

DSJ (SALTO VERTICAL SIN CONTRAMOVIMIENTO DESDE FLEXIÓN DE RODILLAS MAYOR DE 120°) Y CARRERA DE VELOCIDAD DE 30M DESDE PARADO

Martín Acero Rafael¹ maracero@udc.es
Miguel Fernández Del Olmo¹ mafo@udc.es
Oscar Viana González² oviana@udc.es
Xavier Aguado Jodar³ xavier.aguado@uclm.es
Francisco J Vizcaya Pérez⁴ vizcaya@iat.uni-leipzig.de

doi:10.3900/fpj.7.5.319.s

Rafael MA, Olmo MF, González OV, Jodar XA, Pérez FJV. DSJ (salto vertical sin contramovimiento desde flexión de rodillas mayor de 120°) y carrera de velocidad de 30m desde parado. Fit Perf J. 2008 sep-oct;7(5):319-25.

RESUMEN

Introducción: Se describe la prueba de salto vertical sin contramovimiento desde flexión de rodillas mayor de 120° (DSJ), su relación con las pruebas SJ y CMJ, y con la carrera de 30m. **Materiales y Métodos:** 58 varones, realizaron cuatro intentos de cada prueba de salto, y dos intentos de carrera de velocidad de 30 m. Se constata un coeficiente de variación (CV = 2,73) que muestra a DSJ como una prueba de gran estabilidad. **Resultados:** Los resultados mostraron diferencias significativas ($p \leq 0,01$) entre los valores obtenidos en DSJ y en las pruebas SJ y CMJ. El análisis de la correlación entre las diferentes pruebas de salto vertical mostró niveles altos de correlación, estadísticamente significativos ($p \leq 0,01$). El DSJ muestra una intensidad de correlación más alta con el CMJ. Al establecer la relación entre DSJ y la carrera de velocidad, las correlaciones resultaron estadísticamente significativas ($p \leq 0,01$) en todos los casos, observándose la mayor intensidad con el tiempo en 30 m. **Discusión:** La buena fiabilidad mostrada por el DSJ, sus niveles de correlación con las otras pruebas de salto (SJ, CMJ), y con los tiempos de la carrera de velocidad, demuestran que DSJ es una prueba eficaz para control de la fuerza y la potencia.

PALABRAS CLAVE

Carrera, Fuerza Muscular, Dinamómetro de Fuerza Muscular.

¹ Universidad de La Coruña - UDC - Facultad de CC. del Deporte y la E. F. - Coruña - España

² Universidad de La Coruña - UDC - Coruña - España

³ Universidad de Castilla-La Mancha - UCLM - Facultad de Ciencias del Deporte - Castilla-La Mancha - España

⁴ Instituto de Ciencias Aplicadas al Entrenamiento - Leipzig - Alemania

DSJ (SALTO VERTICAL SEM CONTRA-MOVIMENTO A PARTIR DE FLEXÃO DE JOELHOS ACIMA DE 120°) E CORRIDA DE VELOCIDADE DE 30M A PARTIR DO REPOUSO

RESUMO

Introdução: Descreve-se o teste de salto vertical sem contra-movimento a partir da flexão de joelhos acima de 120° (DSJ), sua relação com os testes SJ e CMJ, e com a corrida de 30m. **Materiais e Métodos:** 58 homens realizaram quatro tentativas de cada teste de salto e duas tentativas de corrida de velocidade de 30m. Constata-se um coeficiente de variação (CV=2,73) que mostra a DSJ como um teste de grande estabilidade. **Resultados:** Os resultados mostraram diferenças significativas ($p \leq 0,01$) entre os valores obtidos em DSJ e nos testes SJ e CMJ. A análise da correlação entre os diferentes testes de salto vertical mostrou níveis altos de correlação estatisticamente significativos ($p \leq 0,01$). O DSJ mostra uma intensidade de correlação mais alta com o CMJ. Ao estabelecer a relação entre DSJ e a corrida de velocidade, as correlações resultaram estatisticamente significativas ($p \leq 0,01$) em todos os casos, se observando a maior intensidade com o tempo em 30m. **Discussão:** A boa confiabilidade mostrada pelo DSJ, seus níveis de correlação com os outros testes de salto (SJ, CMJ) e com os tempos da corrida de velocidade demonstram que DSJ é um teste eficaz para controle da força e a potência.

PALAVRAS-CHAVE

Corrida, Força Muscular, Dinamômetro de Força Muscular.

DSJ (VERTICAL JUMP WITHOUT COUNTER MOVEMENT SINCE KNEE FLEXION LARGER THAN 120°) AND 30M SPEED RACE

ABSTRACT

Introduction: The vertical jump test without counter movement knees flexion larger than 120° (DSJ) is described with its relation with the SJ and CMJ the tests, and with the 30 meters race. **Materials and Methods:** 58 men accomplished four attempts for each jump test and two attempts for a 30 m speed race. A variation coefficient (CV = 2.73) is evidenced, which shows the DSJ as a test of great stability. **Results:** The results showed significant differences ($p \leq 0.01$) among the obtained values in DSJ and in the SJ and CMJ tests. The correlation analysis among different tests of vertical jump showed high levels of correlation which were statistically significant ($p \leq 0.01$). The DSJ shows a higher intensity of correlation with the CMJ. When establishing the relation between DSJ and the speed race, the correlations were statistically significant ($p \leq 0.01$) in all cases, if observing the highest intensity with time in 30 m. **Discussion:** The good reliability shown by the DSJ, its correlation levels with other jump tests (SJ, CMJ) and with the speed race timing show that DSJ is an efficient test to control strength and potency.

KEYWORDS

Running, Muscle Strength, Muscle Strength Dynamometer.

INTRODUCCIÓN

En los tests de estimación de fuerza y potencia de la musculatura extensora de las piernas vienen siendo habitual, desde hace muchas décadas, la utilización del salto vertical, tal y como aparece reflejado en numerosos estudios^{1,2,3,4,5,6,7,8,9}. Los avances tecnológicos ha permitido registrar con mayor precisión parámetros biomecánicos, metabólicos y neuromusculares implicados en el movimiento del salto vertical en diferentes condiciones, aportando datos muy relevantes y permitiendo su relación con otras manifestaciones de la fuerza.

Un investigador destacado por su enorme contribución a esta evolución científica, tecnológica y metodológica ha sido Carmelo Bosco. Su profundo y extenso trabajo ha permitido aplicar el conocimiento científico al control del entrenamiento, dotando a este último de un constructo más científico. Entre las muchas aportaciones realizadas por

Bosco se encuentra un conjunto de tests de salto vertical agrupadas en la denominada Batería de Bosco: *Squat Jump* (SJ), *Countermovement Jump* (CMJ), o *Drop Jump* (DJ). La aplicación en laboratorio y en campo de esta batería ha permitido enriquecer las estrategias y parámetros de control y entrenamiento de las diferentes manifestaciones de la fuerza producidas por la musculatura extensora de las piernas. Un ejemplo son los distintos índices y gradientes calculados con diferentes magnitudes de resistencia a vencer en el salto vertical. La batería de Bosco² se complementa con otras que, en la demanda neuromuscular o energética, son lo más parecidas posibles a determinada acción específica o especialidad deportiva. Así, encontramos numerosos tests con algunas variantes en la ejecución del salto vertical:

- a una pierna¹⁰;

- con carrera previa o *Approach Jump*^{11,12,13};
- saltos continuos *Rebound Jump*, con exigencia energética, en un tiempo determinado, por ejemplo CMJ15", o CMJ30"^{14,15,16};
- con contramovimiento utilizando el impulso de brazos, o *Countermovement Jump with Arms* (CMJA)^{4,17};
- saltos con magnitudes de resistencia añadidas fijas (SJ25k, SJ50k,...), o establecidas individualmente a partir de la masa corporal (BW), como por ejemplo SJ100%BW.

Considerando que la aplicación o generación de fuerza y de potencia muscular en la mayoría de las ocasiones está condicionada por la posición, el patrón de movimiento o el tipo de contracción¹⁸ en el rendimiento deportivo su evaluación debe ser lo más específica posible¹⁹, y por ello atendiendo a las exigencias de cada movimiento o de cada deporte, los tests de salto vertical propuestos en la literatura también exigen, además de las variaciones consideradas anteriormente, unos grados concretos (por aproximación, o con absoluta precisión) de flexión de la articulación de la rodilla:

- **Pequeña**, menor de 45°. Por ejemplo, en el caso de algunas variantes de *Drop Jump* (DJ), o en los *Rebound Jump* (RJ) o *Repeated Jump* (CMJ15");
- **Media**, de 60° hasta 90°. Por ejemplo, en el caso del salto sin contramovimiento (SJ), o en el salto con contramovimiento (CMJ; CMJA). Se han realizado estudios con una flexión ligeramente mayor de 90° 20, algunos de ellos muy recientemente^{21,22,23};
- **Grande**, mayor de 120°. En el caso de salto desde flexión profunda máxima sin contramovimiento (DSJ) y con contramovimiento (DCMJ)^{24,25}.

En los tests de salto vertical más convencionales (SJ, CMJ) se exige una flexión media de la articulación de la rodilla, lo cual implica una exigencia relativamente menor de los músculos que extienden la cadera. Estos músculos son especialmente importantes en las disciplinas deportivas donde el rendimiento deportivo esté vinculado a la expresión de una alta velocidad de carrera^{26,27}. En la carrera rápida, en la fase inicial de la tracción, durante el apoyo del pie, los velocistas de mayor nivel desarrollan una extensión de la cadera más fuerte y veloz que los velocistas de menor nivel²⁸.

En ese trabajo se presenta el salto vertical desde flexión de rodillas profunda mayor de 120°, denominado **Deep Squat Jump**: DSJ^{24,25}. Se aporta el DSJ como test para la evaluación de los niveles de fuerza explosiva y potencia muscular en el control y dirección del entrenamiento de especialidades deportivas que exigen altos porcentajes de las mismas, sobre todo si se expresan en carrera rápida.

Estudios previos han mostrado que sujetos adultos no especialistas consiguieron una media de altura mayor en DSJ que en SJ²⁴, presentando diferencias significativas entre ambos tests. También se observaron diferencias

significativas al comparar las alturas alcanzadas en DSJ y CMJ, y entre DSJ y CMJA (Gráfico 1).

En este estudio se pretende describir la relación entre el test DSJ y la carrera de velocidad de 30m con inicio de la misma desde parado, y sus tiempos de paso a los 10m y 20m. También con los tests de salto vertical más convencionales y referenciados (SJ, CMJ).

MATERIALES Y MÉTODOS

Aprobación del estudio

Los sujetos dieron su consentimiento escrito para la participación en este estudio, que fue aprobado por el Comité Ético de la Universidad de La Coruña.

Sujetos

Participaron 58 sujetos con una edad entre 18 años y 24 años, con un peso corporal medio (BW) 72,4kg, una estatura media (STA) de 175,4cm y una longitud de pierna (LL) de 90,67cm, de género masculino y deportistas con experiencia previa en la ejecución de los tests de salto vertical, que participaron de forma voluntaria en éste estudio (Tabla 1).

Material

Para evaluar la capacidad de salto vertical, se utilizó un sistema de plataforma de contactos (*ErgoJump Bosco System*) y microprocesador *Psion* (Datapak 32K), que nos permitió cuantificar el tiempo de vuelo y estimar el desplazamiento vertical del centro de gravedad durante la ejecución de cada uno de los saltos. En el test de carrera de velocidad se registró el tiempo utilizado en recorrer los parciales desde el inicio del test hasta los 10m y 20m, y el tiempo total en recorrer los 30m con una Instalación de Medición de Tiempos (IMT) compuesta por de células fotoeléctricas infrarrojas con regulación de bloqueo entre impulsos de 0,01s hasta 2s (*Heuer*, modelo HL2-11) y un cronómetro (*Chronoprinter Heuer 500*) con precisión de 0,0004 % y definición de 0,001s. La IMT se completó con un tapiz de contactos (*Ergo Runner Bosco System*) para registrar el tiempo de contacto y de vuelo entre el metro 20 y el 30, con una precisión de 0,001s.

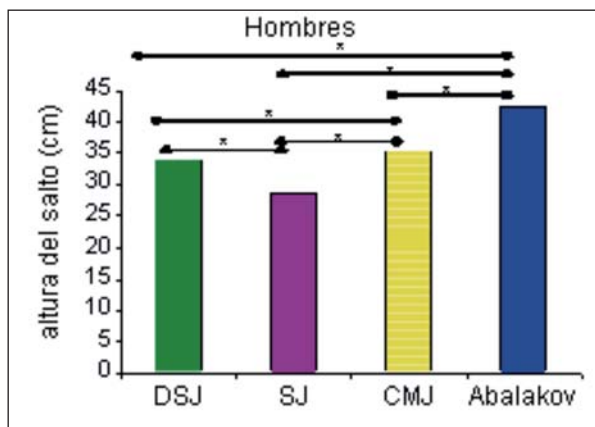
Procedimiento

Los sujetos realizaron dos sesiones de evaluación en días separados con un mínimo de 48h, en la primera sesión se llevaron a cabo los tests de salto vertical y en la segunda sesión los tests de carrera de velocidad.

Tests de evaluación de la capacidad de salto vertical

Los sujetos realizaron cuatro intentos máximos sobre la plataforma de contactos de cada uno de los tests (DSJ, SJ, CMJ), con una recuperación de 60s entre cada intento.

Gráfico 1 - Resultados de las alturas (cm) obtenidas en los saltos verticales (DSJ, SJ, CMJ y CMJA-Abalakov). Destacar la mayor altura alcanzada en DSJ con respecto a SJ²⁴



Los tests de SJ y CMJ se realizaron según protocolos internacionalmente aceptados, la DSJ según protocolo publicado recientemente^{24,25}.

Protocolo del test de DSJ

Para realizar el test DSJ, los sujetos se situarán sobre la plataforma en una posición (Gráfico 2: A) de sentadilla completa, es decir, con una flexión máxima de la articulación de la rodilla (b), en un ángulo mayor de 120° después de tanteo y ajuste motor individual del propio sujeto, con los pies colocados a la misma altura y separados aproximadamente como la anchura de las caderas y hombros, con los talones levantados del suelo (a), el tronco erguido y las manos agarrando la cintura (c). Desde esta posición y después de mantenerla 3-4s, para eliminar cualquier influencia de la energía elástica acumulada durante el descenso en los componentes músculo-tendinosos^{29,30}, los sujetos realizarán un salto vertical lo más alto posible sin efectuar ningún tipo de contramovimiento (Gráfico 2: B) y manteniendo la verticalidad del tronco, para ello se le indicará que fije la vista en el horizonte próximo. La recepción del salto (Gráfico 2: C) sobre la plataforma se realizará con las rodillas extendidas (d) y los tobillos en flexión plantar (e), de la misma forma que cuando el sujeto despega del suelo, realizando algún pequeño rebote.

El salto no será considerado válido si se percibe algún movimiento de flexión de las rodillas antes de comenzar el

impulso, ya que implicaría mecanismos neuromusculares diferentes a los que se pretenden evaluar. También debe exigirse un desplazamiento lo más vertical posible, ya que cualquier modificación en la trayectoria del centro de gravedad implicaría un incremento del tiempo de vuelo, por lo mismo que se exigirá que en la recepción las articulaciones de las rodillas y tobillos se encuentren completamente extendidas.

Tests de evaluación de la capacidad de aceleración y velocidad máxima

La capacidad de aceleración y de velocidad máxima se evaluó en una instalación cubierta para igualar las condiciones en todos los sujetos y repeticiones. La carrera se realizó sobre un pasillo de material sintético, con calzado deportivo no específico.

Se realizaron dos intentos a la máxima intensidad del test de carrera de 30m con inicio (salida) desde parado, según protocolo internacionalmente aceptado. Los sujetos estuvieron completamente recuperados antes de realizar otro intento.

Las fotocélulas de la IMT estaban colocadas en la salida, a los 10m, a los 20m y a los 30m, por lo que durante los tests de carrera de velocidad se registró el tiempo empleado en recorrer la distancia desde la salida a los 10m (T0-10), desde la salida hasta los 20m (T0-20), y desde la salida hasta los 30m (T0-30).

Análisis estadístico

En primer lugar se calculó el coeficiente de variación (CV) para la altura de salto con el fin de determinar la estabilidad de las mediciones entre intentos para cada uno de los tests de salto vertical.

A continuación en cada sujeto se calculó la media para cada tipo de salto y se procedió a realizar una ANOVA de medidas repetidas con un factor intrasujeto (tipo de salto: 4 niveles). En caso de un efecto significativo y con el objeto de establecer entre que tipos de salto existen diferencias significativas se procedió a comparaciones *post-hoc* utilizando la test "t" de Student para muestras relacionadas con el factor de corrección de Bonferroni. El grado de significación fue establecido en $p \leq 0,05$.

Se utilizó el coeficiente de correlación de Pearson y se llevaron a cabo análisis de regresión para comprobar la relación entre las variables de la capacidad de salto y

Gráfico 2 - Secuencia de movimiento de la ejecución del test de salto vertical sin contramovimiento con flexión máxima en la articulación de la rodilla: DSJ



Tabla 1 - Caracterización de la muestra

edad (años)	STA (cm)	LL (cm)	BW (kg)
media ± de	media ± de	media ± de	media ± de
21,45 ± 2,8	175,4 ± 5,9	90,67 ± 4,05	72,4 ± 27,87

de: desvío estándar

Tabla 3 - Correlaciones entre los tests de salto vertical: DSJ, SJ, y CMJ

	DSJ (m)	SJ (m)
DSJ (m)	-	
SJ (m)	0,823	-
CMJ (m)	0,919	0,856

$p \leq 0,01$

entre éstas y las analizadas durante el test de carrera de velocidad en 30m, salida desde parado. Se han realizado tests para chequear la validez de los modelos obtenidos y se han cumplido todos los supuestos de los modelos de regresión lineal.

RESULTADOS

Los resultados de la altura de salto obtenidos en los tests de salto vertical (media ± desviación estándar) y sus coeficientes de variación se presentan en la Tabla 2. En relación con la fiabilidad entre repeticiones, podemos comprobar que, en los tests de salto vertical los valores de los coeficientes de variación (CV) resultaron más que aceptables. A partir de este estudio se constata que DSJ es un test con una gran estabilidad en las mediciones realizadas, tal como muestra el coeficiente de variación obtenido para este salto sin contramovimiento desde flexión de rodillas máxima (CV = 2,73).

Como podemos observar, los sujetos alcanzan una media de altura (m) mayor en DSJ que en SJ, presentando diferencias significativas entre ambos tests ($p \leq 0,01$; $t = 7,836$). Si comparamos la altura alcanzada en DSJ con la alcanzada en CMJ, podemos observar que es mayor la de CMJ, presentando diferencia con significación estadística ($p \leq 0,01$; $t = 3,265$). La comparación entre SJ y CMJ también presentó diferencias estadísticas significativas entre sí ($p \leq 0,01$; $t = 12,175$).

Los resultados de los tests de correlación entre las diferentes tests de salto vertical nos muestran niveles altos de correlación entre todos ellos (Tabla 3), siendo en todos los casos estadísticamente significativos ($p \leq 0,01$). El DSJ muestra el nivel de intensidad de correlación más alta con el CMJ, a continuación con el SJ.

El tiempo realizado en el test de carrera de velocidad en 30m salida desde parado (30 sp), así como los tiempos hasta 10 m y 20m, se pueden observar en la Tabla 4.

A continuación se muestran los coeficientes de correlación encontrados entre la altura (m) alcanzada en el test de DSJ y de estas con los tiempos obtenidos en los tests de carrera de velocidad en 30m con salida desde parado

Tabla 2 - Media y desvío estándar (de) de la altura alcanzada, y coeficiente de variación (CV) de los tests de salto vertical estudiadas: DSJ, SJ, y CMJ

test	media ± de	CV (%)
DSJ (m)	0,322 ± 0,04	2,73
SJ (m)	0,291 ± 0,05	3,82
CMJ (m)	0,331 ± 0,04	2,98

Tabla 4 - Media y desvío estándar (de) del tiempo empleado en recorrer la distancia de 0m a 10m (T0-10), de 0m a 20m (T0-20), y de 0m a 30m (T0-30), durante el test de carrera de velocidad de 30m con salida desde parado

	media ± de
T0-10 (s)	1,81 ± 0,107
T0-20 (s)	3,11 ± 0,134
T0-30 (s)	4,34 ± 0,202

(Tabla 5). Aunque en todos los casos las correlaciones son estadísticamente significativas ($p \leq 0,01$), se observa que la correlación más intensa de DSJ es con el tiempo de 0 a 30m (T0-30).

Se obtuvo un modelo de regresión para la carrera de velocidad de 30m con salida de parado (Tabla 6), en función del rendimiento obtenido en los diferentes saltos verticales estudiados. El rendimiento en la carrera de velocidad de 30m con salida de parado puede explicarse con un solo test de salto, el CMJ, que explica el 53% de la varianza del rendimiento en la carrera.

DISCUSIÓN

Como en otros estudios anteriores, realizados con muestras de características, sexo y edad parecidas, en esta investigación se han podido comprobar coeficientes de variación bajos (CV = 2,98) para CMJ (Vittasalo³¹ encontró un CV = 4,30, y López³² un CV = 3,03), hay que tener en cuenta que en el presente estudio a los estudiantes de educación física se les exigió experiencia previa en saltos verticales. Para SJ se encontró un CV (3,82) más que aceptable. Se aporta el hallazgo sobre la buena reproducibilidad en las mediciones en DSJ, tal como muestra el CV (2,73), analizado, siendo el mejor valor de estabilidad en las mediciones realizadas entre repeticiones de los tres tipos de salto de este estudio: DSJ, CMJ y SJ. Los resultados de este estudio muestran valores similares a los encontrados en la literatura^{5,29} para muestras con unas características semejantes, tanto en los

Tabla 5 - Correlaciones entre el test de salto vertical DSJ y los tiempos de la carrera de velocidad en 30m con salida desde parado

	DSJ (m)
T0-10 (s)	-0,500
T0-20 (s)	-0,616
T0-30 (s)	-0,696

$p \leq 0,01$

Tabla 6 - Modelo predictivo de la carrera de velocidad de 30m con salida desde parado a partir de los diferentes saltos verticales

	variable predictora	Coefficiente	R ²	p-valor
T0-30	CMJ	5,365 - 0,031*cmj	0,529	0,000

tests de salto vertical como en el test de carrera de velocidad en 30m³³. Al comparar la altura alcanzada entre los tests realizados bajo condiciones predominantemente concéntricas (DSJ y SJ) y las realizadas (CMJ) en condiciones de aprovechamiento del ciclo de estiramiento acortamiento (CEA), se observaron diferencias significativas, coincidiendo con los resultados obtenidos en numerosos estudios en los que se intenta explicar la contribución del CEA a la ejecución del salto vertical^{3,33,34,35,36,37,38,39}. Las diferencias de la altura alcanzada en el salto bajo condiciones CEA (CMJ), al comparar con SJ fue de 0,04m, y al comparar con DSJ resultó de 0,009m. Las diferencias encontradas coinciden con las aportaciones de Young⁴⁰, que refiere incrementos de 12,1% al comparar el CMJ y el SJ. Sin embargo, estas diferencias se minimizan con respecto al DSJ, cuyo rendimiento se parece más al alcanzado en CMJ que al obtenido en SJ. Resultaron dos rendimientos en la altura media alcanzada de magnitud muy parecida, pero producidos en condiciones neuromusculares bien diferentes.

Si comparamos los dos tests realizados sin contramovimiento (SJ y DSJ), podemos comprobar como la media de altura alcanzada es mayor al realizar el DSJ. Esta diferencia a favor de DSJ podría explicarse por la posibilidad de aplicar fuerza durante más tiempo, en un trayecto del recorrido del centro de gravedad mayor, y de alcanzar una velocidad de ejecución máxima de mayor magnitud²⁴. Es evidente que estas características del DSJ viene determinadas por los ángulos articulares de las palancas, que al realizar el movimiento, modifican también la longitud de trabajo de los músculos de las articulaciones implicadas, y el ángulo de inserción entre éstos y los huesos que la conforman. La variación del ángulo articular produce una evidente modificación del tiempo durante el cual los músculos pueden producir fuerza, por lo que un adecuado aprovechamiento de la trayectoria de aceleración permitirá una óptima transmisión de impulsos, con el objetivo de incrementar la velocidad de despegue⁴¹, que se traducirá en el incremento de la altura alcanzada, como se ha resultado en el presente estudio al modificar, como aportación de el test DSJ con respecto a SJ, la flexión de la articulación de la rodilla hasta el máximo posible (mayor de 120°).

En diferentes investigaciones antiguas²⁰, y recientes^{21,22}, se comprobó que la angulación de la rodilla en la posición de partida sin contramovimiento afectaba a la altura de salto, encontrando una angulación óptima en torno a los 115°. Sin embargo, en esos estudios no llegaron a investigar que ocurría al realizar el salto partiendo desde una posición inicial sin contramovimiento de flexión en la articulación de la rodilla mayor de 120°. En otro trabajo reciente⁴², en el que se

pretendía conocer las características físicas que mejor podían predecir el rendimiento en el salto vertical, comprobaron que, aunque el grado de flexión de la articulación de la rodilla no era determinante, sí tenía un papel importante en la altura alcanzada. Un objetivo del presente estudio era comprobar la relación existente entre los tests de salto vertical y el test de carrera de velocidad de 30m, resultando que todos los saltos (SJ y CMJ) mostraron correlaciones significativas con el test de carrera de velocidad, como ya lo habían evidenciado investigaciones previas^{33,43}.

En la actual investigación también se halló que el test de salto DSJ tenía una correlación significativa con el test de carrera de velocidad. Al observar los coeficientes de correlación de DSJ con los tiempos parciales y final registrados en el test de carrera de velocidad se identifica un aumento paralelo al del incremento del tiempo de duración, por lo que se sugieren nuevos estudios para conocer mejor la relación entre la manifestación de la fuerza en DSJ y el incremento de la velocidad. Estas futuras investigaciones deberán establecer el tamaño de la influencia de la musculatura extensora de la cadera tanto en la carrera de velocidad, como en el salto DSJ, y así poder reafirmar aportaciones ya asumidas en la literatura, cuando han descrito que en la fase de aceleración de la carrera de velocidad, el tiempo de contacto es más prolongado que cuando ya se ha alcanzado la velocidad máxima, y predomina la acción de flexo/ extensión de la rodilla, mientras que al llegar a la fase de velocidad máxima, predomina la acción de extensión de la cadera^{8,44,45,46,47}. Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en este estudio, como la relación entre el test DSJ y los demás tests de la batería de Bosco (SJ, CMJ), la relación de DSJ con la carrera de velocidad en 30m, así como la buena fiabilidad de este salto vertical, el DSJ puede ser considerado como una herramienta eficaz para la evaluación del rendimiento deportivo en relación con la fuerza explosiva y las demás manifestaciones derivadas de ésta. A través de los registros en DSJ se podrá cuantificar el rendimiento del salto con mayor exigencia neuromuscular en contracción concéntrica de los extensores de la cadera y de la rodilla.

Realizado un modelo de regresión, en función de la altura registrada en los diferentes saltos verticales, para explicar el rendimiento en la carrera de velocidad de 30m con salida de parado, se podrá estimar el tiempo de la carrera de velocidad con la realización única del CMJ, que explica una varianza del 53%. Este modelo a partir de un solo salto vertical es muy útil para su aplicación práctica al poder predecir su rendimiento conociendo la altura alcanzada en CMJ:

$$T0-30 = 5,365 - 0,031*CMJ$$

Su mayor aplicación será en relación al estado de forma para la carrera de velocidad de 30m salida de parado, utilizándolo para predecirlo, o para el control de su mantenimiento. En todo caso deberían realizarse modelos predictivos diversos para diferentes especialidades deportivas y niveles de rendimiento.

Otros estudios mostrarán si DSJ puede explicar algunas variables de la carrera de velocidad, en condiciones diferentes a las analizadas en esta investigación.

REFERENCIAS

- Cavagna GA, Dusman B, Margaria R. Positive work done by a previously stretched muscle. *J Appl Physiol*. 1968;24:21-32.
- Bosco C, Komi PV. Mechanical characteristics and fiber composition of human leg extensor muscles. *Eur J Appl Physiol*. 1979;41:275-84.
- Bosco C. El entrenamiento de fuerza en el voleibol. *Revista de Entrenamiento Deportivo*. 1988;2(5-6):57-62.
- Bosco C. La valutazione della forza con il test di Bosco. Roma: Stampa Sportiva; 1992.
- Bosco C. La evaluación de la fuerza con el test de Bosco. Madrid: Paidotribo; 1994.
- Bosco C. La fuerza muscular. Aspectos metodológicos. Barcelona: Inde; 2000.
- Bosco C, Tihanyi P, Komi PV, Fekete G, Apor P. Store and recoil of elastic energy in slow and fast types of human skeletal muscles. *Acta Physiol Scand*. 1982;114:543-50.
- Vittori C. El entrenamiento de la fuerza para el sprint. *Revista de Entrenamiento Deportivo*. 1990;4(3):2-8.
- Komi PV. Strength and power in sport. Oxford: Blackwell Scientific; 1992.
- Barber S, Franck B, Noyes F, Mangine R, McCloskey J, Hartman W. Quantitative assessment of functional limitations in normal and anterior cruciate ligament deficient knees. *Clinic Orthop Rel Res*. 1990;255:204-14.
- Smith DJ, Roberts D, Watson B. Physical, physiological and performance differences between Canadian national team and universiade volleyball players. *J Sports Sci*. 1992;10(2):131-8.
- Driss T, Vandewalle H, Monod H. Maximal power and force-velocity relationships during cycling and cranking exercises in volleyball players. Correlation with the vertical jump test. *J Sports Med Phys Fitness*. 1998;38:286-93.
- Kakihana W, Suzuki S. The EMG activity and mechanics of the running jump as a function of takeoff angle. *J Electromyogr Kinesiol*. 2001;11:365-72.
- Bosco C, Luhtanen P, Komi PV. A simple method for measurement of mechanical power in jumping. *Eur J Appl Physiol*. 1983;50:273-82.
- Bolgia L, Kesula D. Reliability of lower extremity functional performance tests. *J Sports Phys Ther*. 1997;26(3):138-42.
- Hatze H. Validity and reliability of methods for testing vertical jumping performance. *J Appl Biomech*. 1998;14:127-40.
- Martin AR. Capacidad de salto y de carrera rápida en escolares [tese]. Universidad de A Coruña: La Coruña; 1999.
- Harman E. Strength and power: a definition of terms. *J Strength Cond Res*. 1993;15(6):18-20.
- Wilmore JH, Costill DL. Physiology of sport and exercise. Champaign, IL: Human Kinetics; 1994.
- Martin TP, Stull GA. Effects of various knee angle and foot spacing combinations on performance in the vertical jump. *Res Q Exerc Sport*. 1969;40:324-31.
- Zhu GS. A study of squat jump from different knee angles in biomechanics. *Zhejiang Sports Sci*. 2000;22:44-6.
- Huang ZG, Wang Y. Experiment study of squat jump during different knee angles in biomechanics. *J Xi'an Institute Physical Edu*. 2000;17:89-91.
- Domire ZJ, Challis JH. The influence of squat depth on maximal vertical jump performance. *J Sports Sci*. 2007;15;25(2):193-200.
- Acero RM, Olmo MF, González ÓV, Jodar XA, Pérez FJV. DSJ: Salto vertical sin contramovimiento desde flexión máxima. *Rev Ent Dep*. 2008;22(1):28-33.
- Pérez FJV, Olmo MF, González ÓV, Viana OY, Acero RM. Could the Deep Squat Jump predict weightlifting performance? *J Strength Cond Res*. [aceptado para su publicación]. 2008.
- Nilsson J, Thorstensson A, Halbertsma J. Changes in leg movements and muscle activity with speed of locomotion and mode of progression in humans. *Acta Physiol Scand*. 1985;123(4):457-75.
- Nesser TW, Latin RW, Berg K, Prentice E. Physiological determinants of 40 meter sprint performance in young male athletes. *J Strength Cond Res*. 1996;10(4):263-7.
- Ito A, Suzuki M. The men's 100 meters. *New studies in athletics*. 1992.
- Bosco C. Nuove metodologie per la valutazione e la programmazione dell'allenamento. *SDS Rivista de Cultura Sportiva*. 1991;22:13-22.
- Kurokawa S, Fukunaga T, Fukushima S. Behavior of fascicles and tendinous structures of human gastrocnemius during vertical jumping. *J Appl Physiol*. 2001;90:1349-58.
- Vittasalo JT. Measurement of force-velocity characteristics for sportman in field conditions. In: Winter DA, Norman RW, Wells RP, Hayes KC, Patla A. Biomechanics IX-A. Champaign, IL: Human Kinetics; 1985.
- López JL, Grande I, Meana M, Aguado X. Análisis de la reproducibilidad en test de saltos. In: Biomecánica aplicada al deporte. León: Universidad de León; 1998.
- Bosco C, Komi PV, Ito A. Prestretch potentiation of human skeletal muscle during ballistic movement. *Acta Physiol Scand*. 1981;111:135-40.
- Komi PV, Bosco C. Utilization of stored elastic energy in leg extensor muscles in men and women. *Med Sci Sport*. 1978;10:261-5.
- Komi PV. Physiological and biomechanical correlates of muscle function: effects of muscle structure and stretch-shortening cycle on force and speed. *Exerc Sport Sci Rev*. 1984;74(12):1-12.
- Häkkinen K. Maximal force, explosive strength and speed in female volleyball and basketball players. *J Hum Mov Studies*. 1989;16:290-303.
- Gollhofer A, Kyröläinen H. Neuromuscular control of the human leg extensor muscles in jump exercises under various stretch-load conditions. *Int J Sports Med*. 1991;12:34-40.
- Bobbert MF, Gerritsen KGM, Litjens MCA, Van Soest AJ. Why is counter-movement jump height greater than squat jump height? *Med Sci Sports Exerc*. 1996;28(11):1402-12.
- Ettrema G. Muscle efficiency: the controversial role of elasticity and mechanical energy conversion in stretch-shortening cycles. *Europ J Appl Physiol*. 2001;85:457-65.
- Young W. A simple method for evaluating the strength qualities of the leg extensor muscles and jumping abilities. *Strength Conditioning Coach*; 1995.
- Hochmuth G. Biomecánica de los movimientos deportivos. Madrid: Doncel; 1973.
- Scott D, Briscoe D, Markowski C, Saville S, Taylor C. Physical characteristics that predict vertical jump performance in recreational male athletes. *Phys Ther Sport*. 2003;4:167-74.
- Mero A, Luhtanen P, Komi PV. A biomechanical study of the sprint start. *Scand J Sports Sci*. 1983;5(1):20-8.
- Dyson G. Mecánica del atletismo. Madrid: INEF; 1978.
- Vittori C. El acondicionamiento muscular de los velocistas. *Cuadernos de Atletismo RFEA*. 1988;18:25-37.
- Vittori CI. Compiti da svolgere per migliorare la capacità di correre velocemente. *Atleticastudi*. 2000;31(1):29-38.
- Lehmann F, Voss G. Innovationen für den Sprint und Sprung: "ziehende" Gestaltung der Stützphasen. *Leistungssport*. 1997;6:20-5.

Recibido: 11/05/2008 – Aceptado: 03/10/2008