORRESPIRATORIA Y MADUREZ INTELECTUAL EN NIÑOS DE ESCUELA PRIMARIA: IMPLICACIONES EDUCATIVAS

Juan Miguel Sánchez Boyano

Colegio San Vicente de Paul (España)

juanmiguel@colegiosanvicente.org · <https://orcid.org/0000-0002-0820-1478>

Beatriz Berrios Aguayo

Universidad de Jaén (España)

bberrios@ujaen.es · <https://orcid.org/0000-0002-3791-2906>

Resumen. Objetivo. Este estudio analizó la relación entre la resistencia cardiorrespiratoria de estudiantes de 10 a 12 años y su madurez intelectual como indicador para mejorar el rendimiento académico. Método. Los datos se recogieron de centros de Educación Primaria de España. Participaron un total de 150 niños de 5º y 6º grado (edad = 10,72 ± 1,25 años). La prueba de Leger midió la aptitud cardiorrespiratoria, la prueba de dibujo de Goodenough-Harris evaluó la madurez intelectual y las calificaciones escolares el rendimiento académico. Resultados. Se encontraron diferencias significativas entre los géneros; los chicos mostraron mayor resistencia cardiorrespiratoria. Sin embargo, no hubo diferencias significativas de género en la edad mental. Los niños con mejores puntuaciones físicas de resistencia aeróbica obtuvieron mejores resultados en la prueba de dibujo de Goodenough-Harris. A su vez, la madurez intelectual resultó ser un indicador sólido del rendimiento académico. Conclusiones. Existe una relación entre la madurez intelectual y la resistencia cardiorrespiratoria en niños del tercer ciclo de Educación Primaria, lo cual es relevante para la salud y el rendimiento académico.

Palabras clave: Desarrollo cognitivo, rendimiento académico, logro educativo, acondicionamiento físico, educación para la salud, educación primaria.

ASSOCIATION BETWEEN CARDIORESPIRATORY RESISTANCE AND INTELLECTUAL MATURITY IN PRIMARY SCHOOL CHILDREN: EDUCATIONAL IMPLICATIONS

Abstract. Objective. This study analysed the relation between 10-12-year-old student's cardiorespiratory resistance and their intellectual maturity as indicator to improve the academic performance. Method. Data were collected from primary education schools in Spain. A total of 150 children in 5th and 6th grades (age = 10.72 ± 1.25 years of age) participated. The Leger test measured cardiorespiratory fitness, the Goodenough-Harris Drawing test assessed intellectual maturity and the school grades the academic performance. Results. Significant differences were found between the genders; boys showed greater cardiorespiratory endurance. However, there were no significant genders differences in mental age. Children with better aerobic endurance physical scores scored better on the Goodenough-Harris Drawing test. In turn, intellectual maturity turned out to be a solid indicator of academic performance. Conclusions. There is a relationship between intellectual maturity and cardiorespiratory endurance in children in the third cycle of primary education, which is relevant to health and academic performance.

Key words: Cognitive development, academic performance, educational achievement physical conditioning, health education, primary education

Introducción

Varias investigaciones han investigado la importancia de la actividad física en la salud de los niños (Boreham & Riddoch, 2001; Janssen et al., 2010). Existen numerosos biomarcadores que determinan la salud de las personas desde muy temprana edad, siendo la condición física uno de ellos (Ortega, Ruiz, Castillo & Sjöström, 2008). A su vez, es posible encontrar una conexión entre el crecimiento corporal, la condición física (Ortega et al., 2011) y la cognición (Heinonen et al., 2008). Asimismo, existe una estrecha relación entre el desarrollo motor y el cognitivo que tiene lugar en el cerebelo y el córtex prefrontal.

Los niños que están en buena forma física tienen una mayor activación cortical que a su vez se refleja en un mejor rendimiento cognitivo (Tomporowski, Davis, Miller & Naglieri, 2008). Haapala et al. (2015) y Aberg et al. (2009) demostraron que las habilidades motoras y la resistencia cardiorrespiratoria juegan un papel importante en el desarrollo cognitivo durante la infancia y la juventud. Por lo tanto, aumentar los niveles de condición física es beneficioso para la cognición durante el desarrollo preadolescente (Latorre Román, García Pinillos, Pantoja Vallejo, & Berrios Aguayo, 2017; Berrios Aguayo, Pantoja Vallejo, Latorre Román, 2019).

El análisis de los dibujos de los niños puede ser un importante indicador de algunos aspectos cognitivos como la madurez intelectual (Pérez Testor & Pérez Testor, 2000; Loxton, Mostert, & Moffatt, 2006; Soto, Mendoza y Ramírez, 2009) o incluso como indicador de la inteligencia (Mamani Ortiz, Choque Ontiveros, & Rojas Salazar, 2014). Además, el estudio de la progresión de los dibujos que realizan los niños a lo largo de un periodo de tiempo puede mostrar el nivel de desarrollo intelectual (Thomas & Jolley, 1998). En varias investigaciones, los dibujos de los niños se han utilizado para analizar las habilidades cognitivas y motoras (Hasab Allah, El Adawy, Moustafa & Ali, 2012; Imuta et al., 2013; Latorre-Román, Mora-

López & García-Pinillos, 2016; Soto et al., 2009). Aunque la asociación entre la aptitud física y las funciones cognitivas se ha investigado en varios estudios (Elleberg & St-Louis-Deschênes, 2010; Gallotta et al., 2015; Janssen et al., 2014), la relación entre la condición física, principalmente, la resistencia cardiorrespiratoria, y la madurez intelectual no está clara.

La edad cronológica y su relación con el rendimiento académico ha sido ampliamente estudiada (Arday et al., 2014; Abel et al., 2016; Vergel-Ortega, Martínez-Lozano, Zafra-Tristancho, & Zafra-Tristancho, 2016). Sin embargo, la asociación entre la madurez intelectual y el rendimiento escolar no ha recibido la suficiente atención, siendo realmente relevante para la implicación educativa.

Teniendo en cuenta la información anterior, proponemos la siguiente hipótesis: los niños con mayor resistencia cardiorrespiratoria tienen una mayor edad mental, así como un mejor rendimiento académico. Por lo tanto, el propósito de este estudio es analizar la relación entre la edad mental y la resistencia cardiorrespiratoria en niños de 10 a 12 años cuyo conocimiento podría ser útil para mejorar el rendimiento académico.

Método

Participantes

Participaron 150 niños de 10 a 12 años (edad = $10,72 \pm 1,25$ años). Las características demográficas revelaron que 81 niños eran de sexo masculino y 69 de sexo femenino, y fueron seleccionados de dos escuelas primarias del sur de España, una pública y otra privada. Todos los alumnos de esos cursos participaron en este estudio, excepto un total de cinco alumnos con discapacidades intelectuales o físicas, como un usuario de silla de ruedas o un autista. Los padres recibieron una descripción verbal explícita de la naturaleza y la finalidad de la investigación que se iba a llevar a cabo y, en consecuencia, se obtuvo su consentimiento informado. El estudio se llevó a cabo de acuerdo con las normas de la Declaración de Helsinki (2013). El estudio fue aprobado por el Comité de Bioética de la Universidad de Jaén.

Materiales y pruebas

Variables antropométricas

La altura (cm) se midió con un estadiómetro (Seca 222, Hamburgo, Alemania) y el peso con una báscula (Seca 899, Hamburgo, Alemania). El índice de masa corporal (IMC) se calculó dividiendo el peso (en kilogramos) por la altura² (en metros).

Variables físicas

La resistencia cardiorrespiratoria se evaluó mediante el test de Leger (Leger, Mercier, Gadouryl and Lambert, 1988). En esta prueba, los alumnos comienzan caminando y terminan corriendo, desplazándose de un punto a otro situado a 20 metros de distancia y realizando un cambio de dirección al ritmo indicado por una señal sonora que se acelera progresivamente. La prueba se detiene cuando el participante no puede mantener el ritmo de carrera, registrando el último periodo de la prueba en el que se encontraba el individuo.

El consumo máximo de oxígeno (VO₂ máx.) se calculó teniendo en cuenta la velocidad que alcanzó el participante mediante la siguiente ecuación: $VO_2 \text{ máx.} = (31,025) + (3,238 * X) - (3,248 * A) + (0,1536 * A * X)$, X = velocidad, A = edad (Leger et al., 1988). Es otro indicador adecuado de la resistencia cardiorrespiratoria (Kabiri, Mitchell, Brewer, & Ortiz, 2017).

La fiabilidad y validez del test de Leger para determinar el VO₂ máx. en niños ha sido ampliamente demostrada (Liu, Plowman, & Looney, 1992; Ruiz et al., 2009).

Madurez intelectual

Para la evaluación de la madurez intelectual, el Test de Dibujo de Goodenough-Harris (GHDT), desarrollado por Goodenough (1926) y revisado por Harris (1963), se utilizó. El test GHDT indica la capacidad cognitiva del alumno, que a su vez se representa en la madurez intelectual del niño o la edad mental (EM) y una puntuación final interpretada como cociente intelectual (CI) (Tabla 1).

Tabla 1
Conversión de la puntuación bruta GHDT a EM

Edades	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	Puntuacion es
Meses 0	-	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40	44	48	
3	-	5	9	13	17	21	25	29	33	37	41	45	49	
6	2	6	10	14	18	22	26	30	34	38	42	46	50	
9	3	7	11	15	19	23	27	31	35	39	43	47	-	

Nota: Fuente: Harris (1963)

En el presente estudio se utilizó la edición más reciente en la que se pide al niño que realice dos dibujos, uno de hombre y otro de mujer de cuerpo entero (Soto, Mendoza, & Ramírez, 2009). La evaluación se centra en los detalles y la proporción del cuerpo general de la figura dibujada de un hombre (73 detalles) y de una mujer (71 detalles). Se utilizó la puntuación bruta media de los dos dibujos, que fue el total de detalles realizados. La prueba GHDT fue diseñada para evaluar tanto a niños como a adolescentes de hasta 15 años de edad.

El test GHDT tiene varias ediciones, todas ellas validadas. El GHDT mostró una buena fiabilidad y validez en comparación con otras pruebas de inteligencia en niños de 3 a 15 años (Abell, Horkheimer, & Nguyen, 1998; Plbrukarn & Theeramanoparp, 2003). El GHDT aún no había sido examinado desde la perspectiva de la teoría moderna de las pruebas en su totalidad. Sin embargo, Campbell & Bond (2017) revelaron que el GHDT y, principalmente, los dibujos de figuras humanas de los niños son adecuados según el análisis de Rasch y se consideran generalmente psicométricos.

Además, se calculó el coeficiente Kappa de Cohen para determinar el efecto del azar. Según Sim & Wright (2005), la concordancia entre las mediciones de dos investigadores en el GHDT es adecuada dado que el valor Kappa es de 0,621 (Tabla 2), estando entre 0,6 y 0,8 (buena concordancia).

Tabla 2
Coeficiente Kappa de Cohen

		Valor	Asymp. Error estándar ^a	Aproximada mente T ^b	Aproximada mente Sig.
Medida del acuerdo	Kappa	,621	,063	27,049	,000
N de casos válidos		60			

Rendimiento académico

Las calificaciones escolares se exigían a los profesores para medir el rendimiento académico de los alumnos. Las calificaciones escolares requeridas fueron: Lengua Española, Matemáticas, Ciencias Naturales, Ciencias Sociales, Educación Física, Artes, Música y Lengua Inglesa. Las calificaciones escolares se presentaron en un rango de 0 a 10. Finalmente, se calculó la media que fue la puntuación utilizada para los cálculos estadísticos. Las calificaciones escolares como medida fiable para determinar el rendimiento académico han sido apoyadas por autores como Lambating & Allen (2002) y Allen (2005), quienes determinan que las calificaciones escolares justifican los objetivos de aprendizaje del alumno.

Procedimiento

Una vez obtenidos los permisos correspondientes de las escuelas y el consentimiento informado de los padres, se administraron las diferentes pruebas. Un investigador capacitado realizó dos sesiones separadas. El GHDT se evaluó durante la primera sesión de la prueba, en el aula del colegio y en presencia del profesor. El examinador entregó a los niños dos hojas, una para dibujar al hombre y otra para dibujar a la mujer. Los alumnos fueron instruidos previamente para que dibujaran con el mayor detalle posible pero a través del dibujo libre. En la segunda sesión, se llevaron a cabo las medidas antropométricas (peso y altura), seguidas del test de Leger. Antes de la realización de este test, se hizo una demostración de cómo debían ejecutarlo. Los niños realizaron un calentamiento típico consistente en 5 minutos de carrera suave y 5 minutos de ejercicios generales (es decir, saltos, elevación de las piernas, carreras laterales y frontales, rotaciones de brazos, etc.). Cada niño fue evaluado individualmente. Tanto las pruebas físicas como las cognitivas fueron evaluadas por un investigador previamente entrenado. Se animó a los niños a alcanzar el máximo rendimiento posible motivándoles con una pequeña recompensa, como un crédito extra para esas clases si participaban en el estudio. Por último, se exigió a los profesores las calificaciones escolares para medir el rendimiento académico.

Análisis estadístico

Los datos se analizaron con el programa SPSS (versión 21, SPSS Inc., Chicago, Ill.) para Windows. El nivel de significación se fijó en $p < 0,05$ y $p < 0,01$. Los datos se presentan en forma de estadísticas descriptivas que incluyen la media, la desviación estándar (DE) y los porcentajes. Se realizaron pruebas de distribución normal y homogeneidad (Kolmogorov-Smirnov y Levene, respectivamente) en todos los datos antes del análisis. Se realizó un análisis de la varianza (ANOVA) para la comparación de géneros. Además, los tamaños del efecto para las diferencias de grupo se expresaron como d de Cohen (Cohen, 1988). Los tamaños del efecto inferiores a 0,4 representaban una pequeña diferencia, mientras que los tamaños del efecto de 0,41-0,7 y superiores a 0,7 representaban diferencias moderadas y grandes, respectivamente. (Thomas, Silverman, & Nelson, 2015). Se realizó una correlación de Pearson entre la madurez

intelectual, el IMC, el rendimiento académico y la resistencia cardiorrespiratoria. Además, se elaboró un gráfico de dispersión entre la resistencia cardiorrespiratoria y la madurez intelectual con ajuste de géneros. Por último, se realizaron análisis de regresión entre la madurez intelectual y el rendimiento académico.

Resultados

La tabla 3 muestra los resultados de la edad, las características antropométricas, la resistencia cardiorrespiratoria, la madurez intelectual y el rendimiento académico con el ajuste por género. Los chicos mostraron mayor resistencia cardiorrespiratoria que las chicas, pero no se encontraron diferencias significativas en las demás variables.

Tabla 3

Edad, características antropométricas, resistencia cardiorrespiratoria, madurez intelectual, rendimiento académico en relación con el género

	Niñas Media (SD)	Niños Media (SD)	F	Valor p	d de Cohen
Edad (años)	10.72 (0.74)	10.67 (0.72)	0.232	0.631	0.0684
Peso (Kg)	38.74 (7.33)	41.46 (10.96)	3.06	0.082	0.2917
Altura (m)	1.45 (0.80)	1.46 (0.80)	0.364	0.547	0.0125
IMC (kg/m ²)	18,17 (3,06)	19.07 (3.83)	2.45	0.120	0.2596
Prueba Leger (número de períodos)	3.13 (1.44)	3.98 (1.65)	11.113	0.001	0.5902
VO ₂ (ml/kg/min)	43.89 (3.69)	45.95 (4.13)	10.11	0.002	0.5260
Puntuación bruta media GHDT (0-73)	35.03 (8.32)	32.64 (9.78)	2.40	0.123	0.2632
Notas medias de la escuela	7.69 (1,76)	7.45 (1.85)	1.195	0,432	0,1349

Nota: DE (desviación estándar); IMC (índice de masa corporal); VO₂ (consumo de oxígeno); GDHT (prueba de dibujo de Goodenough-Harris)

En la Tabla 4, la madurez intelectual de los estudiantes se asocia positivamente con la resistencia cardiorrespiratoria, concretamente con el VO₂ máx ($r = 0,415$, $p < 0,01$). Además, el IMC y la madurez intelectual muestran una asociación negativa ($r = -0,313$, $p < 0,01$). En cuanto al rendimiento académico, también se asocia positivamente con el test de Leger ($r = 268$, $p < 0,01$) y la madurez intelectual ($r = 799$, $p < 0,01$).

Tabla 4

Correlación de Pearson entre la madurez intelectual, el IMC, el test de Léger, el VO₂ máx. y el rendimiento académico

	Madurez intelectual	IMC	Prueba Léger	VO ₂ máx	Rendimiento académico
Madurez intelectual	1.000	-0.313**	0.410**	0.415**	0.799**
IMC		1.000	-0.436**	-0.422**	-0.120
Prueba Léger			1.000	0.983**	0.268**
VO ₂ máx				1.000	0,067
Rendimiento académico					1.000

Nota: IMC (índice de masa corporal); V02 máx. (consumo máximo de oxígeno); GDHT (prueba de dibujo de Goodenough-Harris). ** p <0.05

La figura 1 muestra el gráfico de dispersión entre la madurez intelectual y el VO₂ máx en función del género. A medida que aumenta la resistencia cardiorrespiratoria de los alumnos, aumenta su madurez intelectual.

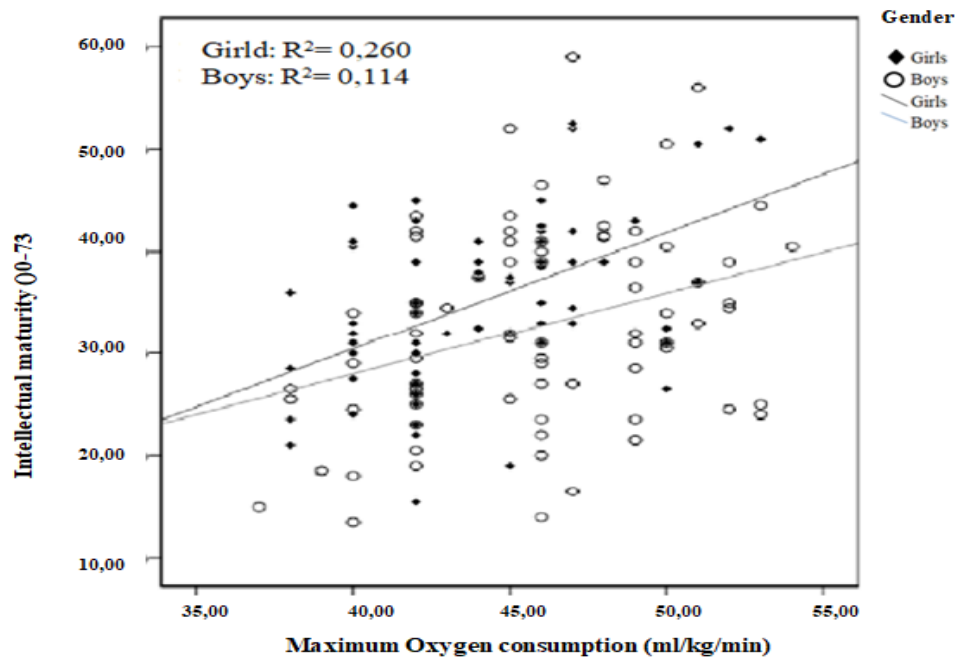


Figura 1. Figura de dispersión entre la madurez intelectual y el VO₂ máx ajustado por género

La madurez intelectual es un buen indicador del rendimiento académico en los niños en edad escolar. Para ello, el modelo de regresión lineal (Tabla 5) muestra que la madurez intelectual es un predictor positivo del rendimiento académico ($R^2 = 0,638$, $p < 0,05$).

Tabla 5

Regresiones lineales múltiples entre la madurez intelectual y el rendimiento académico

	B	T	Valor p	Intervalo de confianza del 95%	
				Límite superior	Límite inferior
Rendimiento académico	2,861	16.139	0.000	0.125	0.160
Madurez intelectual	0,142	9.301	0.000	2.253	3.468
R ²			0.638		

En la figura 2 se muestran los dibujos de una mujer y un hombre realizados por una niña de 11 años en 6to grado de educación primaria con altas puntuaciones en el GHDT y altas calificaciones escolares promedio. Esas puntuaciones coinciden con un VO₂ máx adecuado según las referencias de Hamlin et al. (2014). Por otro lado, el dibujo de otra niña del mismo curso escolar con baja puntuación en el GHDT y baja media de notas escolares también se asocia con un VO₂ máx inadecuado.

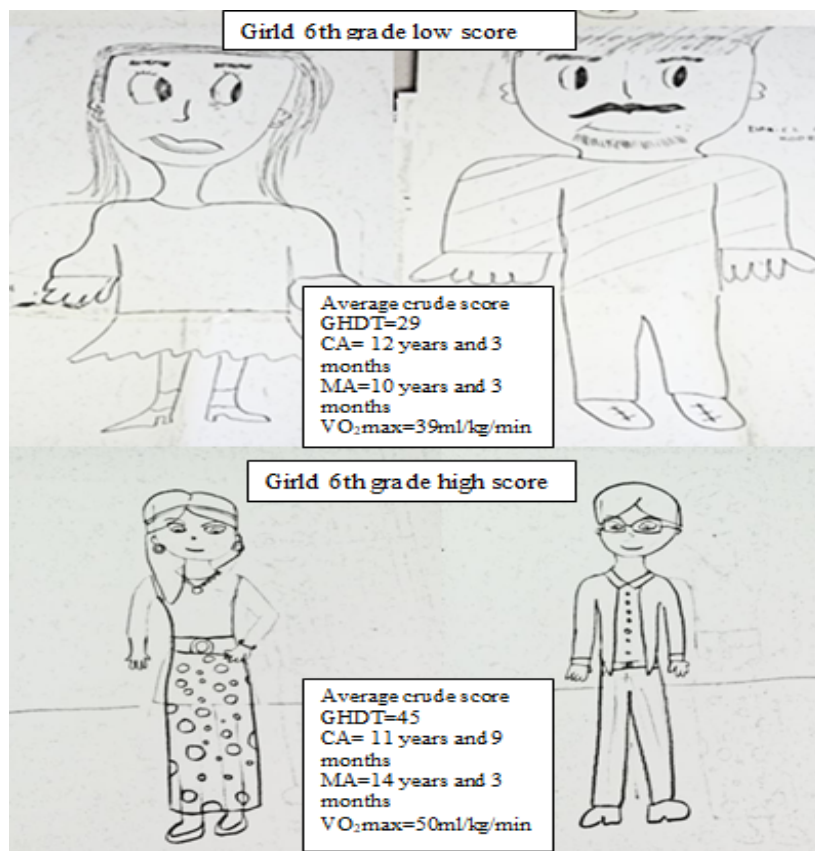


Figura 2. Dibujos de niñas de 6° de Primaria

Nota: Edad cronológica (AC); edad mental (AM); consumo máximo de oxígeno (VO₂máx)

Discusión

El objetivo de este estudio fue analizar la relación entre la madurez intelectual y la resistencia cardiorrespiratoria en niños de 10 a 12 años. El principal resultado muestra que la madurez intelectual de los niños está asociada a la resistencia cardiorrespiratoria. Además, la madurez intelectual es un predictor del rendimiento académico.

En un estudio similar, Latorre et al. (2016) encontraron asociaciones significativas entre el GHDT y la aptitud física en niños de edad preescolar; así, desde una edad temprana, el rendimiento físico-motor y la madurez intelectual están vinculados, siendo la aptitud física una buena herramienta para determinarla.

A su vez, varios autores han encontrado una asociación entre el desarrollo cognitivo y motor en niños de 5 a 12 años (Chaddock, Pontifex, Hillman & Kramer, 2011; Niederer et al., 2011). Sin embargo, esta relación puede ser directa o estar afectada por otros factores, como la influencia de los padres. Wassenberg et al. (2005) mostraron el desarrollo paralelo del rendimiento cognitivo y motor en los niños durante el desarrollo normal o tardío; algunas estructuras cerebrales específicas, como los ganglios basales o la corteza frontal y la transmisión de la dopamina, se desarrollan en paralelo con algunos aspectos cognitivos. Niederer et al. (2011) ha descubierto que el aumento de la aptitud cardiorrespiratoria, las habilidades motoras y el equilibrio dinámico se corresponden con una mejor memoria del trabajo espacial y la atención en los niños en edad escolar. Además, Krombholz (2006, 2013) encontró correlaciones positivas entre las medidas de crecimiento físico y el rendimiento físico y entre el rendimiento motor y el rendimiento cognitivo, la aptitud física, la coordinación corporal y la destreza manual en los niños, que mejoraban con la edad.

Por otro lado, el IMC se correlacionó negativamente con el GHDT y la prueba de aptitud cardiorrespiratoria. Según un estudio sobre el estado nutricional y el cociente intelectual (CI), un mejor estado nutricional se asoció con un mayor CI (Suvarna & Itagi, 2009). Asimismo, Li et al. (2008) descubrieron que un aumento del peso corporal está relacionado con una reducción de la capacidad mental general en los niños. Gunstad et al. (2008) señalaron que un IMC elevado no se asocia con la función cognitiva en niños y adolescentes sanos. Asimismo, Latorre et al. (2016) no encontraron una relación entre el IMC y el GHDT en niños preescolares. Por lo tanto, los resultados son controvertidos y requieren más investigación para aclarar la asociación entre el estado de peso y la cognición en los niños.

Según Janssen et al. (2010), hay un sinfín de beneficios no solo físicos sino también cognitivos cuando los niños realizan actividad física; por lo tanto, se necesitan políticas que faciliten la realización de actividad física para esta población. Chaddock et al. (2011) realizaron una revisión sistemática en la que se demostró la importancia de la actividad física y la capacidad cardiorrespiratoria para maximizar la salud cerebral y la función cognitiva durante el desarrollo.

El periodo prepuberal ofrece muchas oportunidades para estimular la función cognitiva. Sin embargo, la relación entre la participación en la AF y el rendimiento cognitivo ha sido objeto de debate entre los defensores y los escépticos de la actividad física, así como los padres preocupados por la disminución del tiempo de estudio y de los deberes. Además, las oportunidades de ser físicamente activo en la escuela son limitadas debido a la presión de tener un buen rendimiento académico (Mahar et al., 2006; O'Dwyer et al. 2013). Sin embargo, la participación en la actividad física no está asociada a un menor tiempo dedicado al estudio

(Jonatan R Ruiz et al., 2010). Un énfasis curricular adicional en la educación física puede dar lugar a ganancias significativas en el rendimiento cognitivo. En este sentido, la bibliografía sugiere que el rendimiento académico, la aptitud física y la salud de los niños no mejorarán si se limita el tiempo dedicado a la educación física y a la actividad física (Trudeau & Shephard, 2008).

El rendimiento académico y la madurez intelectual se han relacionado según pocas investigaciones (Pérez, 1996; Berrios Aguayo, Latorre Román, & Pantoja Vallejo, 2017). Por lo tanto, este es el punto fuerte de nuestra investigación, ya que demuestra un tema poco pero relevante estudiado académicamente. Si a partir de una mejora de la resistencia cardiorrespiratoria de los alumnos se incrementa su edad mental, esto a su vez estaría haciendo beneficios en cuanto al rendimiento académico.

Una limitación de este estudio es su diseño transversal, por lo que debe tenerse precaución al interpretar las asociaciones observadas. Se necesitan más estudios para aportar pruebas adecuadas de causalidad mediante registros longitudinales. En cuanto al desarrollo de la salud en la escuela, es necesario destacar que existe una gran conexión entre el crecimiento corporal, la aptitud física y la cognición. Por lo tanto, aumentar el tiempo dedicado a la educación física puede promover beneficios cognitivos y mejorar la salud de los niños en edad escolar.

En conclusión, desde una edad temprana, la resistencia cardiorrespiratoria y la edad mental parecen estar relacionadas. Esta relación es una buena herramienta de entrenamiento para el desarrollo cognitivo en niños de 10 a 12 años.

Referencia

- Abel, K., Heuvelman, H., Wicks, S., Rai, D., Emsley, R., Gardner, R., & Dalman, C. (2016). Edad gestacional al nacer y rendimiento académico: estudio de cohorte basado en la población. *International Journal of Epidemiology*, 46(1), 324-335. <https://doi.org/10.1093/ije/dyw284>
- Abell, S. C., Horkheimer, R., y Nguyen, S. E. (1998). Evaluaciones intelectuales de adolescentes a través de dibujos de figuras humanas: Una comparación empírica de dos métodos. *Journal of Clinical Psychology*, 54(6), 811-815. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-4679\(199810\)54:6<811::AID-JCLP8>3.0.CO;2-J](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-4679(199810)54:6<811::AID-JCLP8>3.0.CO;2-J)
- Aberg, M. A. I., Pedersen, N. L., Toren, K., Svartengren, M., Backstrand, B., Johnsson, T., Kuhn, H. G. (2009). Cardiovascular fitness is associated with cognition in young adulthood. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106(49), 20906-20911. <https://doi.org/10.1073/pnas.0905307106>
- Allen, J. D. (2005). Grades as Valid Measures of Academic Achievement of Classroom Learning. *The Clearing House: A Journal of Educational Strategies, Issues and Ideas*, 78(5), 218-223. <https://doi.org/10.3200/TCHS.78.5.218-223>
- Ardoy, D. N., Fernández-Rodríguez, J. M., Jiménez-Pavón, D., Castillo, R., Ruiz, J. R., & Ortega, F. B. (2014). Un ensayo de Educación Física mejora el rendimiento cognitivo y el rendimiento académico de los adolescentes: el estudio EDUFIT. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 24(1), e52-e61. <https://doi.org/10.1111/sms.12093>

- Berrios Aguayo, B., Latorre Román, P. Á., & Pantoja Vallejo, A. (2017). Asociación entre la práctica deportiva familiar y la capacidad cognitiva del alumnado. *Revista Electrónica de Investigación Y Docencia*, 17, 79-92. <https://doi.org/10.17561/reid.v0i17.2979>
- Berrios Aguayo, B. Pantoja Vallejo, A. & Latorre Román, P. Á. (2019). Efecto agudo de dos clases diferentes de educación física sobre la memoria en niños en edad escolar. *Desarrollo cognitivo*, 50, 98-104. <https://doi.org/10.1016/j.cogdev.2019.03.004>
- Boreham, C., y Riddoch, C. (2001). La actividad física, el estado físico y la salud de los niños. *Journal of Sports Sciences*, 19(12), 915-929. <https://doi.org/10.1080/026404101317108426>
- Campbell, C., y Bond, T. (2017). Investigando los dibujos de figuras humanas de los niños pequeños utilizando el análisis Rasch. *Educational Psychology*, 37(7), 888-906. <https://doi.org/10.1080/01443410.2017.1287882>
- Chaddock, L., Pontifex, M. B., Hillman, C. H., & Kramer, A. F. (2011a). Una revisión de la relación de la aptitud aeróbica y la actividad física con la estructura y la función del cerebro en los niños. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 17(17), 1-11. <https://doi.org/10.1017/S1355617711000567>
- Chaddock, L., Pontifex, M. B., Hillman, C. H., & Kramer, A. F. (2011b). Una revisión de la relación de la aptitud aeróbica y la actividad física con la estructura y la función del cerebro en los niños. *Revista de la Sociedad Internacional de Neuropsicología : JINS*, 17(6), 975-85. <https://doi.org/10.1017/S1355617711000567>
- Cohen, J. (1988). Statistical power analysis for the behavioral sciences. *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences*. <https://doi.org/10.1234/12345678>
- Elleberg, D., & St-Louis-Deschênes, M. (2010). El efecto del ejercicio físico agudo en la función cognitiva durante el desarrollo. *Psychology of Sport and Exercise*, 11(2), 122-126. <https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2009.09.006>
- Gallotta, M. C., Emerenziani, G. P., Franciosi, E., Meucci, M., Guidetti, L., & Baldari, C. (2015). Actividad física aguda y atención retardada en estudiantes de primaria. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 25(3), e331-8. <https://doi.org/10.1111/sms.12310>
- Goodenough, F. L. (1926). *Measurement of intelligence by drawings*. Nueva York: Harcourt, Brace & World,.
- Gunstad, J., Spitznagel, M. B., Paul, R. H., Cohen, R. A., Kohn, M., Luyster, F. S., ... Gordon, E. (2008). Índice de masa corporal y función neuropsicológica en niños y adolescentes sanos. *Appetite*, 50(2-3), 246-51. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2007.07.008>
- Haapala, E. A., Poikkeus, A.-M., Tompuri, T., Kukkonen-Harjula, K., Leppänen, P. H. T., Lindi, V., & Lakka, T. A. (2014). Asociaciones del rendimiento motor y cardiovascular con las habilidades académicas en los niños. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 46(5), 1016-24. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000000186>
- Hamlin, M. J., Fraser, M., Lizamore, C. A., Draper, N., Shearman, J. P., & Kimber, N. E. (2014). Medición de la aptitud cardiorrespiratoria en niños a partir de dos pruebas de campo comúnmente utilizadas después de tener en cuenta la grasa corporal y la madurez. *Journal of Human Kinetics*, 40, 83-92. <https://doi.org/10.2478/hukin-2014-0010>

- Harris, D. (1963). *The Goodenough Harris Drawing Test*. Harcourt Brace Javanovich.
- Harris, D. B. (1963). *Children's drawings as measures of intellectual maturity*. Harcourt, Brace & World.
- Hasab Allah, M. F., El Adawy, A. R., Moustafa, M. F., & Ali, H. A. (2012). Efecto del modo de entrega en el cociente de inteligencia de los niños en edad preescolar en la ciudad de El-Minia. *Journal of American Science*, 88(1212), 1188-1198. <http://www.jofamericanscience.org>
- Heinonen, K., Räikkönen, K., Pesonen, A.-K., Kajantie, E., Andersson, S., Eriksson, J. G., Lano, A. (2008). Prenatal and postnatal growth and cognitive abilities at 56 months of age: a longitudinal study of infants born at term. *Pediatrics*, 121(5), e1325-33. <https://doi.org/10.1542/peds.2007-1172>
- Imuta, K., Scarf, D., Pharo, H., Hayne, H., Barnes, E., Cooke, E., Nezworski, M. (2013). Acercamiento al uso de dibujos de figuras humanas como medida proyectiva de la inteligencia. *PLoS ONE*, 8(3), e58991. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0058991>
- Janssen, I., LeBlanc, A. G., Janssen, I., Twisk, J., Tolfrey, K., Jones, A., Janssen, I. (2010). Systematic review of the health benefits of physical activity and fitness in school-aged children and youth. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 7(1), 40. <https://doi.org/10.1186/1479-5868-7-40>
- Janssen, M., Chinapaw, M. J. M., Rauh, S. P., Toussaint, H. M., van Mechelen, W., & Verhagen, E. A. L. M. (2014). Una breve pausa de actividad física de las tareas cognitivas aumenta la atención selectiva en los niños de la escuela primaria de 10-11 años. *Mental Health and Physical Activity*, 7(3), 129-134. <https://doi.org/10.1016/j.mhpa.2014.07.001>
- Kabiri, L. S., Mitchell, K., Brewer, W., & Ortiz, A. (2017). Fitness muscular y cardiorrespiratorio en niños educados en casa frente a niños de escuelas públicas. *Pediatric Exercise Science*, 29(3), 371-376. <https://doi.org/10.1123/pes.2017-0028>
- Krombholz, H. (2006). Rendimiento físico en relación con la edad, el sexo, el orden de nacimiento, la clase social y las actividades deportivas de los niños en edad preescolar¹. *Perceptual and Motor Skills*, 102(2), 477-484. <https://doi.org/10.2466/pms.102.2.477-484>
- Lambating, J., y Allen, J. D. (2002). Cómo las múltiples funciones de las calificaciones influyen en su validez y valor como medidas del rendimiento académico. En *Annual Meeting of the American Educational Research Association* (p. 32). New Orleans.
- Latorre-Román, P. Á., Mora-López, D., & García-Pinillos, F. (2016). Madurez intelectual y aptitud física en niños preescolares. *Pediatrics International*, 58(6), 450-455. <https://doi.org/10.1111/ped.12898>
- Latorre Román, P. Á., García Pinillos, F., Pantoja Vallejo, A., & Berrios Aguayo, B. (2017). Creatividad y aptitud física en niños de edad escolar primaria. *Pediatrics International*, 59(11), 1194-1199. <https://doi.org/10.1111/ped.13391>
- Leger, L. A., Mercier, D., Gadouryl, C., & Lambert, J. (1988). The multistage 20 metre shuttle run test for aerobic fitness. *Journal of Sports Sciences*, 6, 93-101.
- Li, Y., Dai, Q., Jackson, J. C., & Zhang, J. (2008). Overweight is associated with decreased cognitive functioning among school-age children and adolescents. *Obesity (Silver*

- Spring, Md.*), 16(8), 1809-15. <https://doi.org/10.1038/oby.2008.296>
- Liu, N. Y.-S., Plowman, S. A., & Looney, M. A. (1992). The Reliability and Validity of the 20-Meter Shuttle Test in American Students 12 to 15 Years Old. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 63(4), 360-365. <https://doi.org/10.1080/02701367.1992.10608757>
- Loxton, H., Mostert, J., & Moffatt, D. (2006). Creening of intellectual maturity: Explorando las puntuaciones de los preescolares sudafricanos en el test de dibujo de Goodenough-Harris y la evaluación de los profesores. *Perceptual and Motor Skills*, 103(6), 515. <https://doi.org/10.2466/PMS.103.6.515-525>
- Mahar, M. T., Murphy, S. K., Rowe, D. A., Golden, J., Shields, A. T., & Raedeke, T. D. (2006). Efectos de un programa basado en el aula sobre la actividad física y el comportamiento en la tarea. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 38(12), 2086-94. <https://doi.org/10.1249/01.mss.0000235359.16685.a3>
- Mamani Ortiz, Y., Choque Ontiveros, M. del C., & Rojas Salazar, E. G. (2014). Estado nutricional y su relación con el coeficiente intelectual de niños en edad escolar. *Gaceta Médica Boliviana*, 37(1), 6-10. http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S1012-29662014000100002&script=sci_arttext
- Niederer, I., Kriemler, S., Gut, J., Hartmann, T., Schindler, C., Barral, J., & Puder, J. J. (2011). Relación de la aptitud aeróbica y las habilidades motoras con la memoria y la atención en preescolares (Ballabeina): un estudio transversal y longitudinal. *BMC Pediatrics*, 11, 34. <https://doi.org/10.1186/1471-2431-11-34>
- O'Dwyer, M. V., Fairclough, S. J., Ridgers, N. D., Knowles, Z. R., Fowweather, L., & Stratton, G. (2013). Efecto de una intervención de juego activo en la escuela sobre el tiempo sedentario y la actividad física en los niños en edad preescolar. *Health Education Research*, 28(6), 931-42. <https://doi.org/10.1093/her/cyt097>
- Ortega, F. B., Artero, E. G., Ruiz, J. R., España-Romero, V., Jiménez-Pavón, D., Vicente-Rodríguez, G., ... Castillo, M. J. (2011). Niveles de aptitud física entre los adolescentes europeos: el estudio HELENA. *British Journal of Sports Medicine*, 45(1), 20-29. <https://doi.org/10.1136/bjism.2009.062679>
- Ortega, F. B., Ruiz, J. R., Castillo, M. J., & Sjöström, M. (2008). La aptitud física en la infancia y la adolescencia: un potente marcador de la salud. *International Journal of Obesity (2005)*, 32(1), 1-11. <https://doi.org/10.1038/sj.ijo.0803774>
- Pérez, V. M. O. (1996). *Factores determinantes del rendimiento académico en enseñanza media*. Colegio Oficial de Psicólogos de Madrid.
- Pérez Testor, S., & Pérez Testor, C. (2000). El impacto de una clase de iniciación a la danza en la estructura del esquema corporal: Proyecto D.E.C. En *Actas de las I Jornadas de Danza e Investigación*. Murcia: Universidad de Murcia.
- Plbrukarn, R., y Theeramanoparp, S. (2003). Human Figure Drawing Test: Validity in Assessing Intelligence in Children Aged 3-10 Years. *Journal of the Medical Association of Thailand*, 86(S3), 610-617. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/14700157>
- Ruiz, J. R., Castro-Pinero, J., Artero, E. G., Ortega, F. B., Sjöstrom, M., Suni, J., & Castillo, M. J. (2009). Validez predictiva de la aptitud física relacionada con la salud en los

- jóvenes: una revisión sistemática. *British Journal of Sports Medicine*, 43(12), 909-923.
<https://doi.org/10.1136/bjism.2008.056499>
- Ruiz, J. R., Ortega, F. B., Castillo, R., Martín-Matillas, M., Kwak, L., Vicente-Rodríguez, G., Moreno, L. a. (2010). Actividad física, condición física, estado de peso y rendimiento cognitivo en adolescentes. *The Journal of Pediatrics*, 157(6), 917-922-e5.
<https://doi.org/10.1016/j.jpeds.2010.06.026>
- Sim, J., y Wright, C. C. (2005). The Kappa Statistic in Reliability Studies: Use, Interpretation, and Sample Size Requirements. *Physical Therapy*, 85(3), 257-268.
<https://doi.org/10.1093/ptj/85.3.257>
- Soto, C. M., Mendoza, L. H., & Ramírez, W. G. (2009). Prueba del dibujo de una persona para estimar la habilidad intelectual en niños, adolescentes y adultos, DAP-IQ (Reynolds y Hickman, 2004). *Revista Psicopedagogía*, 26(79), 77-87.
- Suvarna, & Itagi, S. K. (2009). Estado nutricional y nivel de inteligencia de los escolares*. *Karnataka Journal of Agricultura Sciences*, 22(4), 874-876.
<http://14.139.155.167/test5/index.php/kjas/article/viewFile/1542/1534>
- Thomas, J., Silverman, S., & Nelson, J. (2015). *Métodos de investigación en actividad física, 7E.* (C. Human Kinetics, Ed.). IL.
- Thomas, G. V., y Jolley, R. P. (1998). Sacando conclusiones: Una reexaminación de las bases empíricas y conceptuales para la evaluación psicológica de los niños a partir de sus dibujos. *British Journal of Clinical Psychology*, 37(2), 127-139.
<https://doi.org/10.1111/j.2044-8260.1998.tb01289.x>
- Tomporowski, P. D., Davis, C. L., Miller, P. H., & Naglieri, J. A. (2008). Exercise and Children's Intelligence, Cognition, and Academic Achievement. *Educational Psychology Review*, 20(2), 111-131. <https://doi.org/10.1007/s10648-007-9057-0>
- Trudeau, F., y Shephard, R. J. (2008). Physical education, school physical activity, school sports and academic performance. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 5(10). <https://doi.org/10.1186/1479-5868-5-10>
- Vergel-Ortega, M., Martínez-Lozano, J. J., Zafra-Tristancho, S. L., & Zafra-Tristancho, S. L. (2016). Factores asociados al rendimiento académico en adultos - Factors associated with academic achievement in adults. *Revista Científica*, 2(25), 206.
<https://doi.org/10.14483//udistrital.jour.RC.2016.25.a4>
- Wassenberg, R., F. J. M., Kessels, A. G. H., Hendriksen, J. G. M., Kalff, A. C., Kroes, M., Vles, J. S. H. (2005). Relación entre el rendimiento cognitivo y motor en niños de 5 a 6 años: resultados de un estudio transversal a gran escala. *Child Development*, 76(5), 1092-103. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8624.2005.00899.x>

Fecha de recepción: 24/05/2022

Fecha de revisión: 06/06/2022

Fecha de aceptación: 09/05/2022

Cómo citar este artículo:

Gómez Cárdbaba, Á., Magni Cruz, A., & Mecías Calvo, M. (2022). Incidencia lesional en el fútbol. *MLS Sport Research*, 2(1), 72-80 . doi: 10.54716/mlssr.v2i1.663.

INCIDENCIA LESIONAL EN EL FÚTBOL

Álvaro Gómez Cárdbaba

Universidad Europea del Atlántico (España)

alvaro.gomez@alumnos.uneatlantico.es · <https://orcid.org/0000-0003-3613-4978>

Alejandro Magni Cruz

Universidad Europea del Atlántico (España)

alejandro.magni@alumnos.uneatlantico.es · <https://orcid.org/0000-0002-5631-0548>

Marcos Mecías Calvo

Universidad Europea del Atlántico (España)

marcos.mecias@uneatlantico.es · <https://orcid.org/0000-0002-4719-7686>

Resumen. El fútbol es el deporte universalmente más popular y el más extendido, lo que implica, además, ser uno de los deportes de equipo con mayor IL. Las lesiones afectan de manera negativa al rendimiento del deportista y del equipo. El objetivo de este estudio fue conocer las lesiones producidas a lo largo de la temporada 2016/2017 de la primera y segunda división española en función del tipo de lesión, posición del jugador, minuto en que se produce la lesión y la edad del jugador. Se trata de un estudio descriptivo, en el cual la muestra fue conformada por los jugadores de los 42 equipos de la Liga Santander y la Liga 123 del fútbol español. Las lesiones más comunes han sido las lesiones musculares (>50%), aumentando en la Liga 123 hasta el 75% de la incidencia. Los deportistas que más lesiones sufrieron fueron los defensas (>40%) mientras que los porteros registraron el menor IL (<4%). Este hecho se puede deber a la menor distancia recorrida tanto a una intensidad normal como a la distancia recorrida a alta intensidad. Los deportistas comprendidos entre los 21 y los 29 años padecieron un mayor número de lesiones (>35%) y, además, ocurrieron en gran parte durante la segunda mitad del partido.

Palabras clave: fútbol, lesión, epidemiología.

INJURY INCIDENCE IN SOCCER

Abstract. Football is the most universally popular and the most widespread sport, which also means being one of the most IL team sports. Injuries negatively affect the performance of the athlete and the team. The objective of this study was to know the injuries produced throughout the 2016/2017 of the spanish first and second division depending on the type of injury, position of the player, the minute in which the injury happen and the age of the player.

It is a descriptive study, in which the sample was made up of the players of the 42 teams of the Santander League Santander and Liga 123 of Spanish football. The most common injuries have been muscle injuries (>50%), increasing in Liga 123 up to 75% of the IL. The athletes who suffered the most injuries were the defenses (>40%) while goalkeepers recorded the lowest IL (<4%). This fact may be due to the shorter

distance runned at normal intensity and the distance runned at high intensity. Athletes between the age of 21 and 29 suffered a higher number of injuries (>35%) and besides, you're happened in large part during the second half of the game.

Keywords: soccer, injury, epidemiology.

Introducción

El fútbol es deporte universalmente más popular y el más extendido en el mundo (Luthje et al., 1996; Inklaar, 1994). El fútbol (fútbol de asociación) es un deporte de equipo que incorpora fluctuaciones frecuentes entre las intensidades de ejercicio altas y bajas. Estos cambios impredecibles pueden estar acompañados por patrones de movimientos poco ortodoxos y la realización de habilidades específicas que los jugadores no realizan en su vida cotidiana (Barry, Atkinson y Reilly, 2007). Estos cambios impredecibles en las situaciones de juego provocan que este deporte tenga un índice lesional superior al resto de deportes de equipo, como se ve en (Pascual, Pérez y Calvo, 2008).

Las lesiones pueden afectar de manera negativa al rendimiento del equipo. Se ha podido observar en la Primera división de fútbol de Qatar que los clubes con menor incidencia de lesiones mostraron una fuerte correlación con una mejor posición en la liga, mayor número de victorias, más goles marcados, así como una mejor diferencia de goles y puntos totales (Eirale, Tol, Farooq, Smiley y Chalabi, 2013). Además, una menor carga de lesiones y una mayor disponibilidad de partidos se asociaron con un aumento en el UEFA SCC (coeficiente que representa el rendimiento de un equipo en las competiciones europeas) como se muestra en Hägglund et al. (2013). Existe en la literatura varias definiciones de lo que es una lesión. Tal como dicen Eirale et al. (2017) la definición más comúnmente utilizada en la literatura del fútbol de élite es la definición de lesión por "pérdida o ausencia de tiempo", lo que implica que la lesión obliga al deportista a perder al menos una sesión de entrenamiento futura o el siguiente partido. Su principal limitación es que los jugadores en ocasiones pueden continuar la actividad a pesar de una lesión. Además, los jugadores clave, los que más minutos disputan a lo largo de la temporada, pueden ser obligados a jugar y entrenar a pesar de una lesión debido a su impacto en el equipo como se aprecia en el estudio de Eirale et al. (2017).

La incidencia lesional (IL) del fútbol profesional en entrenamiento está estimada entre 1,5-7,6 por cada 1000 horas de exposición, mientras que la IL en competición se sitúa entre 12-35 por cada 1000 horas de práctica (Dvorak y Junge, 2000). Otros estudios como los de Ekstrand, Waldén y Hägglund (2004) y Ekstrand, Hägglund y Waldén (2011), muestran que la IL durante la competición es de 5 a 10 veces superior a la IL de lesiones durante el entrenamiento. El grueso de investigaciones similares sitúan las lesiones en competición en torno a las 25-28 por cada 1000 horas de exposición (Noya Salces & Sillero Quintana, 2012). Las lesiones musculares son uno de los principales problemas de los jugadores de fútbol, ocupando del 20 al 37% de todas las lesiones a nivel profesional masculino, y del 18 al 23% a nivel amateur masculino (Ekstrand, Martin, & Wallden, 2011).

El objetivo de este estudio es conocer las lesiones producidas a lo largo de la temporada 2016/2017 de la primera y segunda división española en función del tipo de lesión (tipo muscular o no); posición del jugador (portero, defensa, centrocampista y

delantero); minuto en que se produce la lesión (0-15, 15-30, 30-45, 45-60,60-75 y 75-90) y la edad del jugador (≤ 20 , 21-25, 26-29, 30-32, ≥ 33). Únicamente se registran lesiones producidas en situación de partido. Por último, señalar que nuestras hipótesis son las siguientes: las lesiones más abundantes son las de tipo muscular, los delanteros son los futbolistas que más se lesionan, los 15 últimos minutos de cada parte son los más propicios para que aparezca la lesión y los jugadores mayores se lesionan más que los jóvenes.

Método

Se trata de un estudio descriptivo, en el cual nuestra muestra la conforman los jugadores de los 42 equipos de la Liga Santander y la Liga 123 del fútbol español durante la temporada 2016/2017. Estos datos han sido recopilados de las diferentes páginas web oficiales de los equipos de fútbol y otras páginas web como transfermarkt o resultados-fútbol las cuales compilan gran información de interés para nuestro estudio. La variable independiente de nuestro estudio son las lesiones, mientras que las variables dependientes son la tipología de lesión, la edad y la posición del jugador lesionado, y el minuto en el que se produce la lesión.

Resultados

La muestra ascendió a un total de 1.222 jugadores repartidos entre los 42 equipos, 20 de Primera y 22 de Segunda durante la temporada 2016-2017.

En cuanto al tipo de lesión, el número total de lesiones en Primera División ha sido de 179, de las cuales musculares 95 (53,1%), mientras que en Segunda División el total de lesiones ha sido de 170, de las cuales musculares 129 (75,5%).

Tabla 1
Número de lesiones según posición en Primera División

	N = 179			
	Portero	Defensa	Centrocampista	Delantero
Nº Lesiones (%)	7 (3,91%)	87 (48,6%)	47 (26,25%)	38 (21,22%)

Tabla 2
Número de lesiones según posición en Segunda División

	N = 170			
	Portero	Defensa	Centrocampista	Delantero
Nº Lesiones (%)	4 (2,35%)	70 (41,1%)	48 (28,3%)	48 (28,3%)

Con respecto a las lesiones registradas por puesto específico en Primera División se ha observado que los defensas (87 lesiones; 48,6%) son los jugadores que más se lesionan, mientras que por el contrario los porteros son los que menos se lesionaron (7 lesiones; 3,91%).

En la Segunda división y al igual que en la primera división los defensas son los jugadores que más se lesionaron (70 lesiones; 41,1%) y los porteros los que menos (4 lesiones; 2,35%).

Tabla 3
Número de lesiones según rango de edad en Primera División

N = 592					
	≤ 20 años	21-25 años	26-29 años	30-32 años	≥ 33 años
Nº Jugadores (%)	70 (11,82%)	225 (28%)	175 (29,56%)	87 (14,67%)	35 (5,91%)
Nº Lesiones (%)	4 (2,23%)	68 (37,99%)	70 (39,11%)	27 (15,08%)	10 (5,59%)

Tabla 4
Número de lesiones según rango de edad en Segunda División

N = 592					
	≤ 20 años	21-25 años	26-29 años	30-32 años	≥ 33 años
Nº Jugadores (%)	66 (10,48%)	254 (40,32%)	147 (23,33%)	90 (14,29%)	73 (11,59%)
Nº Lesiones (%)	5 (2,94%)	61 (35,88%)	47 (27,65%)	35 (20,59%)	22 (12,94%)

La tercera variable analizó las lesiones totales en función de la edad del deportista. Fueron agrupados en: ≤ 20 años, 21-25 años, 26-29 años, 30-32 años, ≥ 33 años. En la primera división hubo un total de 592 jugadores, de los cuales 70 jugadores estuvieron dentro del grupo de ≤ 20 (11,82% del total de jugadores), 225 jugadores en el grupo de 21-25(38%), 175 jugadores en el grupo de 26-29 (29,56%), 87 jugadores en el grupo de 30-32 (14,67%) y 35 jugadores en el grupo de ≥ 33 (5,91%). En la segunda división hubo un total de 630 jugadores, de los cuales 66 jugadores estuvieron dentro del grupo de ≤ 20 (10,48% del total de jugadores), 254 jugadores en el grupo de 21- 25 (40,32%), 147 jugadores en el grupo de 26-29 (23,33%), 90 jugadores en el grupo de 30-32 (14,29%) y 73 jugadores en el grupo de ≥ 33 (11,59%).

En la Primera división el grupo de edades comprendidas entre 26-29 años fue el que presentó un mayor número de lesiones (175 lesiones; 29,56%), siendo el segundo grupo de edad con mayor número de jugadores (175 jugadores; 29,56%) mientras que el grupo de edades comprendidas de menor o igual a 20 años fue en el que hubo menos lesiones (4 lesiones; 2,23%), siendo el cuarto grupo de edad con mayor número de jugadores (70 jugadores; 11,82%). En la Segunda división el grupo de edades comprendidas entre 21-25 años fue el que presentó un mayor número de lesiones (61 lesiones; 35,88%), siendo el grupo de edad con mayor número de jugadores (254 jugadores; 40,32%) mientras que el grupo de edades comprendidas de menor o igual a 20 años fue en el que hubo menos lesiones (5 lesiones; 2,94%), siendo el grupo de edad con menor número de jugadores (66 jugadores; 10,48%).

Tabla 5
Número de lesiones según minuto de juego en Primera División

N = 179							
		1ª Parte			2ª Parte		
		0-15	16-30	31-45	46-60	61-75	76-90
Nº Lesiones (%)	15 (9,49%)	26 (14,52%)	31 (17,32%)	39 (21,79%)	41 (22,9%)	25 (13,97%)	

Tabla 6
Número de lesiones según minuto de juego en Segunda División

N = 170						
	1ª Parte				2ª Parte	
	0-15	16-30	31-45	46-60	61-75	76-90
Nº Lesiones (%)	13 (7,65%)	15 (8,82%)	34 (20%)	34 (20%)	35 (20,59%)	39 (22,94%)

En Primera División, el periodo de tiempo con más lesiones fue el comprendido entre los 61' y los 75', con 41 lesiones (22,90% del total de las lesiones) mientras que en los primeros 15 minutos de la primera parte fue cuando aparecieron el menor número de lesiones (15 lesiones; 9,49%). En cuanto a la Segunda división el periodo de tiempo donde aparecieron más lesiones fue en los últimos quince minutos de la segunda parte con un total de 39 lesiones (23% del total de las lesiones), mientras que en los primeros 15 minutos de la primera parte fue cuando aparecieron el menor número de lesiones (13 lesiones; 7,65%).

Discusión y conclusiones

El fútbol muestra una IL superior al resto de deportes, tal y como muestran Stevenson, Hamer, Finch, Elliot y Kresnow (2000), de ahí que el objetivo de este estudio sea conocer las lesiones producidas a lo largo de la temporada 2016/2017 de la primera y segunda división española en función del tipo de lesión (tipo muscular o no); posición del jugador (portero, defensa, centrocampista y delantero); minuto en que se produce la lesión (0-15, 15-30, 30-45, 45-60, 60-75 y 75-90) y la edad del jugador (≤ 20 , 21-25, 26-29, 30-32, ≥ 33).

Tras el análisis de los resultados se aprecia que el tipo de lesión más predominante en el fútbol, tanto en primera como en segunda división son las lesiones musculares (Arnason et al., 2004; Leventer, Eek, Hofstetter y Lames, 2016; Olmedilla Zafra et al., 2009; D. Hawkins y W. Fuller, 1999; Volpi, Melegati, Tornese, y Bandi, 2004 y (Hawkins, Hulse, Wilkinson, Hodson, y Gibson, 2001). Las lesiones musculares superan el 50% de las registradas en este trabajo, siendo estos resultados similares a los obtenidos por Noya Salces y Sillero Quintana (2012) en la temporada 2008-2009. La tasa de lesiones musculares sigue incrementándose año tras año de forma progresiva mientras que la IL de otro tipo de lesiones se mantiene durante el paso de los años (Dauty y Collon, 2011).

Varios estudios muestran como difiere el tipo de lesión que sufre el deportista dependiendo de la demarcación que ocupa, como se puede ver en (Ekstrand, Waldén y Häggglund 2004; Carling, Orhant y LeGall 2010; Hawkins y Fuller 1996; Hodgson Phillips 2000; Faude, Meyer, Federspiel y Kindermann 2009 y Rynnänen et al. 2013), mientras que otros estudios afirman lo contrario (Morgan y Oberlander, 2001; Dauty y Collon, 2011; Dvorak y Junge, 2000 y Hawkins y Fuller, 1998). Atendiendo a la demarcación del jugador, observamos que tanto en Noya Salces y Sillero Quintana (2012), en Andersen, Tenga, Engebretsen, y Bahr (2004), los mediocentros y los delanteros, como en Carling, Orhant y LeGall (2010), Price, Hawkins, Hulse y Hodson (2004), Rynnänen y otros (2013) son deportistas que tienen un alto IL, en contradicción con Morgan y Oberlander (2001), donde los delanteros no sufren demasiadas lesiones.

En cuanto a nuestro estudio los resultados que hemos obtenido han sido que la posición que más lesiones sufre son los defensas, resultado que podemos contrastar en Hawkins y Fuller (1996), Hawkins y Fuller (1999) y Peterson, Junge, Chomiak, Graf-Baumann y Dvorak (2000), por lo que podemos decir que si atendemos a las lesiones según la posición que ocupa un jugador de fútbol en el terreno de juego hay resultados discrepantes. En donde si hay un acuerdo total, es en afirmar que la posición con menos lesiones es la de portero (Ryynänen y otros, 2013) (Faude, Meyer, Federspiel y Kindermann, 2009).

En cuanto a las lesiones en función de la edad del futbolista se encuentra poca literatura. Majewski, Susanne, y Klaus (2006) estudian en su caso las lesiones de rodilla durante 10 años de una gran cantidad de deportistas de diferentes modalidades y muestran cómo los deportistas comprendidos entre los 20 y los 29 años son los que más lesiones padecieron, doblando casi en número al siguiente rango de edad, que comprende los deportistas entre los 30 y los 40 años. Pese a que este estudio no se centra únicamente en el fútbol coincide exactamente con el resultado de nuestro estudio, en donde los deportistas de 21 a 25 años y de 26 a 29 años son los que más lesiones sufren, al igual que en Stevenson, Hamer, Finch, Elliot y Kresnow (2000) donde se comprueba que los deportistas entre los 26 y los 30 años tienen un IL mayor. Morgan y Oberlander (2001) analizaron la influencia de diferentes variables en la MLS, entre ellas la edad, llegando a la conclusión que la edad del deportista no es determinante en cuanto a la incidencia lesión, añadiendo además, que tampoco es determinante para la severidad de dicha lesión.

Respecto al minuto en el que se produce la lesión podemos observar que en la primera división española durante la temporada 2016/2017 el periodo de tiempo en el cual se producen un mayor número de lesiones es entre los minutos 61 y 75 seguidas del periodo comprendido entre el 46 y el 60 por lo que es en la segunda parte en donde se producen mayor número de lesiones (Dvorak, Junge y Derman, 2011). Esto concuerda con los estudios de Hawkins, Hulse, Wilkinson, Hodson, y Gibson (2001) y D. Hawkins y W. Fuller (1999) en donde se observó una frecuencia de lesiones mayor durante los últimos 15 minutos de la primera mitad, visto en Dvorak, Junge y Grimm (2007) y los últimos 30 minutos de la segunda. Con respecto a los datos de nuestro estudio sobre la segunda división española en donde el periodo de tiempo en el cual aparecen más lesiones es en los últimos 15 minutos de cada parte sí que vemos que hay una concordancia con el resto de literatura, como muestran Junge, Dvorak, y Graf-Baumann (2004). Existe una gran concordancia en toda la literatura, como en Sul Yoon, Chai, y Won Shin (2004), Junge, Dvorak, y Graf-Baumann (2004), Hawkins, Hulse, Wilkinson, Hodson, y Gibson (2001) y D. Hawkins y W. Fuller (1999) para señalar que en los primeros quince minutos de juego aparecen menos lesiones que durante el resto del partido. Con respecto a la tipología de la lesión y según los resultados obtenidos en nuestro estudio podemos llegar a la conclusión de que las lesiones más comunes en la primera y segunda división durante la temporada 2016/2017 han sido las lesiones musculares, siendo más elevadas en la segunda división que en la primera.

Si hablamos de la posición de los jugadores en el terreno de juego concluimos que los jugadores que más lesiones sufrieron durante la temporada 2016/2017 en primera y segunda división fueron los defensas, seguidos de los centrocampistas y delanteros, y en último lugar los porteros, los cuales se encuentran muy por debajo del resto. En lo referente a la edad de los futbolistas deducimos que los rangos de edad en donde hay un mayor número de lesiones fueron la de 21-25 años y 26-29 años, los cuales también son los que abarcan un mayor número de jugadores comparados con el resto de rangos.

Por último, si hablamos del minuto en el que se produce la lesión hemos llegado a la conclusión de que en la primera división española durante la temporada 2016/2017 el periodo de tiempo con más lesiones fue el comprendido entre los 61' y los 75', seguido del 46'-60', mientras que en la segunda división fueron en los últimos quince minutos de cada parte.

Referencias

- Andersen, T. E., Tenga, A., Engebretsen, L., & Bahr, R. (2004). Video analysis of injuries and incidents in Norwegian professional football. *British Journal of Sports Medicine*, 38(5), 626–631. <https://doi.org/10.1136/bjism.2003.007955>
- Arnason, A., Sigurdsson, S. B., Gudmundsson, A., Holme, I., Engebretsen, L., & Bahr, R. (2004). Risk Factors for Injuries in Football. *The American Journal of Sports Medicine*, 32(1_suppl), 5–16. <https://doi.org/10.1177/0363546503258912>
- Bloomfield, J., Polman, R., & O'Donoghue, P. (2007). Physical Demands of Different Positions in FA Premier League Soccer. *Journal of Sports Science & Medicine*, 6(1), 63–70. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24149226>
- Carling, C., Orhant, E., & Legall, F. (2010). Match injuries in professional soccer: Inter-seasonal variation and effects of competition type, match congestion and positional role. *International Journal of Sports Medicine*, 31(4), 271–276. <https://doi.org/10.1055/S-0029-1243646>
- Dauty, M., & Collon, S. (2011). Incidence of Injuries in French Professional Soccer Players. *International Journal of Sports Medicine*, 32(12), 965–969. <https://doi.org/10.1055/S-0031-1283188>
- Drust, B., Atkinson, G., & Reilly, T. (2007). Future Perspectives in the Evaluation of the Physiological Demands of Soccer. *Sports Medicine*, 37(9), 783–805. <https://doi.org/10.2165/00007256-200737090-00003>
- Dvorak, J., & Junge, A. (2000). Football Injuries and Physical Symptoms. *The American Journal of Sports Medicine*, 28(5_suppl), 3–9. https://doi.org/10.1177/28.suppl_5.s-3
- Dvorak, J., Junge, A., Derman, W., & Schwellnus, M. (2011). Injuries and illnesses of football players during the 2010 FIFA World Cup. *British Journal of Sports Medicine*, 45(8), 626–630. <https://doi.org/10.1136/bjism.2010.079905>
- Dvorak, J., Junge, A., Grimm, K., & Kirkendall, D. (2007). Medical report from the 2006 FIFA World Cup Germany. *British Journal of Sports Medicine*, 41(9), 578–581. <https://doi.org/10.1136/bjism.2006.034579>
- Eirale, C., Gillogly, S., Singh, G., & Chamari, K. (2017). Injury and illness epidemiology in soccer - effects of global geographical differences - a call for standardized and consistent research studies. *Biology of Sport*, 34(3), 249–254. <https://doi.org/10.5114/biolport.2017.66002>
- Eirale, C., Tol, J. L., Farooq, A., Smiley, F., & Chalabi, H. (2013). Low injury rate strongly correlates with team success in Qatari professional football. *British Journal of Sports Medicine*, 47(12), 807–808. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2012-091040>
- Ekstrand, J., Häggglund, M., & Waldén, M. (2011). Injury incidence and injury patterns in

- professional football: the UEFA injury study. *British Journal of Sports Medicine*, 45(7), 553–558. <https://doi.org/10.1136/bjism.2009.060582>
- Ekstrand, J., Waldén, M., & Hägglund, M. (2004). A congested football calendar and the wellbeing of players: correlation between match exposure of European footballers before the World Cup 2002 and their injuries and performances during that World Cup. *British Journal of Sports Medicine*, 38(4), 493–497. <https://doi.org/10.1136/bjism.2003.009134>
- Ekstrand, Jan, Hägglund, M., & Waldén, M. (2011). Epidemiology of Muscle Injuries in Professional Football (Soccer). *The American Journal of Sports Medicine*, 39(6), 1226–1232. <https://doi.org/10.1177/0363546510395879>
- Faude, O., Meyer, T., Federspiel, B., & Kindermann, W. (2009). Injuries in elite German football-A media-based analysis. *Deutsche Zeitschrift Fur Sportmedizin*, 60(6), 139–144.
- Hägglund, M., Waldén, M., Magnusson, H., Kristenson, K., Bengtsson, H., & Ekstrand, J. (2013). Injuries affect team performance negatively in professional football: an 11-year follow-up of the UEFA Champions League injury study. *British Journal of Sports Medicine*, 47(12), 738–742. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2013-092215>
- Hawkins, R. D., & Fuller, C. W. (1998). An examination of the frequency and severity of injuries and incidents at three levels of professional football. *British Journal of Sports Medicine*, 32(4), 326–332. <https://doi.org/10.1136/bjism.32.4.326>
- Hawkins, R. D., & Fuller, C. W. (1999). A prospective epidemiological study of injuries in four English professional football clubs. *British Journal of Sports Medicine*, 33(3), 196–203. <https://doi.org/10.1136/bjism.33.3.196>
- Hawkins, R. D., Hulse, M. A., Wilkinson, C., Hodson, A., & Gibson, M. (2001). The association football medical research programme: an audit of injuries in professional football. *British Journal of Sports Medicine*, 35(1), 43–47. <https://doi.org/10.1136/bjism.35.1.43>
- Inklaar, H. (1994). Soccer Injuries. *Sports Medicine*, 18(1), 55–73. <https://doi.org/10.2165/00007256-199418010-00006>
- Junge, A., & Dvorak, J. (2000). Influence of Definition and Data Collection on the Incidence of Injuries in Football. *The American Journal of Sports Medicine*, 28(5_suppl), 40–46. https://doi.org/10.1177/28.suppl_5.s-40
- Junge, A., Dvorak, J., & Graf-Baumann, T. (2004). Football Injuries during the World Cup 2002. *The American Journal of Sports Medicine*, 32(1_suppl), 23–27. <https://doi.org/10.1177/0363546503261246>
- Leventer, L., Eek, F., Hofstetter, S., & Lames, M. (2016). Injury Patterns among Elite Football Players: A Media-based Analysis over 6 Seasons with Emphasis on Playing Position. *International Journal of Sports Medicine*, 37(11), 898–908. <https://doi.org/10.1055/S-0042-108201>
- Lüthje, P., Nurmi, I., Kataja, M., Belt, E., Helenius, P., Kaukonen, J. P., Kiviluoto, H., Kokko, E., Lehtipuu, T. P., Lehtonen, A., Liukkonen, T., Myllyniemi, J., Rasilainen, P., Tolvanen, E., Virtanen, H., & Walldén, M. (1996). Epidemiology and traumatology of injuries in elite soccer: a prospective study in Finland. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 6(3), 180–185. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.1996.tb00087.x>

- Majewski, M., Susanne, H., & Klaus, S. (2006). Epidemiology of athletic knee injuries: A 10-year study. *The Knee*, 13(3), 184–188. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.knee.2006.01.005>
- Morgan, B. E., & Oberlander, M. A. (2001). An Examination of Injuries in Major League Soccer: The Inaugural Season. *The American Journal of Sports Medicine*, 29(4), 426–430. <https://doi.org/10.1177/03635465010290040701>
- Noya, J., & Sillero, M. (2012a). Epidemiología de las lesiones en el fútbol profesional español en la temporada 2008-2009. *Arch Med Deporte*, 150(4), 750–766.
- Noya, J., & Sillero, M. (2012b). Incidencia lesional en el fútbol profesional español a lo largo de una temporada: días de baja por lesión. *Apunts Sports Medicine*, 47(176), 115–123. <https://doi.org/10.1016/j.apunts.2011.10.001>
- Olmedilla Zafra, A., Andreu Álvarez, M. D., Ortín Montero, F. J., & Blas Redondo, A. (2015). Lesiones y fútbol base: un análisis en dos clubes de la Región de Murcia (Injuries and young football players: an analysis in two clubs of Murcia Region). *Retos*, 16, 63–66. <https://doi.org/10.47197/retos.v0i16.34976>
- Peterson, L., Junge, A., Chomiak, J., Graf-Baumann, T., & Dvorak, J. (2000). Incidence of Football Injuries and Complaints in Different Age Groups and Skill-Level Groups. *The American Journal of Sports Medicine*, 28(5_suppl), 51–57. https://doi.org/10.1177/28.suppl_5.s-51
- Phillips, L. H. (2000). Sports injury incidence. *British Journal of Sports Medicine*, 34(2), 133–136. <https://doi.org/10.1136/bjism.34.2.133>
- Price, R. J., Hawkins, R. D., Hulse, M. A., & Hodson, A. (2004). The Football Association medical research programme: an audit of injuries in academy youth football. *British Journal of Sports Medicine*, 38(4), 466–471. <https://doi.org/10.1136/bjism.2003.005165>
- Ryynänen, J., Junge, A., Dvorak, J., Peterson, L., Karlsson, J., & Börjesson, M. (2013). The effect of changes in the score on injury incidence during three FIFA World Cups. *British Journal of Sports Medicine*, 47(15), 960–964. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2012-091843>
- Stevenson, M. R., Hamer, P., Finch, C. F., Elliot, B., & Kresnow, M. (2000). Sport, age, and sex specific incidence of sports injuries in Western Australia. *British Journal of Sports Medicine*, 34(3), 188–194. <https://doi.org/10.1136/bjism.34.3.188>
- Volpi, P., Melegati, G., Tornese, D., & Bandi, M. (2004). Muscle strains in soccer: a five-year survey of an Italian major league team. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 12(5), 482–485. <https://doi.org/10.1007/s00167-003-0478-0>
- Yoon, Y. S., Chai, M., & Shin, D. W. (2004). Football Injuries at Asian Tournaments. *The American Journal of Sports Medicine*, 32(1_suppl), 36–42. <https://doi.org/10.1177/0095399703258781>

Fecha de recepción: 28/05/2021

Fecha de revisión: 15/08/2021

Fecha de aceptación: 09/06/2022