

Monograph

# Confiabilidad de la Cinemática y la Cinética Asociada con el Test Unilateral de Salto con Caída seguido de un Salto en Largo. Un Breve Reporte

Markus Stålbom<sup>1</sup>, David Jonsson Holm<sup>1</sup>, John Cronin, PhD<sup>1,2</sup> y Justin W L Keogh<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Institute of Sport and Recreation Research New Zealand, Auckland University of Technology, Auckland, New Zealand.*

<sup>1</sup>*Institute of Sport and Recreation Research New Zealand, Auckland University of Technology, Auckland, New Zealand.*

<sup>2</sup>*School of Exercise, Biomedical and Health Sciences, Edith Cowan University, Western Australia, Australia.*

## RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue determinar la confiabilidad del desplazamiento durante una salto con caída seguido de un salto en largo. Dieciocho sujetos varones realizaron, en dos días separados, un salto con caída desde un cajón de 20 cm y luego de tomar contacto con una plataforma de fuerza realizaron un salto en largo tratando de alcanzar la máxima distancia horizontal. Las variables dependientes para la valoración de los saltos incluyeron la fuerza de reacción (GRF) pico y vertical (V) y horizontal (H), la fuerza de reacción media vertical y horizontal, el impulso, el desplazamiento horizontal y el tiempo de contacto. La variabilidad inter-test de todas las medidas cinemáticas y cinéticas fue menor al 7%. La medida más consistente entre las pruebas fue el desplazamiento horizontal (1.2 a 1.4%) y las mas variables fueron el tiempo de contacto en el primer día (6.5%) y la HGRF pico en el segundo día (4.3%). En todos los casos hubo una menor variación asociada al segundo día de evaluación que al primer día. En términos de variabilidad test-retest, los porcentajes de cambio en las medias y en los coeficientes de variación (CV) fueron menores al 10%. Los cambios más pequeños en la media (0.43%), la menor variación (<2.26%) y el segundo coeficiente de correlación interclase más alto (ICC = 0.95) estuvieron asociados con el desplazamiento horizontal. El mayor ICC (0.96) estuvo asociado con el impulso horizontal. Dada la confiabilidad del test unilateral de salto con caída seguido de un salto en largo, este podría ser una mejor herramienta de pronóstico y diagnóstico que los saltos verticales bilaterales.

**Palabras Clave:** fuerza de reacción, impulso, valoración

## INTRODUCCION

En la literatura existe cierta preocupación acerca del uso de los saltos verticales bilaterales para medir la potencia de las extremidades con el propósito de valorar a los atletas, monitorear el rendimiento, identificar talentos y, en ciertas circunstancias estimar la preparación para el entrenamiento o la recuperación luego de un proceso de rehabilitación

(Arteaga et al., 2000; Cornwell et al., 2002; Knudson et al., 2001; Russell et al., 2006). Sin embargo, la mayoría de los movimientos humanos involucran la precarga muscular durante la fase excéntrica, fuerzas propulsivas horizontales y verticales (ciclo de estiramiento-acortamiento), y propulsión unilateral. Una valoración del movimiento que incorpore dichos criterios podría tener un mayor valor de pronóstico/diagnóstico tanto para los entrenadores como para los médicos. Un test que cumple con los criterios mencionados previamente es el test unilateral de salto con caída seguido de un salto en largo (*single leg drop jump for horizontal displacement*, SLDJ), ya que se trata de un salto unilateral que involucra fuerzas de propulsión tanto horizontales como verticales, la precarga muscular y la propulsión unilateral. En vista de que esta es una nueva forma de evaluación, es importante cuantificar su confiabilidad. Con esto en mente, el propósito del presente estudio fue calcular la confiabilidad inter-test y la confiabilidad test-retest de diversas variables cinemáticas y cinéticas asociadas con el rendimiento en el SLDJ.

## MÉTODOS

---

### Sujetos

Dieciocho sujetos varones se ofrecieron voluntariamente para participar en el estudio. Los sujetos participaban en una amplia variedad de actividades deportivas que involucran predominantemente al tren inferior, y ninguno había sufrido lesiones en las extremidades en los seis meses previos al estudio. Los valores medios de la edad, masa corporal y talla fueron  $22 \pm 2.5$  años,  $80.4 \pm 9.4$  kg y  $1.80 \pm 0.07$  m, respectivamente (media  $\pm$  DE). Todos los sujetos firmaron una forma de consentimiento informado antes de participar en la investigación. Todos los procedimientos utilizados en el estudio fueron aprobados por el Comité de Ética para la Utilización de Sujetos Humanos de la Universidad de Auckland.

### Equipamiento

Los datos fueron recolectados utilizando una plataforma de fuerza (Tipo 9287 B; Kistler, Switzerland) colocada en el suelo, de acuerdo con las instrucciones de los fabricantes, lo cual proveyó una superficie de contacto de  $60 \times 90$  cm. Para describir las fuerzas (F) relativas a la plataforma de fuerza se utilizó un sistema de coordenadas ortogonales x, y, z. La convención de los signos designó a las fuerzas verticales ascendentes (Fz), a las fuerzas laterales (Fx) y a las fuerzas anteriores (Fy) como positivas. El muestreo de los tres componentes comenzaba al alcanzar un umbral de 10 N para las VGRF. El muestreo de las GRF fue llevado a cabo utilizando un conversor analógico/digital CIO-DAS 16/330 (Computer Boards Inc. Middleboro, MA, USA) a una frecuencia de 500 Hz durante tres segundos. Para adquirir, almacenar y analizar los datos de las GRF se utilizó el programa Labview (National Instruments, California). El desplazamiento fue medido utilizando una cinta métrica (Fibreglass, Western Australia).

### Procedimientos de Evaluación

Los procedimientos de evaluación se llevaron a cabo dos veces en un período de cuatro semanas. Los sujetos fueron instruidos para que no realizaran entrenamientos intensos con las piernas en los dos días previos al día de evaluación. La preparación de los sujetos fue individualizada de acuerdo con las preferencias personales, pero en general involucró un período en el cual los sujetos realizaron trotes y estiramientos. La familiarización con la evaluación involucró una entrada en calor con saltos y luego la realización de varios ( $4 \pm 2$  pruebas) saltos SLDJ con cada pierna hasta que los sujetos se sintieran cómodos con la técnica. Se les pidió a los sujetos que replicaran este procedimiento en la segunda sesión de evaluación que se llevó a cabo siete días después de la primera sesión de evaluación.

### Evaluación de los Saltos

Los saltos fueron llevados a cabo desde un cajón de 20 cm de altura colocado adyacentemente a la plataforma de fuerza. Se seleccionó una altura de 20 cm debido a que la mayoría de los sujetos pudieron realizar el test unilateral desde esta altura y por lo tanto la carga sobre la extremidad durante la toma de contacto no fue mayor ni menor a la que los atletas estaban acostumbrados. Se les pidió a los sujetos que se dejaran caer desde el cajón, con sus manos fijas en las caderas (minimizando así la contribución de los brazos durante el movimiento de extensión), que tomaran contacto con la plataforma con una de las piernas para luego realizar el salto en largo aterrizando finalmente con ambas piernas. Las instrucciones dadas a los sujetos fueron "que minimizaran el tiempo de contacto y maximizaran el desplazamiento horizontal". El desplazamiento horizontal fue medido con una cinta métrica desde el punto en que los dedos del pie dejaron la plataforma de contacto hasta el talón del pie más próximo a la plataforma. La plataforma de fuerza fue marcada cada dos centímetros para facilitar la observación del punto de contacto y para minimizar el error. El test fue llevado a cabo con ambas piernas con el propósito de hallar una estabilización en el rendimiento en un mínimo de cuatro saltos y un máximo de seis saltos. El orden de las piernas fue asignado aleatoriamente.

## Análisis de los Datos

Para cada sujeto se identificaron los dos saltos de mayor distancia y se promediaron todas las variables de interés que luego se utilizarían en los análisis. Dicho enfoque es comúnmente utilizado para las evaluaciones de campo, especialmente para aquellas que se realizan con grandes muestras (Maulder and Cronin, 2005; Parker-Simpson and Cronin, 2006). Las variables seleccionadas para los análisis fueron: longitud del salto, tiempo de contacto (CT), impulso horizontal (impulso H), impulso vertical (impulso V), fuerza horizontal media (HGRF media), fuerza vertical media (VGRF media), fuerza horizontal pico (HGRF pico), fuerza vertical pico (VGRF pico) y coeficiente de reactividad (RC). El coeficiente de reactividad (RC) fue calculado utilizando la siguiente ecuación (Young, 1995a, 1995b):  $RC = \text{longitud del salto} / \text{tiempo de contacto}$ .

Estas variables fueron seleccionadas debido a que han sido ampliamente investigadas y se ha reportado que son factores determinantes del rendimiento durante el salto y la carrera. Por lo tanto, en el presente estudio se cuantifica la confiabilidad de estas variables en términos del rendimiento en el test unilateral de salto con caída seguido de salto en largo.

## Análisis Estadísticos

No se observaron diferencias significativas ( $p < 0.181$ ) entre las extremidades para ninguna de las variables medidas y por lo tanto, para los análisis, se agruparon los datos de ambas extremidades. La estadística descriptiva de todas las variables se presenta a través de valores medios y desviaciones estándar para indicar una medida de tendencia central y una medida de dispersión. Las mediciones de la confiabilidad (diferencia en la media, CV e ICC) se determinaron utilizando el programa SPSS 14.0 (SPSS Inc., Chicago, Illinois). El CV (%) fue calculado como  $DE / \text{media} * 100$  y para el ICC se utilizó un modelo mixto a dos colas. El CV se calculó entre las pruebas (2). Además el CV y el ICC se calcularon entre las sesiones de evaluación.

## RESULTADOS

Los valores medios y las desviaciones estándar de las nueve variables medidas durante los saltos se muestran en la Tabla 1. La variabilidad entre las pruebas (CV) de todas las medidas cinemáticas y cinéticas fue menor al 7%. La medición más consistente en ambas pruebas fue la longitud del salto (1.2 a 1.4%), y las mediciones más variables fueron el CT durante la primera sesión de evaluación (6.5%) y HGRF pico durante la segunda sesión (4.3%). En todos los casos se observó una menor variación durante la segunda sesión de evaluación.

Variables	Día 1 (n = 18)			Día 2 (n = 18)		
	Media	DE	CV	Media	DE	CV
Longitud del Salto (cm)						
CT (s)	171	15	1.4	172	15	1.2
Impulso H (Ns)	0.41	0.06	6.5	0.39	0.04	4.1
Impulso V (Ns)	-139	26	5.6	-140	22	3.8
HGRF medio (N)	463	99	4.5	437	72	3.6
VGRF medio (N)	-363	58	6.0	-386	58	4.1
HGRF pico (N)	1135	153	3.8	1130	116	3.3
VGRF pico (N)	-630	102	5.6	-674	97	4.3
RC (cm/s)	1880	247	5.6	1928	219	4.1

**Tabla 1.** Media entre las pruebas, desviación estándar (DE) y coeficiente de variación (CV) para las variables evaluadas en cada sesión.

En términos de variabilidad test-retest, el porcentaje de cambio en las medias y los CV fueron todos menores que el 10% (ver Tabla 2). Los menores cambios en la media (0.43%), la menor variación (<2.26%) y el segundo ICC más alto (0.95) estuvieron asociados con la longitud del salto. El mayor ICC (0.96) estuvo asociado con el impulso horizontal. Como se puede observar en las Tablas 1 y 2, el RC es una de las variables menos estables entre las pruebas y las sesiones de evaluación.

<b>Variables</b>	<b>% de Cambio</b>	<b>CV (%)</b>	<b>ICC</b>
<b>Longitud del Salto (cm)</b>	0.43	2.26	0.95
<b>CT (s)</b>	-2.47	5.04	0.90
<b>Impulso H (Ns)</b>	2.53	4.74	0.96
<b>Impulso V (Ns)</b>	1.16	8.28	0.84
<b>HGRF medio (N)</b>	6.50	5.66	0.95
<b>VGRF medio (N)</b>	2.81	5.74	0.74
<b>HGRF pico (N)</b>	6.81	5.86	0.94
<b>VGRF pico (N)</b>	4.60	5.71	0.84
<b>RC (cm/s)</b>	7.25	7.78	0.84

**Tabla 2.** Porcentajes de cambio en la media, coeficientes de variación (CV) y coeficientes de correlación interclase (ICC) calculados entre las dos sesiones de evaluación para las variables medidas durante los saltos.

## DISCUSION

El CV es una medida absoluta de consistencia. Algunos científicos han elegido arbitrariamente un CV objetivo del 10% o menor pero los méritos de este valor son fuentes de controversias (Atkinson et al., 1998). No obstante, todas las variables dependientes tuvieron un CV por debajo del 10%. La menor variación entre las pruebas del SLDJ fue observada para la longitud del salto, con valores del CV del 1.4% y 1.2% para los días 1 y 2 respectivamente. Para todas las variables, durante la segunda sesión de evaluación se observó una menor variación entre las pruebas, y esto posiblemente indica que se requiere de una mayor familiarización para minimizar el efecto de aprendizaje. Sin embargo, la confiabilidad observada en estudios previos (Maulder and Cronin, 2005; Parker-Simpson and Cronin, 2006; Ross et al., 2002) que han examinado la confiabilidad del test unilateral de salto en largo y de saltos verticales bilaterales, fue similar a la hallada en el presente estudio.

El ICC es una medida relativa de consistencia y denota el grado en el cual los individuos mantienen su posición en una muestra con medidas repetidas. Si bien no existen estándares preestablecidos de una medida de confiabilidad aceptable, se ha sugerido que los valores de ICC superiores a 0.75 pueden ser considerados confiables y este índice debería ser de al menos 0.90 para aplicaciones clínicas (Walmsley et al., 1996). Todos los valores de ICC (con excepción de la VGRF media) hallados en el presente estudio, fueron mayores al valor de 0.75 que denota una confiabilidad aceptable. Esto indica que los procedimientos y el equipamiento utilizados en este estudio tuvieron un alto grado de estabilidad entre los días de evaluación. Estos valores son comparables a los citados en estudios previos en los cuales se investigaron nuevos procedimientos de evaluación (Maulder and Cronin, 2005; Parker-Simpson and Cronin, 2006; Ross et al., 2002).

En el presente estudio se consideró que el RC horizontal sería una medida que permitiría una mayor comprensión de la tolerancia a la carga de estiramiento y a la capacidad reactiva de los músculos de manera similar al coeficiente de reactividad vertical (Young, 1995a, 1995b). Además, pensamos que dicha medición podría tener un mayor valor de pronóstico y diagnóstico, dada la utilización de GRF horizontal y vertical y de propulsión SSC unilateral. Sin embargo, antes de utilizar esta medida se requiere la cuantificación de su confiabilidad. A partir de observación de las Tablas 1 y 2 se puede sugerir que esta medida fue la menos estable entre las pruebas y entre las sesiones de evaluación, en comparación con las otras mediciones. Por lo tanto, es importante señalar que el lector debería tener presente la variabilidad de esta y otras medidas antes de utilizarlas con propósitos valorativos.

## CONCLUSIONES

El uso del test unilateral de salto en largo con alguna forma de precarga parece simular mejor el movimiento humano en términos de la valoración funcional de los extensores de la pierna, ya que muchas formas de locomoción humana involucran una propulsión de esta naturaleza. Con esto en mente, el objetivo del presente estudio fue la determinación de la confiabilidad de dicho test. Se puede concluir que la confiabilidad inter-test y la confiabilidad test-retest de ciertas variables (e.g., longitud del salto) a partir del test SLDJ fue igual y en muchos casos mejor que otros test de naturaleza similar reportados en la literatura. Debido a que muchos estudios utilizan el RC vertical, un objetivo secundario del

presente estudio fue determinar la confiabilidad del RC horizontal. Sin embargo, se halló que el RC horizontal fue la medida menos estable de todas las mediciones. Una mayor familiarización y/o la utilización del promedio de un mayor número de pruebas podrían resultar en una mayor confiabilidad. En vista de estos resultados preliminares se sugiere que los atletas, entrenadores, médicos y preparadores físicos determinen la significancia práctica o clínica de las medidas horizontales tales como el coeficiente de reactividad. Dicha información podría: (1) cuantificar la significancia relativa de los saltos horizontales para predecir el rendimiento deportivo; (2) identificar deficiencias específicas en la potencia de las extremidades para así eliminar estas deficiencias (i.e., comparar los valores de la pierna izquierda con los de la pierna derecha); (3) identificar individuos que pueden jugar en posiciones particulares; (4) identificar talentos; y (5) monitorear los efectos de diversos programas de entrenamiento y rehabilitación. Con el uso de este test se podría realizar una mejor valoración que solo con la evaluación de la producción vertical de fuerza/potencia.

### **Puntos Clave**

Es necesario una mayor comprensión y utilización de las técnicas de evaluación para valorar los componentes horizontales y verticales de la producción de fuerza/potencia.

El test unilateral de salto con caída es una evaluación que exhibe una gran validez (un test unilateral de salto que involucra fuerzas propulsivas horizontales y verticales y además la precarga de los músculos) pero se requiere de la cuantificación de su confiabilidad.

La confiabilidad de las variables cinemáticas y cinéticas cuantificada en el presente estudio fue similar a las publicadas en la literatura, no obstante se requieren investigaciones adicionales para determinar la significancia práctica y clínica de este test.

## **REFERENCIAS**

---

1. Arteaga, R., Dorado, C., Chavarren, J. and Calbert, J.A.L (2000). Reliability of jumping performance in active men and women under different stretch loading conditions. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness* 40, 26-34
2. Atkinson, G. and Nevill, A.M (1998). Statistical methods for assessing measurement error (reliability) in variables relevant to sports medicine. *Sports Medicine* 26, 217-238
3. Cornwell, A., Nelson, A.G. and Sidaway, B (2002). Acute effects of stretching on the neuromechanical properties of the triceps surae muscle complex. *European Journal of Applied Physiology* 886, 428-434
4. Knudson, D., Bennett, K., Corn, R., Leick, D. and Smith, C (2001). Acute effects of stretching are not evident in the kinematics of the vertical jump. *Journal of Strength and Conditioning Research* 15, 98-101
5. Maulder, P. and Cronin, J (2005). Horizontal and vertical jump assessment: reliability, symmetry, discriminative and predictive ability. *Physical Therapy in Sport* 6, 74-82
6. Parker Simpson, R. and Cronin, J (2006). Reliability of a unilateral horizontal leg power test to assess stretch load tolerance. *Measurement in Physical Education and Exercise Science* 10(3), 169-178
7. Ross, M.D., Langford, B. and Whelan, P.J (2002). Test-retest reliability of 4 single-leg horizontal hop tests. *Journal of Strength and Conditioning Research* 16, 617-622
8. Russell, K.A., Palmiotti, R.M., Zinder, S.M. and Ingersoll, C.D (2006). Sex differences in valgus knee angle during a single-leg drop jump. *Journal of Athletic Training* 41(2), 166-171
9. Walmsley, R. and Amell, T (1996). The application and interpretation of intraclass correlations in the assessment of reliability in isokinetic dynamometry. *Isokinetics and Exercise Science* 6, 117-124
10. Young, W (1995). Laboratory strength assessment of athletes. *New Studies in Athletics* 10, 89-96
11. Young, W (1995). A simple method for evaluating the strength qualities of the leg extensor muscles and jumping abilities. *Strength and Conditioning Coach* 2(4), 5-8

### **Cita Original**

Markus Stålbom, David Jonsson Holm, John B. Cronin and Justin W.L. Keogh. Reliability Of Kinematics And Kinetics Associated With Horizontal Single Leg Drop Jump Assessment. A Brief Report. *Journal of Sports Science and Medicine* (2007) 6, 261 - 264.