



Validación y fiabilidad del sensor Wheeler Jump para la ejecución del salto con contramovimiento

Brayan Esneider Patiño-Palma^{1*} , Carlos Andrés Wheeler-Botero² 
y Carlos Alberto Ramos-Parrací³ 

¹ Universidad de Boyacá. Colombia.

² Escuela Nacional del Deporte. Colombia.

³ Universidad del Tolima (Colombia).



Citación:

Patiño-Palma, B. E., Wheeler-Botero, C. A., & Ramos-Parrací, C. A. (2022). Validation and Reliability of The Wheeler Jump Sensor for the Execution of the Countermovement Jump. *Apunts Educación Física y Deportes*, 149, 37-44. [https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.\(2022/3\).149.04](https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.(2022/3).149.04)

Resumen

Numerosos entrenadores han utilizado el salto vertical como indicador del rendimiento neuromuscular. En este estudio, se seleccionó de forma no probabilística y conveniente a un total de 119 deportistas de alto rendimiento de diferentes disciplinas deportivas. Se evaluó el rendimiento de salto mediante el SCC en una sesión de entrenamiento utilizando la plataforma de contacto Chronojump Boscosystem, el sistema fotoeléctrico OptoGait y la aplicación para dispositivos móviles My Jump 2 como herramientas de medición, tras lo cual se compararon los resultados con los valores obtenidos con el sensor Wheeler Jump. Se estableció una validez y fiabilidad estadísticamente significativas (Wheeler Jump vs. OptoGait ICC .997 - .998. $p < .001$; Wheeler Jump vs. My Jump 2 ICC .991 - .995. $p < .001$; Wheeler Jump vs. ChronoJump ICC .995 - .997. $p < .001$), determinando así que el sensor Wheeler Jump es una herramienta fiable que proporciona a los profesionales e investigadores información precisa sobre los cambios en el rendimiento físico de los deportistas.

Palabras clave: deportista, óptica, pliometría, saltos, sensor, validación.

Editor:

© Generalitat de Catalunya
Departament de la Presidència
Institut Nacional d'Educació
Física de Catalunya (INEFC)

ISSN: 2014-0983

*Correspondencia:

Brayan Esneider Patiño-Palma
bepatino@uniboyaca.edu.co

Sección:

Pedagogía deportiva

Idioma original:

Inglés

Recibido:

24 de septiembre de 2021

Aceptado:

21 de febrero de 2022

Publicado:

1 de julio de 2022

Cubierta:

La práctica deportiva en la infancia favorece el crecimiento y la salud emocional de los niños.
© Kablonk Micro. AdobeStock

Introducción

Históricamente, el salto vertical ha sido utilizado como indicador del rendimiento neuromuscular por muchos entrenadores de diferentes disciplinas en el mundo (Montalvo et al., 2021). Durante la década de los sesenta, el profesor Rodolfo Margaria fue el primero en hablar de la relevancia del llamado Ciclo de Estiramiento-Acortamiento (CEA) afirmando que una contracción concéntrica precedida de una excéntrica podía generar una mayor fuerza que una contracción concéntrica aislada (García-López et al., 2003).

La mayoría de los movimientos y acciones deportivas se engloban en dicho CEA, facilitando así las contracciones concéntricas o fases propulsivas; por ello, el salto que más se ha popularizado en el ámbito deportivo como indicador de la eficiencia neuromuscular ha sido el salto con contramovimiento (SCC), el cual ha sido descrito en la literatura como determinante de la manifestación elástica explosiva de la fuerza (Garrido-Chamorro y González-Lorenzo, 2004). Para la evaluación del SCC, el protocolo más utilizado ha sido el test de Bosco, realizado a través de una plataforma de contacto, que permite evaluar y caracterizar los parámetros funcionales del salto en cada uno de los deportistas, así como medir la fuerza de las extremidades inferiores (Tejada y Suárez, 2013).

Existen numerosos datos fácticos científicos respecto al uso del salto vertical como indicador del rendimiento deportivo (Tejada y Suárez, 2013). Por ello, para la evaluación de este parámetro se puede utilizar una gran variedad de herramientas tecnológicas, desde las que son exclusivamente de laboratorio hasta el uso de instrumentos portátiles para la evaluación sobre el terreno.

En este sentido, las plataformas de fuerza se han considerado el instrumento más fiable y validado para la evaluación de la fuerza y la potencia de los miembros inferiores a través del salto vertical (Bosco et al., 1983a). Sin embargo, el coste de este instrumento sigue siendo un obstáculo para la mayoría de los entrenadores o fisioterapeutas. Sin embargo, la evaluación de la fuerza a partir de la altura del salto estimada por el tiempo de vuelo se ha convertido en una técnica validada, aceptada y de bajo coste para la evaluación de la eficiencia neuromuscular durante el salto (Bosco et al., 1983b; Harman et al., 1991).

Para determinar la altura del salto vertical, se utilizan herramientas o instrumentos de medición tales como las alfombras de contacto como el Chronojump Boscosystem (ICC 0.95) (De Blas et al., 2012), o sistemas foto-ópticos como el OptoGait (ICC 0.99) (Lee et al., 2014), que miden el tiempo de vuelo siguiendo las pautas de Bosco et al. (1983b).

Estos sistemas ópticos presentan una ventaja frente a las plataformas de fuerza y las colchonetas de contacto, consistente en poder realizar la evaluación del salto en las

mismas superficies en las que el deportista compite o entrena (Bosquet et al., 2009).

Uno de los últimos avances tecnológicos en instrumentos para la evaluación del salto vertical es la aplicación para dispositivos móviles My Jump 2 creada por el autor Carlos Balsalobre-Fernández (Balsalobre-Fernández et al., 2015a) con la que puede medirse el SCC de manera válida y fiable. En este sentido, Gallardo-Fuentes et al. (2016) demostraron que esta aplicación es una herramienta con un alto nivel de fiabilidad y validez intersesión e intrasesión para medir el rendimiento de salto vertical de deportistas masculinos y femeninos, en diferentes días.

El sensor fotoeléctrico Wheeler Jump se ha desarrollado como instrumento de evaluación alternativo. Es un sistema inalámbrico, portátil y ligero que, a través de una aplicación para dispositivos móviles, permite evaluar el salto vertical estimando la altura durante el tiempo de vuelo. La novedad del Wheeler Jump es la conectividad por Bluetooth con el móvil o la tableta, lo cual facilita la evaluación por parte del entrenador.

Por lo tanto, para hacer un uso científico del sensor fotoeléctrico Wheeler Jump, se lleva a cabo este estudio de validación comparándolo con tres sistemas de evaluación validados científicamente: Chronojump Boscosystem (Barcelona, España), OptoGait (Bolzano, Italia), y la aplicación para dispositivos móviles My Jump 2. En este sentido, el objetivo de este estudio era demostrar la validez y fiabilidad del sensor Wheeler Jump para la ejecución del SCC en deportistas de diferentes disciplinas deportivas, partiendo de la hipótesis de que los resultados obtenidos por el sensor Wheeler Jump no difieren de los resultados obtenidos con los tres sistemas de evaluación con los que se comparó.

Metodología

Participantes

En total, participaron en este estudio 119 deportistas de alto rendimiento de diversas disciplinas deportivas, seleccionados de forma no probabilística. Se evaluó a un total de 112 hombres y 7 mujeres entre enero y marzo de 2021. El día de la evaluación, todos los participantes estaban aparentemente sanos y no tenían antecedentes de lesiones. Para evitar interferencias con el experimento, se aconsejó a los participantes que no consumieran alcohol ni bebidas con cafeína 24 horas antes de la prueba. Todos los saltos se realizaron durante una única sesión de entrenamiento para evitar variaciones debidas al ciclo circadiano o cualquier otra variable de confusión.

Declaración ética

El protocolo del estudio siguió las direcciones de los principios éticos de la Declaración de Helsinki y lo establecido en la resolución 008430 del Ministerio de Salud y Protección Social de Colombia. Los objetivos y riesgos del estudio se explicaron antes de iniciar el protocolo de evaluación y fueron aceptados por todos los participantes, que firmaron el consentimiento informado de manera autónoma. Este estudio fue aceptado y avalado por un comité de ética legalmente constituido en cumplimiento de las normas nacionales e internacionales.

Procedimiento

Este estudio observacional consistió en varias mediciones de la altura máxima de salto de los participantes durante una única sesión de pruebas. Antes del proceso de evaluación, se hizo un calentamiento estandarizado de 10 minutos en un ergómetro de bicicleta (BTL CardioPoint® CPET) con una carga de potencia de 80 W y una cadencia de entre 70 y 75 r. p. m. Posteriormente, se realizó una activación neuromuscular mediante movimientos cortos de alta intensidad (esprint, carrera en zigzag y multisaltos). Los participantes hicieron 5 repeticiones de esprints en 5 metros con 1 minuto de descanso, 5 repeticiones de carrera en zigzag en 10 metros, con el mismo tiempo de descanso, y 4 series de 5 multisaltos verticales con elevación de rodilla con 1 minuto de descanso entre cada serie.

A continuación, se instruyó a los participantes con saltos de familiarización para lograr una técnica de salto adecuada,

haciendo hincapié en mantener el equilibrio durante la caída. Luego, los participantes hicieron 5 repeticiones de saltos con contramovimiento, descansando un minuto entre los saltos. Para lograr una ejecución correcta, los participantes colocaban las manos en las caderas y doblaban las rodillas en un ángulo de 90 grados, y saltaban hasta la máxima altura en un solo movimiento. El ángulo de la rodilla se supervisó en el plano sagital mediante un software de digitalización de vídeo en tiempo real.

La posición inicial del SCC era de pie, con el torso recto, las rodillas completamente extendidas y los pies separados a la altura de los hombros. Se les indicó que hicieran un movimiento rápido hacia abajo y luego un contramovimiento rápido hacia arriba para saltar lo más alto posible (Holsgaard Larsen et al., 2007).

Las pruebas de salto se realizaron con una alfombrilla de contacto ChronoJump Boscosystem versión 1.6.2 (Barcelona, España), en la que los valores de validez casi perfecta (95 % CI = .99-1.00; $p < .001$) (Pueo et al., 2020); un sistema fotoeléctrico OptoGait versión 1.12 (Bolzano - Italia), que ha descrito valores de validez estadísticamente significativos (95 % CI = 0.92-0.99; $p < .001$) (Lee et al., 2014); y la aplicación My Jump 2. que los autores han considerado una aplicación para dispositivos móviles válida y fiable ($p < .001$. ICC = .997) (Balsalobre-Fernández et al., 2015a). Todas las evaluaciones se llevaron a cabo simultáneamente y los resultados se compararon con los valores obtenidos con el sensor Wheeler Jump (Figura 1).

La evaluación se realizó durante un solo día por la mañana para garantizar que los evaluados no habían tenido ningún

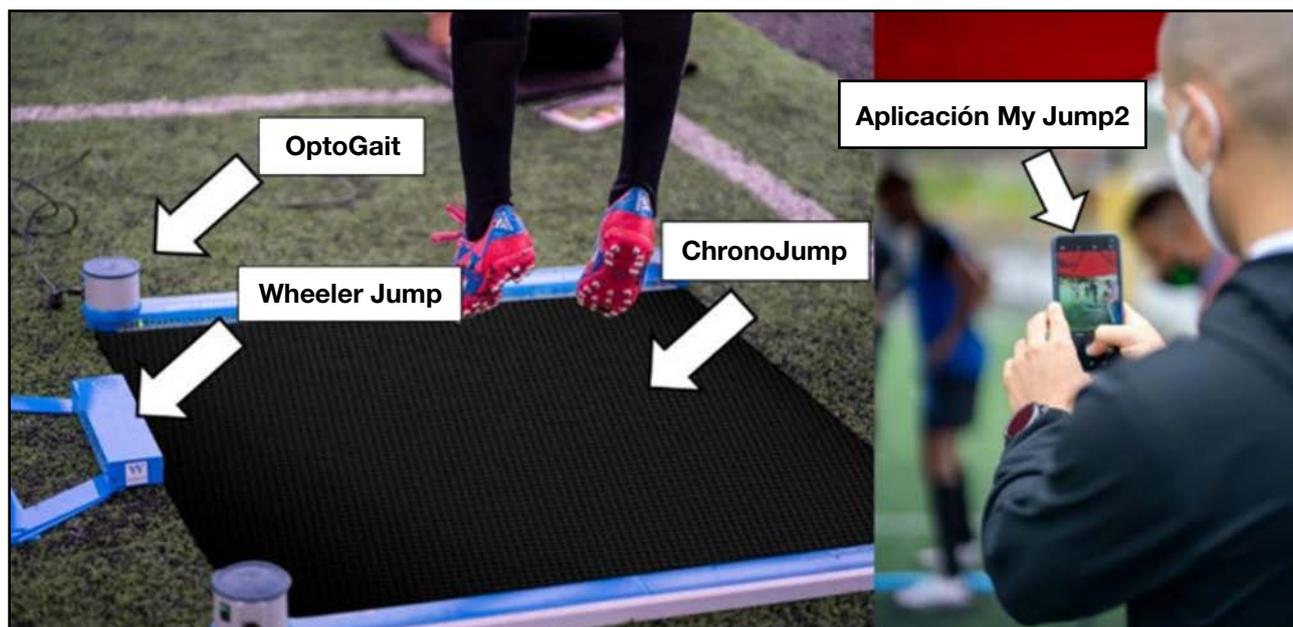


Figura 1

Protocolo de evaluación.

Nota: el protocolo de evaluación con los cuatro instrumentos de medición.

tipo de entrenamiento en las 18 horas previas a la evaluación. El terreno escogido para ubicar los dispositivos de evaluación fue siempre llano y sin contacto directo con el sol para no afectar a la obtención de datos con los instrumentos utilizados para la evaluación del salto.

La ubicación de los dispositivos se hizo primero fijando al suelo la plataforma de salto Chronojump Boscosystem. Se colocaron el sensor OptoGait y el Wheeler Jump alrededor de la plataforma de salto y, para grabar el vídeo con la aplicación My Jump 2, el evaluador se situó frente al deportista con una distancia de aproximadamente 2 metros para poder evaluar con precisión cada salto.

Análisis estadístico

El análisis estadístico se realizó con el programa SPSS® versión 25 y MedCal® versión 19.1. Dada la naturaleza cuantitativa de las variables, el análisis descriptivo de los datos se presenta a través de medidas de tendencia central, dispersión y variabilidad. La normalidad de los datos se determinó mediante la prueba de Shapiro-Wilk, debido

al alto poder estadístico de esta prueba respecto a otras pruebas de normalidad (Mohd Razali y Bee Wah, 2011); determinando así el comportamiento no paramétrico de los datos obtenidos en el presente estudio ($p < .05$).

Dada la distribución no normal de los datos, se decidió realizar un modelo de regresión de Passing y Bablok (Bilić-Zulle, 2011) para determinar la concordancia entre el sensor fotoeléctrico Wheeler Jump y los dispositivos de comparación (OptoGait, Chronojump y My Jump 2). Asimismo, dada la distribución no paramétrica de los datos, la fiabilidad del instrumento se determinó mediante el coeficiente de concordancia de la correlación LIN (CCC, por sus siglas en inglés, al igual que el resto de siglas) (Camacho Sandoval, 2008), el coeficiente de correlación interclases (ICC, por sus siglas en inglés) y el menor cambio relevante (SWC, por sus siglas en inglés). Por último, la validez concurrente se estableció con el coeficiente de correlación de Spearman determinado a partir del modelo de Passing y Bablok. Todos los cálculos mencionados irán acompañados de sus respectivos intervalos de confianza del 95 %. La significación estadística se fijó en el nivel de $p \leq .05$.

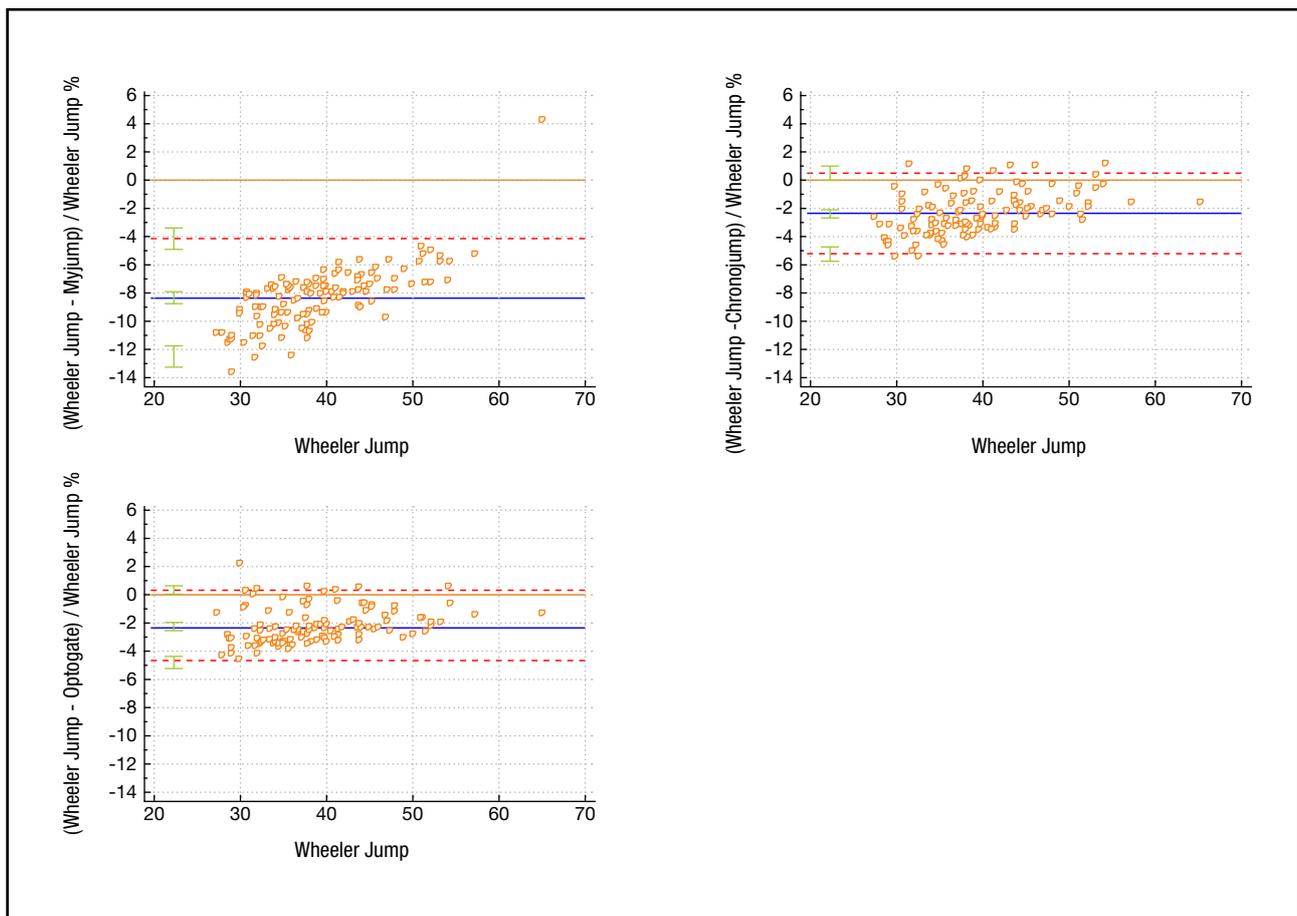


Figura 2

Análisis de comparación múltiple.

Nota: Esta imagen muestra las diferencias de medición entre el sensor Wheeler Jump y las otras estrategias de evaluación.

Resultados

Todos los participantes cumplieron el protocolo establecido para la evaluación de la fuerza a través del SCC, por lo que se logró la evaluación de un total de 119 deportistas de diferentes disciplinas deportivas. La edad media fue de 18.5 ± 1.3 años. Destaca que la edad media de experiencia deportiva indicada por los deportistas fue de $11 \text{ años} \pm 2.4$ años; se determinó un peso medio de 67.36 ± 5.97 kg, una altura media de 1.74 ± 0.056 m y un índice de masa corporal medio de 22.11 ± 1.58 kg/m²; esta población se clasifica según la OMS como de peso normal.

Estas fueron las alturas medias de los saltos evaluadas con los diferentes instrumentos de medición: 39.3 ± 7.1 cm para Wheeler Jump, 42.83 ± 6.9 cm para My Jump 2, 40.26 ± 7.0 cm para Chronojump, y 40.19 ± 7.08 cm para OptoGait. Se observó una mayor discrepancia en la evaluación entre el sensor Wheeler Jump y la app My Jump 2 (Figura 2).

El menor cambio relevante (SWC) fue muy homogéneo en los 4 instrumentos de medición, el SWC para el OptoGait fue de 1.41 centímetros, para el Chronojump fue de 1.402 cm, para la aplicación My Jump 2 fue de 1.39 cm y, para Wheeler Jump, fue de 1.41 cm, con lo que se determinó

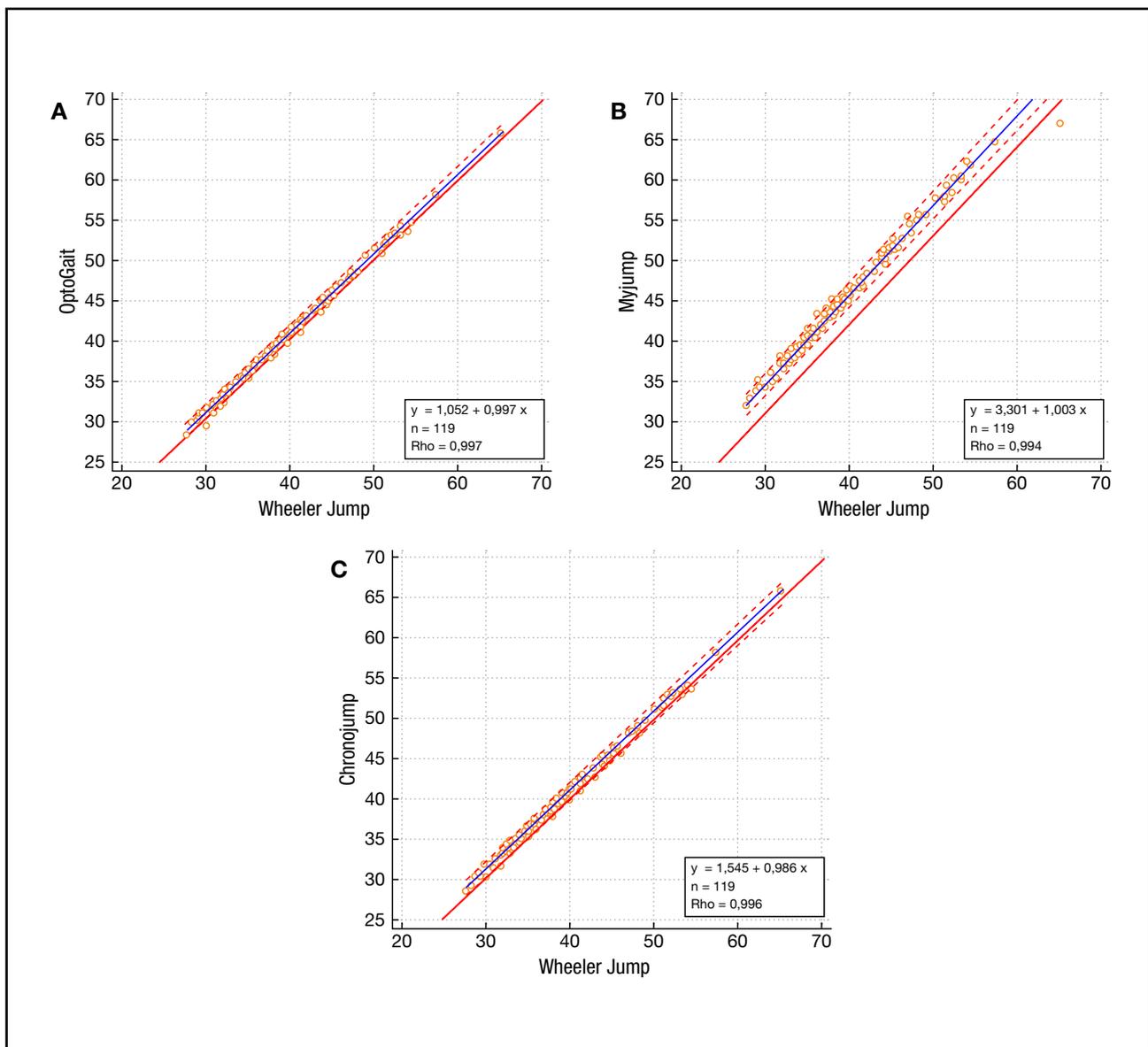


Figura 3

Análisis de correlación de Passing-Bablok.

A. Análisis de regresión Passing-Bablok entre OptoGait y Wheeler Jump; B. Análisis de regresión Passing-Bablok entre la aplicación para dispositivos móviles My Jump 2 y Wheeler Jump; C. Análisis de regresión Passing-Bablok entre Chronojump y Wheeler Jump. BablokContraste de estadísticas: Rho de Spearman; n = muestra; y = variable dependiente; x = variable independiente.

Tabla 1
Matriz de correlación y regresión de Passing-Bablok.

	Fotocélula Wheeler Jump					
	Rho (IC 95 %)	valor de <i>p</i>	ICC	Interceptar (IC 95 %)	Pendiente (IC 95 %)	r de Lin (IC 95 %)
OptoGait	.997 (.996 – .998)	.0001	.997 – .998	1.05 (0.67 – 1.45)	0.99 (0.98 – 1.06)	.997 (.996 – .998)
My Jump 2	.994 (.992 – .996)	.0001	.991 – .995	3.30 (-2.60 – 3.92)	1.002 (0.98 – 1.02)	.887 (.857 – .915)
Chronojump	.996 (.994 – .997)	.0001	.997 – .998	1.54 (0.96 – 2.09)	0.98 (0.97 – 1.01)	.989 (.985 – .992)

Rho: Rho de Spearman; valor de *p*: Significancia estadística; r de Lin: Coeficiente de concordancia de Lin; IC 95 %: Intervalo de confianza 95 %; SWC: Menor cambio relevante; ICC: Coeficiente de correlación interclases.

que, para que el cambio en el rendimiento del salto sea significativo en cualquiera de los 4 instrumentos, debe ser mayor de 1.4 centímetros.

La Figura 3 muestra las diferentes correlaciones medidas a partir del modelo de regresión Passing-Bablok entre el Wheeler Jump y los diferentes métodos de evaluación, con correlaciones positivas casi perfectas (Wheeler Jump vs. My Jump 2 Rho = .994; Wheeler Jump vs. OptoGait Rho = .997 y Wheeler Jump vs. Chronojump Rho = .996).

A partir de la tendencia observada en los datos obtenidos, cabe mencionar que la fotocélula Wheeler Jump ha obtenido una alta capacidad para predecir correctamente los resultados que podían obtenerse con OptoGait, My Jump 2 y Chronojump; lo cual le confiere un gran valor de validez.

Además, el coeficiente de variación calculado por el método logarítmico para el sensor Wheeler Jump en los tres saltos establecidos por el protocolo de evaluación fue del 1.5 % (IC 95 % 1.39 – 1.80); posteriormente, se determinó un error estándar de medición de 1.33 cm, lo cual mostró un excelente nivel de fiabilidad y repetibilidad.

La Tabla 1 muestra los valores obtenidos en cada uno de los modelos de regresión aplicados en este estudio. En ella se revela que, con los tres instrumentos con que se comparó el sensor Wheeler Jump, el intercepto y la pendiente de la fórmula de predicción no son estadísticamente significativos (debido a su intervalo de confianza), lo que sugiere que existe una baja probabilidad de error sistemático o diferencias proporcionales.

Por último, se determinó el índice de concordancia de Lin para evaluar la reproducibilidad y la concordancia entre el sensor y los métodos de evaluación utilizados en este estudio. Teniendo en cuenta los valores de referencia establecidos por Lin Li (Lin, 1989), se observó una concordancia perfecta con OptoGait, una concordancia sustancial con Chronojump y una concordancia deficiente con la aplicación My Jump 2.

Discusión

El rendimiento en el salto vertical se considera una estrategia viable para evaluar la potencia explosiva máxima de los miembros inferiores de los deportistas en condiciones de campo (Bosquet et al., 2009; Gutiérrez-Dávila et al., 2015; Ziv y Lidor, 2010).

Para evitar las limitaciones prácticas que implican las evaluaciones de laboratorio, se han introducido dispositivos portátiles para evaluar el rendimiento de los saltos a partir del tiempo de vuelo (Balsalobre-Fernández et al., 2015b; Copoví Lanusse, 2015); sin embargo, a pesar del uso generalizado de estos dispositivos portátiles, pocos estudios de investigación independientes han abordado la fiabilidad y la validez de estas herramientas (Balsalobre-Fernández et al., 2015a; Lee et al., 2014; Pueo et al., 2020).

Por lo tanto, el objetivo de este estudio era determinar la fiabilidad y la validez del sensor fotoeléctrico Wheeler Jump para medir la altura de salto vertical derivada del tiempo de vuelo, en comparación con diferentes herramientas de evaluación validadas científicamente.

Los resultados mostraron una fiabilidad y una repetibilidad muy significativas, y los coeficientes de correlación demostraron asociaciones casi perfectas entre el Wheeler Jump y los demás sistemas de evaluación utilizados en este estudio, con lo cual se confirmó la hipótesis de trabajo.

El modelo de regresión de Passing y Bablok verificó que el sesgo sistemático entre los resultados de los diferentes instrumentos era trivial. Asimismo, la falta de correlación lineal mostrada en los gráficos de comparación múltiple (excepto en el caso de la app My Jump 2) sugiere que no se prevén diferencias entre la DE de las mediciones de Wheeler Jump con el Chronojump y el OptoGait, lo que demuestra que el sesgo mínimo entre los métodos es constante en todo el rango de valores; en este sentido, la concordancia de los sensores hallada a partir del índice de Lin fue perfecta con

el OptoGait, sustancial con el ChronoJump y deficiente con la app My Jump 2.

Estos hallazgos coinciden parcialmente con los registrados por Pueo et al. (2020), quienes determinaron la validación del ChronoJump, comparando los datos obtenidos con plataformas de fuerza. Encontraron una fuerte validez concurrente y una excelente fiabilidad test-retest; sin embargo, estos mismos autores señalan la existencia de sesgos sistemáticos entre los dos dispositivos, situación que difiere de los datos registrados en este trabajo.

Las diferencias encontradas entre el sensor Wheeler Jump fue inferior a 1 cm en comparación con ChronoJump y OptoGait; sin embargo, la diferencia en relación con la aplicación para dispositivos móviles My Jump 2 fue de aproximadamente 3.5 cm. Esta diferencia puede deberse a la calidad de la cámara de los dispositivos móviles, que dificulta la selección precisa del momento del despegue durante la ejecución del salto, o a la pericia en el uso de la aplicación para dispositivos móviles. En este sentido, los estudios anteriores que compararon los instrumentos que evalúan el rendimiento de los saltos a través del tiempo de vuelo con los métodos alternativos basados en el laboratorio arrojaron mayores magnitudes de error. Se ha informado de que las alfombras de contacto sobrestiman la altura del salto con respecto a las plataformas de fuerza en un rango de aproximadamente 1.7 cm para SquatJump (SJ) (Kenny et al., 2012), y 2.8 para SCC (Enoksen et al., 2009). Esta sobreestimación se debe probablemente a la mínima fuerza necesaria para activar los circuitos mecánicos de las alfombras. Teniendo en cuenta lo anterior, se han encontrado discrepancias más amplias, como es el caso de las fotocélulas, que han mostrado un gran sesgo sistemático, variando de 14.49 a 11.08 cm para el SJ con las plataformas de fuerza a pesar de tener valores altos de fiabilidad y de repetibilidad (Attia et al., 2017).

Aplicaciones prácticas

Los datos presentados en este estudio han demostrado que el sensor Wheeler Jump es una herramienta fiable y válida para la evaluación del SCC en condiciones de campo, estableciendo que los resultados pueden ser intercambiables con el OptoGait y el ChronoJump. Los deportistas, entrenadores e investigadores pueden confiar en el uso de esta tecnología para evaluar y supervisar el rendimiento del salto vertical; por lo tanto, podemos concluir que se trata de una herramienta fiable que proporciona a los profesionales e investigadores información precisa sobre los cambios en el rendimiento físico de los deportistas a una fracción del valor de otros sistemas patentados.

Agradecimientos

Los autores quieren dar las gracias a todos los deportistas que han participado en el estudio; sin ellos, esto no habría sido posible.

Asimismo, los autores quieren agradecer a todas las ligas y equipos deportivos que facilitaron el acceso a los deportistas y facilitaron el desarrollo del trabajo de investigación.

Referencias

- Attia, A., Dhabhi, W., Chaouachi, A., Padulo, J., Wong, D. P., & Chamari, K. (2017). Measurement errors when estimating the vertical jump height with flight time using photocell devices: The example of OptoJump. *Biology of Sport*, 34(1), 63–70. <https://doi.org/10.5114/biolsport.2017.63735>
- Balsalobre-Fernández, C., Glaister, M., & Lockey, R. A. (2015a). The validity and reliability of an iPhone app for measuring vertical jump performance. *Journal of Sports Sciences*, 33(15), 1574–1579. <https://doi.org/10.1080/02640414.2014.996184>
- Balsalobre-Fernández, C., Nevado-Garrosa, F., Del Campo-Vecino, J., & Ganancias-Gómez, P. (2015b). Repeated Sprints and Vertical Jumps in Young Elite Soccer and Basketball Players. *Apunts Educación Física y Deportes*, 120, 52–57. [https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.\(2015/2\).120.07](https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.(2015/2).120.07)
- Bilić-Zulle, L. (2011). Comparison of methods: Passing and Bablok regression. In *Biochemia Medica* (Vol. 21, Issue 1, pp. 49–52). Biochemia Medica, Editorial Office. <https://doi.org/10.11613/bm.2011.010>
- Bosco, C., Komi, P. V., Tihanyi, J., Fekete, G., & Apor, P. (1983a). Mechanical power test and fiber composition of human leg extensor muscles. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 51(1), 129–135. <https://doi.org/10.1007/BF00952545>
- Bosco, C., Luhtanen, P., & Komi, P. (1983b). A simple method for measurement of mechanical power in jumping. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 50(2), 273–282. <https://doi.org/10.1007/BF00422166>
- Bosquet, L., Berryman, N., & Dupuy, O. (2009). A comparison of 2 optical timing systems designed to measure flight time and contact time during jumping and hopping. *Journal of Strength and Conditioning Research / National Strength & Conditioning Association*, 23(9), 2660–2665. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181b1f4ff>
- Camacho Sandoval, J. (2008). Coeficiente de concordancia para variables continuas. *Acta Médica Costarricense*, 52(6), 211–212. <https://doi.org/10.51481/amc.v52i6.5>
- Copoví Lanusse, R. (2015). Analysis of Plyometric Training Volume on Vertical Jump Height Performance. *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)
- De Blas, X., Padullés, J. M., Del Amo, J. L. L., & Guerra-Balic, M. (2012). Creación y validación de ChronoJump-Boscosystem: un instrumento libre para la medición de saltos verticales. *RICYDE: Revista Internacional de Ciencias Del Deporte*, 8(30), 334–356. <https://doi.org/10.5232/ricyde2012.03004>
- Enoksen, E., Tønnessen, E., & Shalfawi, S. (2009). Validity and reliability of the Newtest Powertimer 300-series@ testing system. *Journal of Sports Sciences*, 27(1), 77–84. <https://doi.org/10.1080/02640410802448723>
- Gallardo-Fuentes, F., Gallardo-Fuentes, J., Ramírez-Campillo, R., Balsalobre-Fernández, C., Martínez, C., Caniuqueo, A., Cañas, R., Banzer, W., Loturco, I., Nakamura, F. Y., & Izquierdo, M. (2016). Intersession and intrasession reliability and validity of the My Jump App for measuring different jump actions in trained male and female athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 30(7), 2049–2056. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001304>

- García-López, D., Herrero-Alonso, J., & De Paz-Fernandez, J. (2003). Metodología del entrenamiento pliométrico. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte*, 3(12), 190–204.
- Garrido-Chamorro, R. P., & González-Lorenzo, M. (2004). Test de Bosco: Evaluación de la potencia anaeróbica de 765 deportistas de alto nivel. *Lecturas: Educación Física y Deportes*, 10(78), 15.
- Gutiérrez-Dávila, M., Giles-Girela, F. J., González-Ropero, C., Gallardo-Román, D. J., & Rojas-Ruiz, F. J. (2015). Effect on the Intensity of Countermovement on Vertical Jump Performance. *Apunts Educación Física y Deportes*, 119, 87–96. [https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.\(2015/1\).119.06](https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.(2015/1).119.06)
- Harman, E. A., Rosenstein, M. T., Frykman, P. N., Rosenstein, R. M., & Kraemer, W. J. (1991). Estimation of human power output from vertical jump. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 5(3), 116–120. <https://doi.org/10.1519/00124278-199108000-00002>
- Holsgaard Larsen, A., Caserotti, P., Puggaard, L., & Aagaard, P. (2007). Reproducibility and relationship of single-joint strength vs multi-joint strength and power in aging individuals. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 17(1), 43–53. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2006.00560.x>
- Kenny, I. C., Caireallán, A. O., & Comyns, T. M. (2012). Validation of an electronic jump mat to assess stretch-shortening cycle function. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26(6), 1601–1608. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e318234ebb8>
- Lee, M. M., Song, C. H., Lee, K. J., Jung, S. W., Shin, D. C., & Shin, S. H. (2014). Concurrent validity and test-retest reliability of the OPTOGait photoelectric cell system for the assessment of spatio-temporal parameters of the gait of young adults. *Journal of Physical Therapy Science*, 26(1), 81–85. <https://doi.org/10.1589/jpts.26.81>
- Lin L. I.-K. (1989). A Concordance Correlation Coefficient to Evaluate Reproducibility. *Biometrics*, 1989;45(1):255.
- Mohd Razali, N., & Bee Wah, Y. (2011). Power comparisons of Shapiro-Wilk, Kolmogorov-Smirnov, Lilliefors and Anderson-Darling tests. *Journal of Statistical Modeling and Analytics*, 2(1), 21–33.
- Montalvo, S., Gonzalez, M. P., Dietze-Hermosa, M. S., Eggleston, J. D., & Dorgo, S. (2021). Common Vertical Jump and Reactive Strength Index Measuring Devices: A Validity and Reliability Analysis. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 35(5), 1234–1243. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003988>
- Pueo, B., Penichet-Tomas, A., & Jimenez-Olmedo, J. M. (2020). Reliability and validity of the Chronojump open-source jump mat system. *Biology of Sport*, 37(3), 255–259. <https://doi.org/10.5114/biolsport.2020.95636>
- Tejada, C., & Suarez, G. (2013). Correlación entre la potencia en miembros inferiores (altura de despegue del salto) medida con protocolo de Bosco y la velocidad frecuencial (medida con el test de 30 y 60 metros planos) de la selección Colombia femenina y masculina de ultimate frisbee. *Revista de Educación Física*, 2(1), 147–162.
- Ziv, G., & Lidor, R. (2010). Vertical jump in female and male basketball players-A review of observational and experimental studies. In *Journal of Science and Medicine in Sport* (Vol. 13, Issue 3, pp. 332–339). Elsevier.

Conflicto de intereses: las autorías no han declarado ningún conflicto de intereses.



© Copyright Generalitat de Catalunya (INEFC). Este artículo está disponible en la URL <https://www.revista-apunts.com/es/>. Este trabajo está bajo la licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License. Las imágenes u otro material de terceros en este artículo se incluyen en la licencia Creative Commons del artículo, a menos que se indique lo contrario en la línea de crédito. Si el material no está incluido en la licencia Creative Commons, los usuarios deberán obtener el permiso del titular de la licencia para reproducir el material. Para ver una copia de esta licencia, visite https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.es_ES