



Validació i fiabilitat del sensor Wheeler Jump per a l'execució del salt amb contramoviment

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

¹ Universitat de Boyacá. Colòmbia.

² Escola Nacional de l'Esport. Colòmbia.

³ Universitat del Tolima. Colòmbia.



Citació

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)

Resum

Molts entrenadors han utilitzat el salt vertical com a indicador del rendiment neuromuscular. En aquest estudi, es van seleccionar un total de 119 esportistes d'alt rendiment de diferents disciplines esportives d'una manera no probabilística i convenient. El rendiment del salt es va avaluar a través del salt amb contramoviment (*Countermovement Jump*, CMJ) en una sessió d'entrenament utilitzant la plataforma de contacte Chronojump Boscosystem, el sistema fotoelèctric OptoGait i l'aplicació de mòbil My Jump 2 com a eines de mesura, comparant els resultats amb els valors obtinguts amb el sensor Wheeler Jump. Es van establir una validesa i una fiabilitat estadísticament significatives (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, $p < .001$), de manera que es va determinar que el sensor Wheeler Jump és una eina fiable que proporciona informació acurada als professionals i investigadors pel que fa a canvis en el rendiment físic dels esportistes.

Paraules clau: esportista, òptic, pliometria, salts, sensor, validació.

Editat per:

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

ISSN: 2014-0983

*Correspondència:

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

Secció::

Pedagogia esportiva

Idioma de l'original:

Anglès

Rebut:

24 de setembre de 2021

Acceptat:

21 de febrer de 2022

Publicat:

1 de juliol de 2022

Coberta:

La pràctica esportiva en la
infància afavoreix el creixement
i la salut emocional dels infants.
© Kablonk Micro. AdobeStock

Introducció

Històricament, el salt vertical ha estat utilitzat com un indicador del rendiment neuromuscular per molts entrenadors de diferents disciplines arreu del món (Montalvo et al., 2021). Durant la dècada dels anys seixanta, el professor Rodolfo Margaria va ser la primera persona a parlar de la importància de l'anomenat cicle d'estirament escurçament (CEE), en afirmar que una contracció concèntrica precedida per una d'excèntrica podia generar nivells més alts de força que una contracció concèntrica aïllada (García-López et al., 2003).

La majoria de moviments i accions esportives compleixen aquest CEE, és a dir, faciliten les contraccions concèntriques o les fases propulsors. Per aquesta raó, el salt que ha estat més popular en el camp de l'esport com a indicador d'eficiència neuromuscular ha estat el salt amb contramoviment (CMJ), que ha estat descrit en la literatura com a determinant de la manifestació explosiva elàstica de la força (Garrido-Chamorro i González-Lorenzo, 2004). Per avaluar el CMJ, el protocol més utilitzat ha estat la prova Bosco, realitzada a través d'una plataforma de contacte que permet l'avaluació i la caracterització dels paràmetres funcionals del salt en cada un dels esportistes i també permet mesurar la força de les extremitats inferiors (Tejada i Suarez, 2013).

Hi ha evidència científica suficient pel que fa a l'ús del salt vertical com a indicador del rendiment esportiu (Tejada i Suarez, 2013). En conseqüència, es poden utilitzar una àmplia varietat d'eines tecnològiques per avaluar aquest paràmetre, que van des de les que són exclusivament per a ús en un laboratori fins a l'ús d'instruments portàtils per fer avaluació de camp.

En aquest sentit, les plataformes de força han estat considerades l'instrument més fiable i vàlid per avaluar la força i la potència de les extremitats inferiors a través del salt vertical (Bosco et al., 1983a). No obstant això, el cost d'aquest instrument continua sent una barrera per a la majoria dels entrenadors i/o fisioterapeutes. Tot i així, l'avaluació de la força a partir de l'altura del salt calculat segons el temps de vol ha esdevingut una tècnica validada, acceptada i de baix cost per a l'avaluació de l'eficiència neuromuscular durant el salt (Bosco et al., 1983b; Harman et al., 1991).

S'utilitzen algunes eines o instruments de mesura com ara estores de contacte com el Chronojump Boscosystem (ICC 0.95) (De Blas et al., 2012), i/o sistemes foto-òptics com l'OptoGait (ICC 0.99) (Lee et al., 2014) per determinar l'altura del salt vertical, mesurant el temps de vol tal com estableixen Bosco et al. (1983b).

Aquests sistemes òptics presenten un avantatge en comparació amb les plataformes de força i les estores de

contacte; aquest avantatge és que poden fer l'avaluació del salt en les mateixes superfícies on l'esportista competeix o s'entrena (Bosquet et al., 2009).

Un dels últims avenços tecnològics en instruments per a l'avaluació del salt vertical és l'aplicació de mòbil My Jump 2, creada per l'autor Carlos Balsalobre-Fernández (Balsalobre-Fernández et al., 2015a), i que demostra que el CMJ es pot mesurar vàlidament i de manera fiable a través de l'aplicació. En aquest sentit, Gallardo-Fuentes et al. (2016) han demostrat que aquesta aplicació és una eina amb una alta fiabilitat i vàlida intersessió i intrasessió per mesurar el rendiment del salt vertical en esportistes masculins i femenins, en dies diferents.

Com a instrument d'avaluació alternatiu, s'ha desenvolupat el sensor fotoelèctric Wheeler Jump. És un sistema sense cables, portàtil i lleuger que, a través d'una aplicació de mòbil, permet avaluar el salt vertical calculant l'altura durant el temps de vol. La novetat de Wheeler Jump és la connectivitat mitjançant Bluetooth al telèfon mòbil o tauleta, la qual cosa facilita l'avaluació a l'entrenador.

Per això, per fer un ús científic del sensor fotoelèctric Wheeler Jump, es porta a terme aquest estudi de validació comparant-lo amb tres sistemes d'avaluació científicament validats: Chronojump Boscosystem (Barcelona, Espanya), OptoGait (Bolzano, Itàlia), i l'aplicació de mòbil My Jump 2. En aquest sentit, l'objectiu d'aquest estudi era establir la validesa i la fiabilitat del sensor Wheeler Jump per a l'execució del CMJ en esportistes de disciplines diferents, partint de la hipòtesi que els resultats obtinguts pel sensor Wheeler Jump no variaran dels resultats obtinguts amb els tres sistemes d'avaluació amb què es comparava.

Metodologia

Participants

En aquest estudi hi han participat un total de 119 esportistes d'alt rendiment de diverses disciplines esportives seleccionats d'una manera no probabilística. Es van avaluar un total de 112 homes i 7 dones entre gener i març de 2021. El dia de l'avaluació, tots els participants estaven aparentment sans i no van comunicar cap historial de lesions. Per evitar interferències amb l'experiment, es va aconsellar als participants no consumir begudes alcohòliques o amb cafeïna 24 hores abans de la prova. Tots els salts es van realitzar durant una única sessió d'entrenament per evitar variacions degudes al cicle circadiari i/o altres variables que poguessin dur a confusió.

Declaració ètica

El protocol d'estudi va seguir les directrius dels principis ètics de la Declaració de Hèlsinki i les provisions de la Resolució 008430 del Ministeri de Salut i Protecció Social de Colòmbia. Els objectius i riscos de l'estudi es van explicar abans de començar el protocol d'avaluació i tots els participants els van acceptar i van signar el consentiment informat de manera autònoma. Aquest estudi va ser acceptat i va rebre el suport d'un comitè d'ètica legalment constituït d'acord amb les normes nacionals i internacionals.

Procediment

Aquest estudi observacional va consistir a fer mesuraments repetits d'altura de salt màxima en els participants durant una única sessió de testatge. Abans del procés d'avaluació, es va fer un escalfament estàndard de 10 minuts en un cicloergòmetre (BTL CardioPoint® CPET) amb una càrrega energètica de 80 W i una cadència de 70 a 75 rpm. Posteriorment, es va procedir a l'activació neuromuscular mitjançant moviments curts d'alta intensitat (esprint, cursa en ziga-zaga, i multisalt). Els participants feien 5 repeticions d'esprints en 5 metres amb 1 minut de descans, 5 repeticions de cursa en ziga-zaga durant 10 metres, amb el mateix temps de descans, i 4 sèries de 5 multisalts verticals amb elevació de genolls amb 1 minut de descans entre cada sèrie.

Després s'ensenyaven als participants diversos salts de familiarització per tal que assolissin una tècnica de salt

adequada posant l'èmfasi a mantenir l'equilibri durant la baixada. Els participants aleshores feien 5 repeticions de salts amb contramoviment amb un període de descans d'un minut entre salts. Per tal d'executar-los correctament, els participants es posaven les mans als malucs i doblegaven els genolls en un angle de 90 graus i saltaven a màxima altura en un sol moviment. L'angle de genolls es controlava en el pla sagital en temps real a través d'un programari de digitalització de vídeo.

La posició d'inici del CMJ era dempeus, amb el tors recte, els genolls completament estesos, i els peus separats alineats amb les espatlles. Se'ls va demanar que fessin un moviment ràpid cap avall i després un contramoviment ràpid cap amunt per saltar tan alt com fos possible (Holsgaard Larsen et al., 2007).

Les proves de salt es van fer utilitzant una estora de contacte Chronojump Boscosystem versió 1.6.2 (Barcelona - Espanya), en la qual es van obtenir valors de validesa gairebé perfecta (95% CI = 0.99-1.00; $p < .001$) (Pueo et al., 2020); un sistema fotoelèctric OptoGait versió 1.12 (Bolzano - Itàlia), que va descriure valors de validesa estadísticament significativa (95% CI = 0.92-0.99; $p < .001$) (Lee et al., 2014); i l'aplicació My Jump 2, que alguns autors han establert que és una aplicació de mòbil vàlida i fiable ($p < .001$, ICC = .997) (Balsalobre-Fernández et al., 2015a). Totes les avaluacions es van fer simultàniament i els resultats es van comparar amb els valors obtinguts amb el sensor Wheeler Jump (Figura 1).

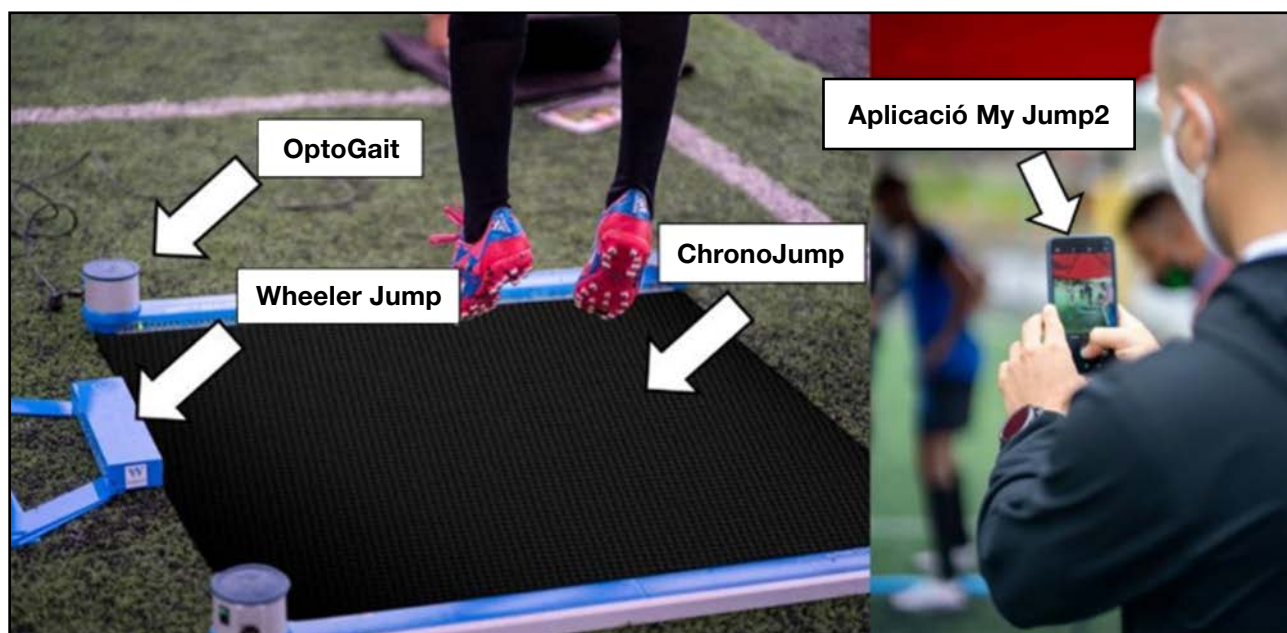


Figura 1

Protocol d'avaluació.

Nota: protocol d'avaluació amb els quatre instruments de mesura.

L'avaluació es va dur a terme al llarg d'un sol dia al matí per garantir que les persones avaluades no havien rebut cap tipus d'entrenament 18 hores abans de l'avaluació. El terreny seleccionat per col·locar els instruments d'avaluació era sempre pla i sense contacte directe amb el sol per tal que no afectés l'obtenció de dades amb els instruments utilitzats per avaluar el salt.

La col·locació dels instruments es va fer fixant, en primer lloc, la plataforma de salt Chronojump Boscosystem a terra. El sensor OptoGait i el Wheeler Jump es van situar al voltant de la plataforma de salt i, per fer el vídeo amb l'aplicació My Jump 2, l'avaluador es va posar davant de l'esportista a una distància aproximada de 2 metres per tal de poder avaluar acuradament cada salt.

Anàlisi estadística

L'anàlisi estadística es va fer utilitzant els programaris SPSS® versió 25 i MedCal® versió 19.1. L'anàlisi descriptiva de les dades es presenta a través de mesures de tendència central, dispersió i variabilitat, donada la naturalesa quantitativa de

les variables. La normalitat de les dades es va determinar a través de la prova Shapiro-Wilk, a causa de l'alt valor estadístic d'aquesta prova en relació amb altres proves de normalitat (Mohd Razali i Bee Wah, 2011); d'aquesta manera es va determinar el comportament no paramètric de les dades obtingudes en la present recerca ($p < .05$).

Donada la distribució no normal de les dades, es va decidir dur a terme un model de regressió Passing i Bablok (Bilić-Zulle, 2011) per determinar la concordança entre el sensor fotoelèctric Wheeler Jump i els mecanismes de comparació (OptoGait, Chronojump i My Jump 2). De manera similar, donada la distribució no paramètrica de les dades, la fiabilitat de l'instrument es va determinar utilitzant el coeficient de correlació de concordança (CCC) de Lin (Camacho Sandoval, 2008), el coeficient de correlació interclasse (ICC), i el canvi significatiu més petit (*Smallest Worthwhile Change*, SWC). Finalment, es va establir la validesa concurrent amb el coeficient de correlació de Spearman obtingut amb el model Passing i Bablok. Tots els càlculs esmentats anteriorment van acompanyats dels seus respectius intervals de confiança del 95%. La rellevància estadística es va fixar al nivell $p \leq .05$.

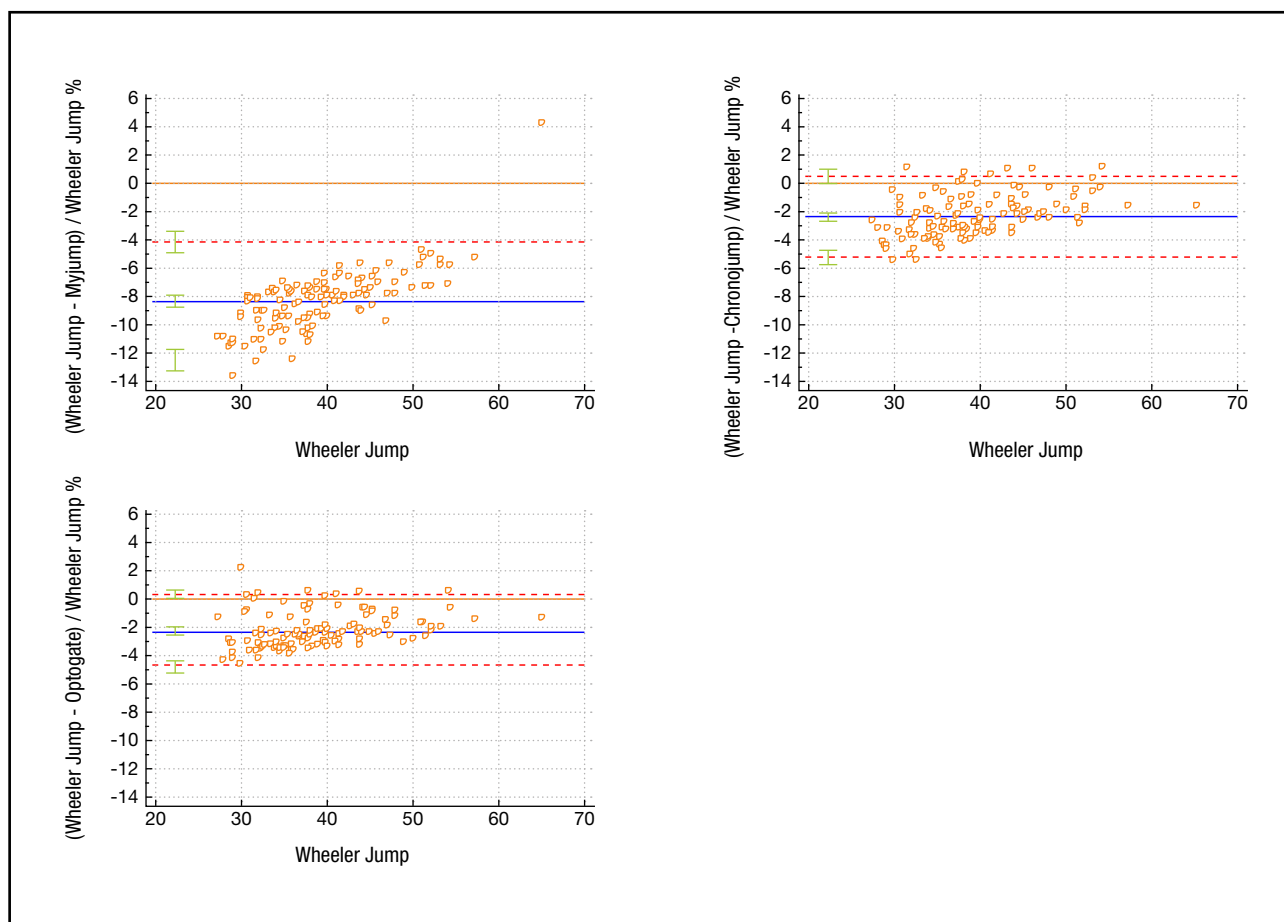


Figura 2

Anàlisi comparativa múltiple.

Nota: Aquesta imatge mostra les diferències de mesurament entre el sensor Wheeler Jump i la resta d'estratègies d'avaluació.

Resultats

El nombre total de participants va complir amb èxit el protocol establert per avaluar la força a través del CMJ, i es va assolir l'avaluació d'un total de 119 esportistes de diferents disciplines esportives. L'edat mitjana era de 18.5 ± 1.3 anys, i cal destacar que la mitjana d'anys d'experiència esportiva reportada pels participants va ser d' 11 ± 2.4 anys; es va determinar un pes mitjà de 67.36 ± 5.97 kg, una alçada mitjana d' 1.74 ± 0.056 m i una mitjana d'índex de massa corporal de 22.11 ± 1.58 kg/m², amb la qual cosa es podia classificar aquesta població dintre del pes normal segons l'OMS.

Les altures mitjanes dels salts avaluats amb els diferents instruments de mesura van ser: 39.3 ± 7.1 cm per a Wheeler Jump; 42.83 ± 6.9 per a My Jump 2; 40.26 ± 7.0 cm per a Chronojump, i 40.19 ± 7.08 cm per a OptoGait. Per tant, s'observa una discrepància més gran en l'avaluació entre el sensor Wheeler Jump i l'aplicació My Jump 2 (Figura 2).

El canvi significatiu més petit (SWC) va ser molt homogeni en els 4 instruments de mesura: l'SWC per a OptoGait va ser d'1.41 centímetres; per a Chronojump, va ser d'1.402 cm; per a l'aplicació My Jump 2, va ser d'1.39 cm, i per a Wheeler Jump va ser d'1.41 cm, de manera que es va determinar que, perquè el canvi en el rendiment del salt

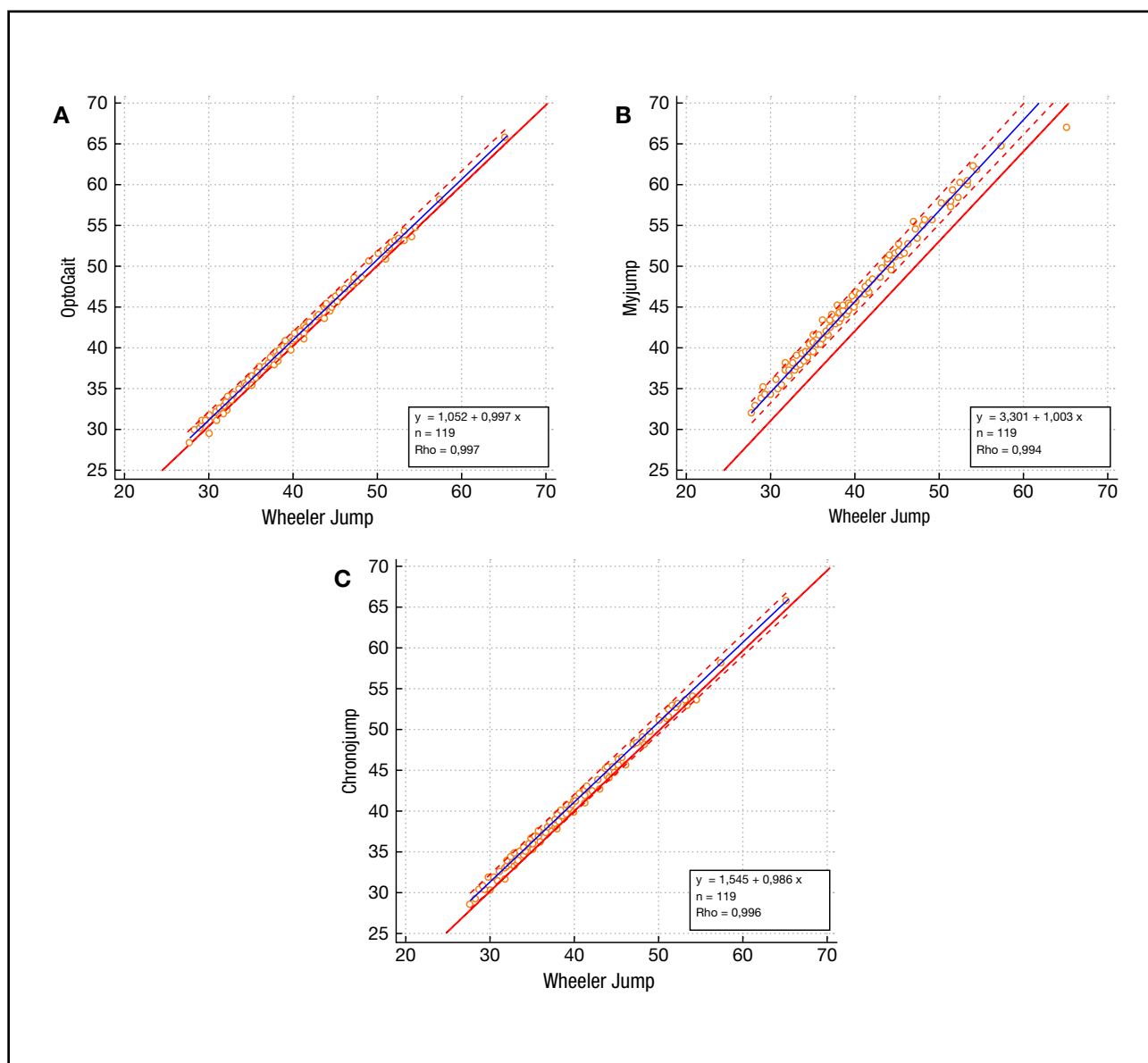


Figura 3

Anàlisi de correlació de Passing Bablok.

A. Anàlisi de regressió Passing Bablok entre OptoGait i Wheeler Jump; B. Anàlisi de regressió Passing Bablok entre l'aplicació de mòbil My Jump 2 i Wheeler Jump; C. Anàlisi de regressió Passing Bablok entre Chronojump i Wheeler Jump.

Estadística de contrast: rho de Spearman; n = mostra; y = variable dependent; x = variable independent.

Taula 1*Matriu de correlació i regressió Passing Bablok.*

Sensor fotoelèctric Wheeler Jump						
	Rho (95% CI)	Valor de <i>p</i>	ICC	Ordenada en l'origen (UN 95% CI)	Pendent (UN 95% CI)	r de Lin (UN 95% CI)
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 *p*: significació estadística; R de Lin: Coeficient de concordança de Lin; 95% CI: Interval de Confiança; SWC: Canvi significatiu més petit; ICC: Coeficient de correlació interclasse.

fos significatiu en qualsevol dels 4 instruments, havia de ser superior a 1.4 centímetres.

La figura 3 mostra les diferents correlacions mesurades a partir del model de regressió Passing Bablok entre el Wheeler Jump i els diferents mètodes d'avaluació, i mostra unes correlacions positives gairebé perfectes (Wheeler Jump vs. My Jump 2 $Rho = .994$; Wheeler Jump vs. OptoGait $Rho = .997$ i Wheeler Jump vs. Chronojump $Rho = .996$).

A partir de la tendència observada en les dades obtingudes, és legítim dir que el sensor fotoelèctric Wheeler Jump ha obtingut una alta capacitat per pronosticar correctament els resultats que es podien obtenir amb OptoGait, My Jump 2 i Chronojump, la qual cosa li atorga un alt valor de validesa.

A més, el coeficient de variació calculat amb el mètode logarítmic pel sensor Wheeler Jump en els tres salts establerts pel protocol d'avaluació va ser d'1.5% (CI 95% 1.39 - 1.80); en conseqüència, va determinar un error de mesura estàndard d'1.33 cm, la qual cosa mostra uns nivells excel·lents de fiabilitat i repetibilitat.

La taula 1 mostra els valors obtinguts en cada un dels models de regressió aplicats en aquest estudi i mostra que, amb els tres instruments amb què es va comparar el sensor Wheeler Jump, l'ordenada en l'origen i el pendent de la fórmula de predicció no són estadísticament significatius (a causa del seu interval de confiança), la qual cosa suggereix que hi ha una probabilitat baixa d'error sistemàtic i/o diferències proporcionals.

Finalment, es va determinar l'índex de concordança de Lin per avaluar la reproductibilitat i la concordança entre el sensor i els mètodes d'avaluació utilitzats en aquesta recerca. Considerant els valors de referència establerts per Lin Li (Lin, 1989), es va observar una concordança perfecta amb OptoGait, una concordança substancial amb Chronojump, i una concordança deficient amb l'aplicació My Jump 2.

Discussió

El rendiment del salt vertical es considera una estratègia viable per avaluar la màxima força explosiva de les extremitats inferiors en esportistes sota condicions de camp (Bosquet et al., 2009; Gutiérrez-Dávila et al., 2015; Ziv i Lidor, 2010).

Per evitar les limitacions pràctiques que impliquen les avaluacions en laboratoris, s'han introduït instruments portàtils per avaluar el rendiment del salt segons el temps de vol (Balsalobre-Fernández et al., 2015b; Copoví Lanusse, 2015); no obstant això, malgrat l'ús estès d'aquests instruments portàtils, hi ha pocs estudis de recerca independents que hagin analitzat la fiabilitat i la validesa d'aquestes eines (Balsalobre-Fernández et al., 2015a; Lee et al., 2014; Pueo et al., 2020).

Per això, l'objectiu d'aquest estudi era determinar la fiabilitat i la validesa del sensor fotoelèctric Wheeler Jump per mesurar l'altura del salt vertical obtinguda a partir del temps de vol, en comparació amb diferents eines d'avaluació validades científicament.

Els resultats han mostrat una fiabilitat i repetibilitat altament significativa, i els coeficients de correlació han demostrat unes associacions gairebé perfectes entre el Wheeler Jump i la resta de sistemes d'avaluació utilitzats en aquest estudi, la qual cosa ha confirmat la hipòtesi de treball.

El model de regressió Passing i Bablok va verificar que el biaix sistemàtic entre els resultats dels diferents instruments era trivial. A més, la falta de correlació lineal mostrada en les parcel·les de comparació múltiples (amb l'excepció de l'aplicació My Jump 2) suggereix que no s'espera cap diferència entre la desviació estàndard dels mesuraments de Wheeler Jump amb Chronojump i OptoGait, la qual cosa demostra que el biaix mínim entre els

mètodes és constant en tota la gamma de valors; en aquest sentit, la concordança de sensor trobada en relació amb l'índex de Lin va ser perfecta amb OptoGait, substancial amb ChronoJump, i deficient amb l'aplicació My Jump 2.

Aquestes troballes coincideixen parcialment amb les reportades per Pueo et al. (2020), que van determinar la validació de ChronoJump comparant les dades obtingudes amb plataformes de força i van trobar una forta validesa concurrent i una fiabilitat de prova-reprova excel·lent; no obstant això, aquests mateixos autors assenyalen l'existència de biaixos sistemàtics entre els dos instruments, una situació que difereix de les dades reportades en aquest article.

Les diferències trobades entre el sensor Wheeler Jump van ser inferiors a 1 cm en comparació amb ChronoJump i OptoGait; tanmateix, la diferència en relació amb l'aplicació mòbil My Jump 2 va ser d'aproximadament 3.5 cm. Aquesta diferència pot ser deguda a la qualitat de la càmera en els aparells mòbils, que fa difícil triar acuradament el moment d'enlairament durant l'execució del salt o la perícia a l'hora d'utilitzar l'aplicació mòbil. En aquest sentit, estudis previs que comparaven instruments que avaluen el rendiment del salt segons el temps de vol amb mètodes de laboratori alternatius van proporcionar magnituds d'error més altes. S'ha reportat que les estores de contacte sobreestimen l'altura del salt en relació amb les plataformes de força en un interval d'aproximadament 1.7 cm per als salts esquat (*Squat Jump, SJ*) (Kenny et al., 2012), i 2.8 per a CMJ (Enoksen et al., 2009). Aquest càlcul sobreestimat es deu probablement a la força mínima que es requereix per activar el sistema de circuits mecànic de les estores. Tenint en compte això, s'han trobat grans discrepàncies, com és el cas de les fotocèl·lules, que han mostrat un gran biaix sistemàtic, que varia de 14.49 a 11.08 cm per a l'SJ en relació amb les plataformes de força malgrat que té valors de fiabilitat i repetibilitat alts (Attia et al., 2017).

Aplicacions pràctiques

Les dades presentades en aquest estudi han demostrat que el sensor Wheeler Jump és una eina fiable i vàlida per avaluar el CMJ en condicions de camp, i estableixen que les troballes poden ser intercanviables amb OptoGait i ChronoJump. Els esportistes, els entrenadors i els investigadors poden confiar en l'ús d'aquesta tecnologia per avaluar i monitoritzar el rendiment del salt vertical; per tant, podem concloure que es tracta d'una eina fiable que proporciona als practicants i als investigadors informació acurada en relació amb els canvis en el rendiment físic d'un esportista en una fracció del valor dels sistemes patentats alternatius.

Agraïments

Els autors voldrien donar les gràcies a tots els esportistes que han participat en l'estudi; sense ells això no hauria estat possible. De la mateixa manera, els autors voldrien donar les gràcies a totes les lligues i equips esportius que han facilitat l'accés als esportistes i han facilitat el desenvolupament d'aquest treball de recerca.

Referències

- Attia, A., Dhahbi, 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., Caniunqueo, 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.0b013e318234ebbb8>
- 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.

Conflicte d'interessos: les autories no han comunicat cap conflicte d'interessos.



© Copyright Generalitat de Catalunya (INEFC). Aquest article està disponible a l'URL <https://www.revista-apunts.com/ca/>. Aquest treball està publicat sota una llicència Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License. Les imatges o qualsevol altre material de tercers d'aquest article estan inclosos a la llicència Creative Commons de l'article, tret que s'indiqui el contrari a la línia de crèdit; si el material no s'inclou sota la llicència Creative Commons, els usuaris hauran d'obtenir el permís del titular de la llicència per reproduir el material. Per veure una còpia d'aquesta llicència, visiteu <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.ca>