

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 cierto 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 pedalear 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 $p = 0,182$.

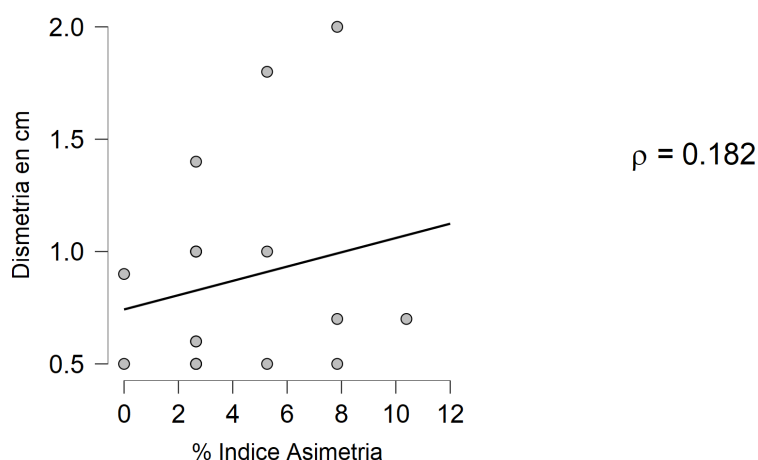


Figura 1. La relación entre la disimetría y el índice de asimetría.

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 Biomotricity*, 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/biol sport.2018.70749>

Fecha de recepción: 05/11/2021

Fecha de revisión: 03/03/2022

Fecha de aceptación: 05/05/2022