

Article

Confiabilidad, Utilidad y Validez de un Test de Sprint y Saltos Repetidos

Reliability, Usefulness, and Validity of a Repeated Sprint and Jump Ability Test

Martin Buchheit¹, Matt Spencer² y Saïd Ahmaidi¹

¹Laboratory of Exercise Physiology and Rehabilitation, Faculty of Sport Sciences. University of Picardie, Jules Verne, Amiens, France.

²Jerv Football Club. Grimstad, Norway.

RESUMEN

Objetivo: Se llevaron a cabo dos estudios con 122 jugadores de hándbol para valorar la confiabilidad, utilidad y validez de un test de sprints (ida y vuelta) y saltos repetidos (RSSJA). El test consistió de 6 sprints (2 × 12.5 m) con pausas de 25 s, y la realización de un salto con contramovimiento durante la recuperación entre los sprints. **Métodos:** Para el estudio de la confiabilidad y la utilidad, 14 jugadores de hándbol bien entrenados realizaron el test de RSSJA en dos ocasiones con 7 días de diferencia. La confiabilidad de las variables obtenidas durante el test fue valorada mediante el error típico de medición expresado como el coeficiente de variación (CV). También se calcularon los cambios mínimos, con probabilidades de ser “reales”, en el tiempo de sprint y en la potencia de saltos. Para el estudio de validación, el test de RSSJA fue llevado a cabo por jugadores de hándbol de siete equipos (jugadores de ambos sexos y de nivel nacional a internacional). **Resultados:** Los valores del CV para los mejores tiempos de sprint y para los tiempos medios de sprint fueron 1.0% (90% CL, 0.7 - 1.6) y 1.0% (90% CL, 0.7 - 1.4). Los valores del CV para la mayor potencia pico y para el promedio de potencia pico fueron 1.7% (90% CL, 1.2 - 2.7) y 1.5% (90% CL, 1.1 - 2.5). El porcentaje de reducción en los tiempos de sprint y en la potencia de salto fue menos confiable, con coeficientes de variación del 22.3% (90% CL, 15.7 - 38.3) y 34.8% (90% CL, 24.2 - 61.8). Los cambios mínimos con probabilidad de ser “reales” para el tiempo de sprint y para el pico de potencia durante el salto fueron -2.6% y 4.8%. El análisis cualitativo reveló que la mayoría de las diferencias entre los equipos fueron clasificadas como “casi ciertas” (i.e., 100% de probabilidad de que las diferencias verdaderas fueran significativas) para los rendimientos promedios en el sprint y en el salto. **Conclusión:** El test RSSJA es confiable y válido para valorar secuencias repetidas de esfuerzos explosivos en deportes de conjunto como el hándbol. Los resultados del test probablemente representen tanto el sexo como el nivel competitivo de los individuos; por lo tanto, el test puede ser utilizado para discriminar estándares de juego y monitorear los niveles de aptitud física.

Palabras Clave: hándbol, evaluación de la velocidad, capacidad de salto, agilidad, secuencia de esfuerzos repetidos

ABSTRACT

Purpose: Two studies involving 122 handball players were conducted to assess the reliability, usefulness, and validity of a repeated shuttle-sprint and jump ability (RSSJA) test. The test consisted of 6 × (2 × 12.5-m) sprints departing on 25 s, with a countermovement jump performed during recovery between sprints. **Methods:** For the reliability and usefulness study, 14 well-trained male handball players performed the RSSJA test 7 d apart. Reliability of the test variables was assessed by the typical error of measurement, expressed as a coefficient of variation (CV). The minimal changes likely to be “real” in

sprint time and jump power were also calculated. For the validity study, players of seven teams (national to international levels, women and men) performed the RSSJA test. **Results:** CV values for best and mean sprint time were 1.0% (90% CL, 0.7 to 1.6) and 1.0% (90% CL, 0.7 to 1.4). CV values for best and mean jump peak power were 1.7% (90% CL, 1.2 to 2.7) and 1.5% (90% CL, 1.1 to 2.5). The percent sprint and jump decrements were less reliable, with CVs of 22.3% (90% CL, 15.7 to 38.3) and 34.8% (90% CL, 24.2 to 61.8). Minimal changes likely to be “real” for mean sprint time and jumping peak power were -2.6% and 4.8%. Qualitative analysis revealed that the majority of between-team differences were rated as “almost certain” (ie, 100% probability that the true differences were meaningful) for mean sprint and jump performances. **Conclusion:** The RSSJA test is reliable and valid to assess repeated explosive effort sequences in team sports such as handball. Test results are likely to be representative of gender and competition level; thus the test could be used to discriminate across playing standards and monitor fitness levels.

Keywords: handball, speed test, jump capacity, agility

INTRODUCCIÓN

En deportes de conjunto como el básquetbol, hándbol o netbol, los jugadores deben repetir secuencias de esfuerzos explosivos de corta duración, tal como sprints (< 15 m) con frecuentes cambios de dirección [1-4], seguidos de movimientos de explosivos, tal como un salto máximo. Además, en general muchas de las acciones de salto que se producen durante un juego tienen lugar, intencionadamente, luego de la realización de una carrera de alta intensidad, como por ejemplo durante un ataque rápido en hándbol [2]. Asimismo, la capacidad para repetir acciones de sprint ha mostrado estar asociada con el rendimiento real de competencia [5] y con el nivel competitivo [6]. La altura/potencia de un salto vertical, han sido considerados como índices relevantes del rendimiento en deportes de conjunto [7] y por lo tanto podrían considerarse como una variable de discriminación entre diferentes estándares competitivos [8]. Relativamente pocos estudios han valorado la capacidad para repetir sprints en el campo [9-12], mientras que la valoración de la capacidad de salto es generalmente investigada como una cualidad aislada [8,13]. Si bien previamente se ha integrado la valoración de la capacidad para repetir sprints con la valoración para repetir saltos verticales [14], la valoración de secuencias de esfuerzos repetidos, específicos del deporte de conjunto, no ha sido investigada extensamente y en dichos casos solo se ha restringido la valoración a movimientos específicos del vóleibol [4]. Por lo tanto, para integrar las secuencias de esfuerzos explosivos y valorar simultáneamente la capacidad para repetir sprints y saltos verticales, hemos propuesto [15] adicionar un salto con contramovimiento durante la fase de recuperación (dentro de los 3 s posteriores al sprint precedente) en un test de ida y vuelta comúnmente utilizado para la evaluación de la capacidad para repetir sprints [6,10]. Al examinar el efecto de diferentes regímenes de entrenamiento sobre el rendimiento en este test con jugadoras de hándbol de elite, hemos observado que los cambios relativos en la capacidad para repetir saltos verticales fueron significativamente mayores que las mejoras observadas en saltos verticales aislados, en sprints aislados y en la capacidad para repetir sprints [15]. Esto sugiere que la capacidad para repetir saltos verticales, especialmente cuando los saltos son llevados a cabo luego de sprints máximos, tal como durante el juego, puede ser una medición altamente sensible para el seguimiento de los cambios en el rendimiento deportivo luego de un período de entrenamiento [15].

A pesar de estos alentadores resultados [15], aún quedaba investigar la confiabilidad y validez del test. Asimismo, extender la aplicabilidad del test para monitorear con precisión la progresión de los jugadores, lo cual en general se define como “utilidad” de un test, es un requisito para incrementar la relevancia del test. Hopkins [16] propuso comparar la magnitud del menor cambio significativo en el rendimiento con la incerteza o “ruido” del resultado del test. Desde la perspectiva del entrenamiento también se ha observado que es de gran importancia conocer el cambio mínimo de rendimiento con probabilidades de ser “real” [17]. Si bien se ha observado que los tests para la valoración de la capacidad de repetir sprints realizados sobre el terreno permiten discriminar el rendimiento de jugadores de fútbol de diferentes edades y niveles de competencia [6,18], no se ha determinado si la capacidad para repetir sprints y saltos verticales también permite diferenciar entre jugadores de hándbol de diferentes edades, sexos y nivel de competencia. En la actualidad no hay datos normativos disponibles para este test, lo cual podría ser de gran interés para el desarrollo de programas para la selección y el reclutamiento de talentos deportivos. Por lo tanto, el objetivo del presente estudio fue: (1) investigar la confiabilidad de este test de sprints y saltos repetidos; (2) determinar su utilidad y practicidad en el campo para monitorear la progresión de un atleta y, (3) examinar su validez de constructo; esto es, si el rendimiento en sprints y saltos repetidos es representativo de la edad, el sexo y el nivel competitivo.

MÉTODOS

Sujetos y Diseño del Estudio

Ciento veintidós jugadores de cuatro equipos femeninos y masculinos de hándbol de Francia participaron en este estudio (Tabla 1). Su estatus de maduración fue valorado a través de cuestionarios administrados por un investigador experimentado [19]. También se recolectaron los detalles del entrenamiento, tales como las horas de entrenamiento. Todos los sujetos participaban en el deporte a nivel competitivo, desde ligas nacionales a competencias internacionales. Catorce jugadores de un equipo que compitió en la 5^{ta} liga Francesa masculina de hándbol participaron tanto en el estudio de confiabilidad como en el de validez de constructo; mientras que todos los otros deportistas solo participaron en el segundo estudio. Luego de una prueba de familiarización en la semana precedente [20], todos los tests fueron llevados a cabo al final de la fase preparatoria; una semana antes del comienzo de la temporada competitiva. Todos los tests fueron precedidos por una entrada en calor estandarizada que incluyó ejercicios deportivos y aceleraciones, finalizando con una única secuencia de un sprint y un salto a máxima intensidad. La evaluación comenzó 2 min 30 s después de este último esfuerzo, que fue utilizado como el rendimiento de referencia del jugador. Los jugadores involucrados en el estudio de confiabilidad realizaron el test dos veces, con una separación de 7 días. El tamaño de la muestra utilizada en el estudio de confiabilidad fue consistente con las utilizadas en estudios previos sobre confiabilidad de tests de campo [11,20]. Todos los jugadores fueron informados acerca de los procedimientos y los riesgos asociados con la participación en el estudio, y dieron su consentimiento por escrito antes de su participación. El estudio fue aprobado por el Comité de Ética para la Investigación con Humanos de la Universidad.

Test de Sprints (Ida y Vuelta) y Saltos Repetidos (*Repeated Shuttle-Sprint and Jump Ability Test, RSSJA*)

El RSSJA fue diseñado para simular la repetición de los esfuerzos explosivos comúnmente realizados durante el juego en deportes de conjunto [1-3]. Para comparar el perfil atlético de jugadores de diferentes deportes de conjunto con un único protocolo, hemos seleccionado un test que incluye distancias de sprint frecuentes en los deportes de conjunto y cambios de dirección de 180°, así como también un salto con contramovimiento (CMJ). El test consiste de seis sprints máximos, 2 × 12.5 m ida y vuelta (~ 5 s), partiendo cada 25 s. Durante los ~ 20 s de la recuperación entre los sprints, los sujetos deben desacelerar, realizar un CMJ y luego realizar una recuperación activa (cubriendo 36 m a una velocidad aproximada de 2.1 m·s⁻¹; Figura 1). Debido a que la utilización de los brazos puede complicar las comparaciones entre los bloques pre y post entrenamiento, ya que la fuerza del tren superior afecta la contribución de los brazos al rendimiento en el CMJ, se les pidió a los participantes que mantuvieran sus manos en la cintura durante todos los saltos. La estandarización de la posición de los brazos durante el salto es obviamente importante para la confiabilidad de un test. La profundidad del descenso durante el salto con contramovimiento fue autoseleccionada por los sujetos para minimizar la intervención y por lo tanto maximizar la potencial aplicación práctica en el campo, donde pueden existir limitaciones. Asimismo, se ha observado que cualquier cambio en la profundidad del descenso durante el contramovimiento no influye la altura del salto [21]. Todos los deportistas fueron estimulados verbalmente a lo largo del test y se les pidió que saltaran lo más alto posible. Dos segundos antes de cada sprint, se les pidió a los sujetos que asumieran la posición de "listos" (i.e., llevar el centro de gravedad hacia el pie adelantado, colocado 5 cm antes de la primera compuerta de fotocélulas) y esperar a la señal auditiva proveniente de un disco compacto [10]. Se calculó el mejor tiempo de sprint (RS_{best} ; s) y el mejor salto (RJ_{best} ; cm), el tiempo medio de sprint (RS_{mean} ; s) y la altura media de salto (RJ_{mean} ; cm). También se calculó la potencia pico durante el CMJ de acuerdo con la siguiente ecuación, que ha mostrado ser la más precisa para estimar la potencia pico a partir de la altura de salto tanto en hombres como en mujeres [22]: $(60.7 \times h [cm]) + (45.3 \times m [kg]) - 2055$. Se calculó el porcentaje de reducción en el tiempo de sprint (RS_{dec} ; %) y el porcentaje de reducción en la altura de salto o en la potencia pico (RJ_{dec} ; %), respectivamente, como: $((\text{tiempo medio de sprint} / \text{mejor tiempo de sprint} \times 100) - 100)$ y $(100 - (\text{altura media de salto} / \text{mejor salto} \times 100))$. Los tiempos de sprint fueron registrados utilizando células fotoeléctricas (Wireless Timing Radio Controlled, Brower Timing System, Colorado, USA) y la altura de salto se registró utilizando un dispositivo Optojump (Microgate, Bolzano, Italy) [10].

Análisis Estadísticos

La distribución de cada variable fue examinada con el test de normalidad de Shapiro-Wilk. La homogeneidad de la varianza fue verificada con el test de Levene, por lo que los datos se presentan como medias y desviaciones estándar (\pm DE). Para examinar la confiabilidad del test en las dos pruebas consecutivas, se llevaron cabo comparaciones apareadas para determinar cualquier efecto de aprendizaje o sesgo sistemáticos mediante la utilización de pruebas t apareadas.

Tabla 1. Características de los sujetos. Los valores son medias \pm DE. Los datos muestran la edad, el desarrollo puberal (estadio de

Tanner), los parámetros antropométricos y las horas de entrenamiento de los deportistas de siete equipos.

Grupo	n	Edad (años)	Estadio de Tanner	Talla (cm)	Masa Corporal (kg)	Entrenamiento (h·semana ⁻¹)
Equipo femenino de nivel elite regional	17	15.9 ± 1.1	III = 1, IV = 13, V = 3	168.1 ± 5.3	63.8 ± 6.8	~ 10
Selección femenina sub-16	29	15.8 ± 0.6	II = 5, IV = 22, V = 2	175.7 ± 6.3	68.7 ± 8.4	~ 10
Selección femenina sub-18	20	17.5 ± 0.5	III = 3, IV = 13, V = 4	174.7 ± 6.2	69.2 ± 8.7	~ 10
Equipo de la 2 ^{da} división femenina	14	26.1 ± 5.1	IV = 2, V = 12	174.8 ± 6.6	71.4 ± 9.2	~ 9
Equipo masculino de nivel elite regional	14	15.6 ± 1.1	III = 3, IV = 8, V = 3	182.6 ± 4.7	75.8 ± 8.4	~ 10
5 ^{ta} liga masculina	14	23.1 ± 4.2	IV = 1, V = 13	182.2 ± 4.6	77 ± 8.1	~ 5
2 ^{da} liga masculina	14	26.5 ± 4.7	IV = 1, V = 13	184.4 ± 7.5	84.4 ± 10.8	~ 12

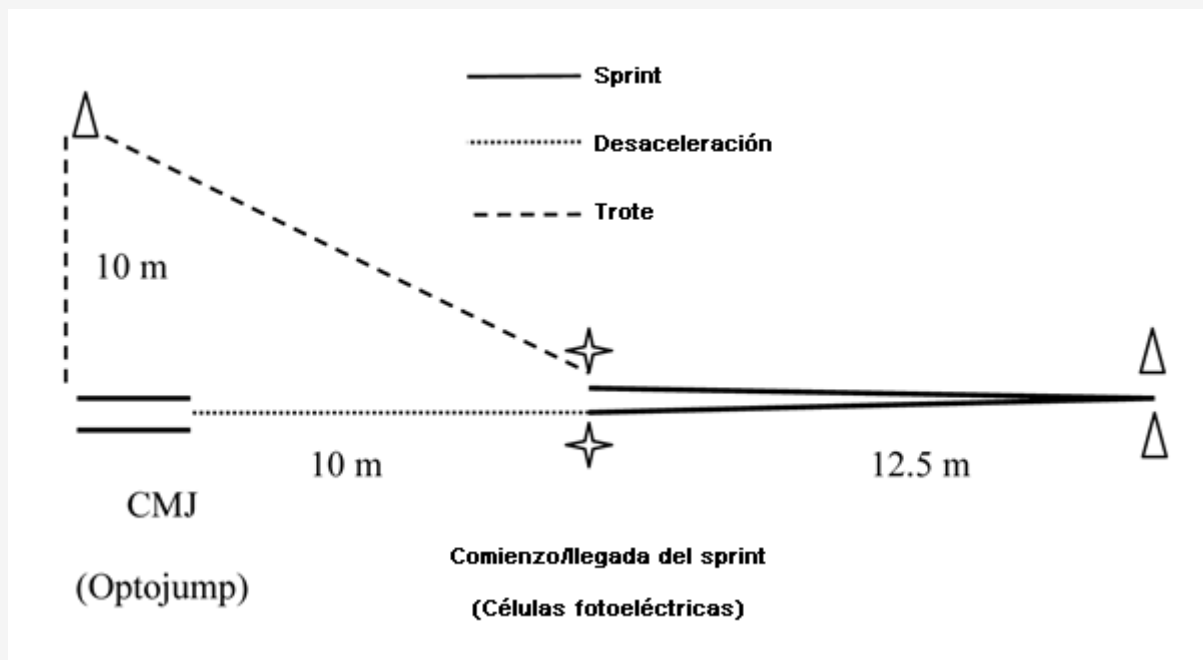


Figura 1. Esquema del test de sprints (ida y vuelta) y saltos repetidos

La magnitud de las diferencias entre pruebas consecutivas también fue expresada como la diferencia media estándar (tamaño del efecto de Cohen, ES). El criterio para interpretar la magnitud del ES fue el siguiente: < 0.2, trivial; 0.2 a 0.5, pequeño; 0.5 a 0.8, moderado; > 0.8 grande [23]. Se utilizó la planilla de cálculo de Hopkins [24] para determinar el cambio medio entre las pruebas y el error típico de medición (TE, s o cm), expresado como coeficiente de variación (CV, %). Numerosos estudios previos han reportado que las variables biomecánicas con un CV menor al 5% son confiables [9,11-13]. Es importante reconocer que tener la mejor confiabilidad no significa que una variable es la más "útil" para medir algo de valor, ya que un gran número de medidas fisiológicas que tienen un alta confiabilidad pero algunas no son herramientas de medición sensibles [23]. Como resultado, se estableció como criterio que para declarar una variable confiable se requeriría un CV < 5%. La utilidad del test fue valorada comparando el SWC (0.2 multiplicado por la desviación entre sujetos, en base al principio del tamaño del efecto de Cohen) con el error típico [23]. Si el error típico era menor que el SWC, el test se clasificaría como "bueno"; si el error típico era similar al SWC, la clasificación sería "OK"; y si el error típico era mayor que el SWC, la clasificación sería "marginal" [16]. La "menor diferencia necesaria para ser considerada real" (MD; correspondiente el cambio con probabilidad de ser "casi cierto") fue calculado como TE × 1.96 ×

$\sqrt{2}$ [17]. Para examinar la validez de constructo del test, se valoraron las posibles diferencias en parámetros confiables de los diferentes niveles de juego mediante la utilización de un ANOVA de una vía (factor "equipo" con siete niveles). Cuando se identificó un efecto medio significativo se utilizó el test post hoc de Tukey para delinear adicionalmente las diferencias entre los equipos (Minitab 14.1 Software, Minitab Inc, Paris, France). Para todos los análisis, el nivel de significancia fue establecido a $p < 0.05$. En adición a esta evaluación de la hipótesis nula, también se valoró el rendimiento de los equipos para determinar la significancia clínica, utilizando un enfoque basado en las magnitudes de las diferencias [25]. Las diferencias entre los equipos en los tiempos medios de sprint y en la potencia pico de salto fueron valoradas utilizando intervalos de confianza al 90%, y se calculó la posibilidad de que los valores verdaderos (desconocidos) para un determinado equipo fueran *mejores* o *peores* que estos [25]. La probabilidad cuantitativa de que un equipo tuviera mejores o peores rendimientos, fue valorada cualitativamente como sigue: $< 1\%$, *casi con certeza que no*; 1% a 5% , *muy improbable*; 5% a 25% , *improbable*; 25% a 75% , *posible*; 75% a 95% , *probable*; 95% a 99% , *probable*; $> 99\%$ *casi con certeza*. Si las probabilidades de tener mejores o peores rendimientos eran $> 5\%$, la verdadera diferencia fue clasificada como *confusa*. Para todas las comparaciones apareadas, los umbrales para las diferencias clínicas fueron calculados como $0.2 \times$ la DE agrupada de los dos grupos de interés.

RESULTADOS

Esfuerzo Máximo al Comienzo de las Secuencias Repetidas

Los valores para el mejor tiempo de sprint y la mayor altura de salto, registrados durante el RSSJA, fueron del $100.1 \pm 1.8\%$ y del $98.9 \pm 2.2\%$ del rendimiento de referencia registrado previamente al test, respectivamente. No se observaron diferencias significativas entre los rendimientos durante el test y la prueba de referencia ($p = 0.39$ y 0.26 para el mejor tiempo de sprint y la mayor altura de salto, respectivamente).

Confiabilidad a Corto Plazo

Los análisis apareados revelaron que no hubo diferencias significativas entre las dos pruebas (todas las comparaciones $p > 0.05$); sin considerar la variable de rendimiento valorada. Las diferencias en todos los índices entre las pruebas repetidas mostraron un ES "trivial". Todas las otras variables de confiabilidad se presentan en la Tabla 2. Los valores del TE y CV fueron menores para el mejor tiempo de sprint y la mayor altura/potencia de salto. A la inversa, los porcentajes de reducción en el tiempo de sprint y en la altura de salto mostraron los mayores valores de CV ($> 20\%$). Los coeficientes de variación fueron consistentemente menores para la capacidad de salto, cuando esta fue expresada en watts que cuando fue expresada en centímetros.

Utilidad del Test

Los cambios en el rendimiento con probabilidad de ser "reales" se presentan en la Tabla 2.

Validez de Constructo

Debido a que las mediciones del $\%_{Dec}$ exhibieron una pobre confiabilidad tanto para el rendimiento de sprint como para el rendimiento de salto, esta variable no fue utilizada en los análisis de la validez de constructo. Las Figuras 2 y 3 ilustran el rendimiento de sprint y de salto en el test para los siete equipos evaluados. El análisis de varianza ANOVA de una vía reveló un efecto significativo del equipo ($p < 0.001$ para todas las comparaciones), con los equipos ranqueados en el orden "esperado". Las diferencias entre los equipos señaladas por los análisis post hoc se muestran en las Figuras 2 y 3. Las inferencias basadas en la magnitud para las diferencias entre los equipos/niveles en los tiempos medios de sprint y en la potencia pico durante el salto se presentan en las Tablas 3 y 4, respectivamente. Los análisis cualitativos revelaron que las diferencias entre los equipos fueron clasificadas como "casi con certeza" para los tiempos medios de sprint, con excepción de la comparación entre el equipo femenino de la 2^{da} liga vs el seleccionado femenino sub-18, y el equipo masculino de nivel elite regional vs el equipo masculino de la 5^{ta} liga; donde las diferencias fueron "confusas" (Tabla 4).

Tabla 2. Medidas de la confiabilidad para los sprints y saltos repetidos durante el test RSSJA en varones que participaron de la 5^{ta} liga francesa de hándbol. Error típico de medición (TE); TE expresado como coeficiente de variación (CV); diferencia en la media entre dos pruebas; tamaño del efecto (ES) y clasificación del ES (ver sección MÉTODOS); menor cambio significativo (SWC) y clasificación del test (ver sección MÉTODOS); diferencia mínima necesaria para ser considerada "real" (MD) calculada para el mejor tiempo de sprint (RS_{best} ; s) y la mayor altura de salto (RJ_{best} ; centímetros y watts), tiempo medio de sprint (RS_{mean} ; s) y la altura media de salto (RJ_{mean} ;

centímetros y watts), y para el porcentaje de reducción en el tiempo de sprint ($RS_{\%Dec}$; %) y en la altura de salto ($RJ_{\%Dec}$; %).

	RSbest	RSmean	RS%Dec	RJbest		RJmean		RJ%Dec	
				Altura	Potencia	Altura	Potencia	Altura	Potencia
TE (90% CL)	0.05 s (0.04-0.08)	0.05 s (0.04-0.08)	0.61% (0.44-0.98)	1 cm (0.7-1.6)	58 W (42-94)	0.9 cm (0.7-1.5)	55 W (40-89)	2.0% (1.5-3.3)	1.6% (1.2-2.6)
CV (90% CL)	1.0% (0.7-1.4)	1.0% (0.7-1.6)	22.3% (15.7-38.3)	2.9% (2.1-4.7)	1.7% (1.2-2.7)	2.9% (2.1-4.7)	1.5% (1.1-2.5)	21.2% (14.9-36.2)	34.8% (24.2-61.8)
Diferencia (90% CL)	0.05 s (0.01-0.08)	0.02 s (-0.02-0.06)	-0.48% (-0.97-0.02)	-0.5 cm (-1.3-0.3)	-32 W (-72-16)	-1.4 cm (-2.1 a -0.6)	-82 W (-127-37)	-0.2% (-1.9-1.4)	-0.1% (-1.5 a -1.2)
ES (clasificación)	0.01 (Trivial)	0.01 (Trivial)	-0.12 (Trivial)	-0.1 (Trivial)	-0.04 (Trivial)	0.0 (Trivial)	-0.1 (Trivial)	-0.1 (Trivial)	-0.03 (Trivial)
SWC (%) (Clasificación del Test)	0.05 s (1.1%) (OK)	0.05 s (1.0%) (OK)	0.22% (8.9%) (marginal)	0.9 cm (2.8%) (OK)	131 W (3.8%) (buena)	0.9 cm (3.5%) (buena)	125 W (3.9%) (buena)	0.7% (6.4%) (marginal)	0.5% (8.1%) (marginal)
MD	-0.13 s (-2.63%)	-0.13 s (-2.63%)	-1.68% (-45.5%)	+2.7 cm (+7.9%)	+161 W (+4.6%)	+2.5 cm (+8.5%)	+153 W (+4.8%)	-5.8% (-48.4%)	-4.5% (-63.8%)

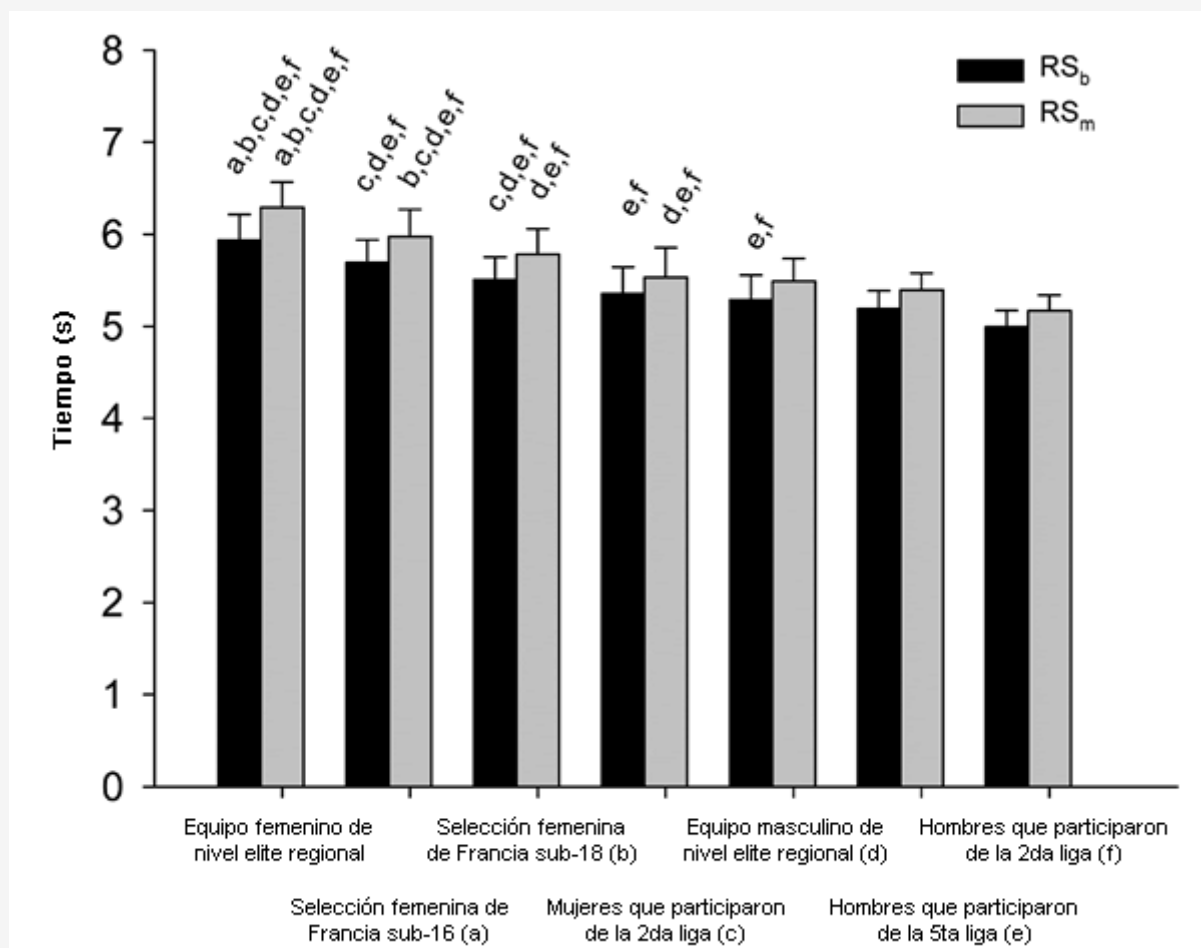


Figura 2. Mejores tiempos de sprint (RS_b) y tiempos medios de sprint (RS_m) para los deportistas de los siete equipos de hándbol. (a) Diferencia significativa ($p < 0.05$) vs selección femenina de Francia sub-16, (b) vs selección femenina de Francia sub-18, (c) mujeres que participaron de la 2^{da} liga, (d) equipo masculino de nivel elite regional, (e) hombres que participaron de la 5^a liga, y (f) Hombres que participaron de la 2^{da} liga. Los valores son medias \pm DE.

DISCUSIÓN

Los principales hallazgos del presente estudio revelan que los mejores rendimientos y los rendimientos medios en el sprint y en el salto durante el RSSJA mostraron una buena confiabilidad, mientras que los valores del porcentaje de reducción mostraron una pobre confiabilidad. Con respecto a la utilidad de este test para monitorear la progresión de un deportista, hemos estimado que deben detectarse mejoras en el rendimiento de al menos 2.6% y 4.8% en el tiempo de sprint y en la potencia pico de salto, respectivamente, para que el incremento en el rendimiento sea clasificado como "casi con certeza". Además, el test mostró poseer validez de constructo ya que los resultados del test fueron representativos del sexo y del nivel competitivo.

Confiabilidad del Test

La confiabilidad del test de sprints, ida y vuelta, y saltos repetidos fue muy buena con la ausencia de cualquier sesgo sistemático (i.e., las diferencias entre los tests fueron clasificadas como "triviales en base al cálculo del tamaño del efecto") y con valores de CV de aproximadamente 1.0% para los sprints. El CV para el tiempo medio de sprint fue similar al reportado previamente (0.7% [11], 0.8% [9] y 2.4% [4]). Esto confirma que el salto durante la recuperación no tuvo un efecto adverso sobre la capacidad para repetir sprints [4].

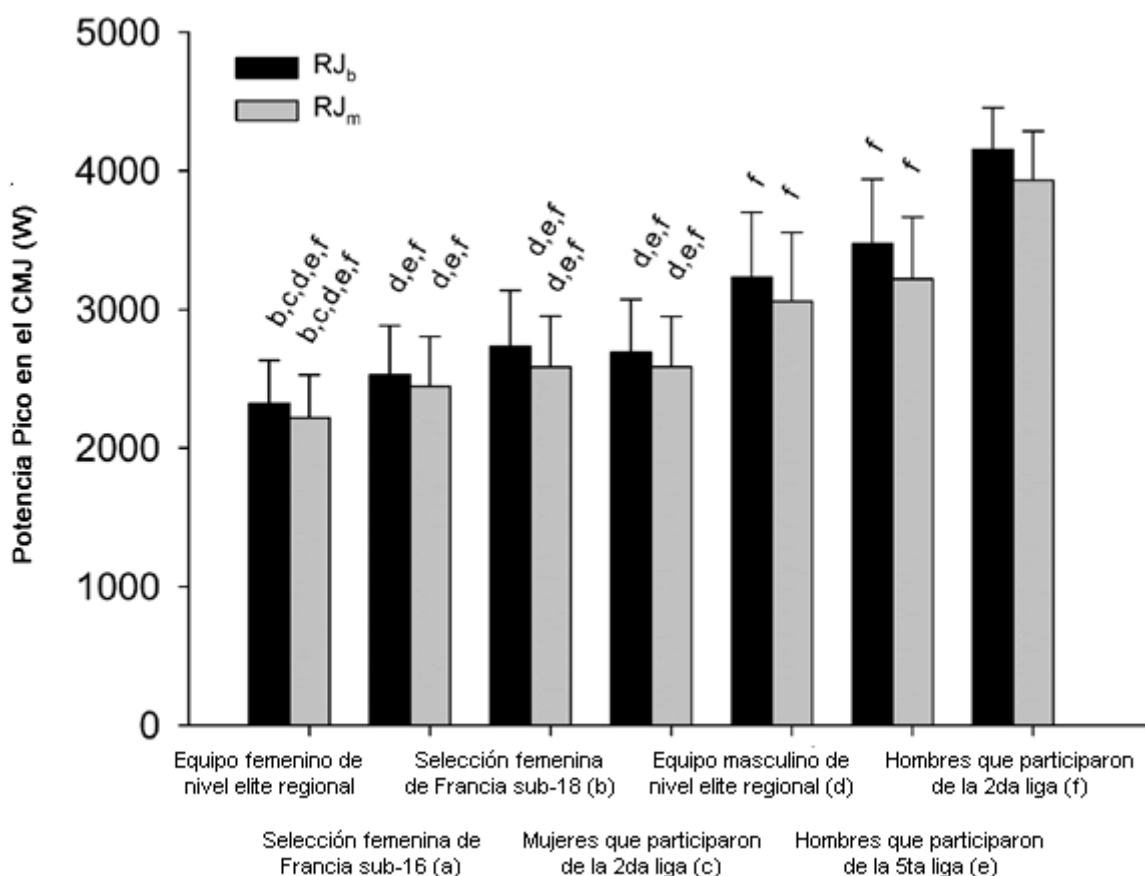


Figura 3. Mayor valor de potencia pico (RJ_b) y valor promedio de potencia pico (RJ_m) durante los saltos verticales, para los deportistas de los siete equipos de hándbol. (a) Diferencia significativa ($p < 0.05$) vs selección femenina de Francia sub-16, (b) vs selección femenina de Francia sub-18, (c) mujeres que participaron de la 2^{da} liga, (d) equipo masculino de nivel elite regional, (e) hombres que participaron de la 5^a liga, y (f) Hombres que participaron de la 2^{da} liga. Los valores son medias \pm DE.

El presente estudio examinó, por primera vez, la confiabilidad de la repetición de saltos con contramovimiento, realizados luego de sprints máximos con cambio de dirección tal como ocurre durante una competencia [1-3]. Los resultados no mostraron un efecto aparente de aprendizaje tanto para la mayor altura de salto como para la altura media de salto; sin

embargo, los valores del CV (3%) tendieron a ser ligeramente mayores que para el rendimiento en los sprints. A la inversa, los valores estimados de la potencia pico produjeron menores valores de CV (1.5% para la potencia pico promedio en el CMJ), lo cual es similar a lo observado para los sprints repetidos. Esta aparente mayor reproducibilidad de la potencia pico en comparación con la altura de salto estuvo de hecho relacionada con la masa corporal de los sujetos, la cual es utilizada como una constante en el cálculo de la potencia pico [22] y no cambia considerablemente entre las mediciones. Por lo tanto, el menor CV observado para los valores de potencia no explica un menor error de medición y es más probable que la capacidad para detectar cambios relativos al error aleatorio se aproximadamente la misma en ambas instancias. Debido a que la altura de salto y la potencia pico son dos mediciones comúnmente utilizadas en el campo para valorar la capacidad de salto, hemos provisto el CV y los valores normativos para ambas mediciones. No obstante, los valores del CV en el presente estudio fueron ligeramente mayores que los reportados para saltos con contramovimiento repetidos sin la realización de sprints previos (1.9%) [13] o para un test específico del vóleybol en jugadores australianos de elite (0.5%) [4].

Tabla 3. Inferencias basadas en la magnitud para las diferencias en el tiempo medio de sprint en función del sexo, la edad y el nivel de juego. Los valores representan la diferencia media (90% CL) y el porcentaje de probabilidad de exhibir valores mejores/triviales/peores que los otros equipos, obtenidos mediante un análisis cualitativo.

	Equipo femenino de nivel elite regional	Selección femenina de Francia sub-16	Selección femenina de Francia sub-18	Mujeres que participaron de la 2da liga	Equipo masculino de nivel elite regional	Hombres que participaron de la 5ta liga	Hombres que participaron de la 2da liga
Equipo femenino de nivel elite regional	—	-5.1% (-7.3, -2.7) 0/0/100	-8.1% (-10.4, -5.8) 0/0/100	-12.2% (-15, -9.3) 0/0/100	-12.8% (-15.1, -10.4) 0/0/100	-14.3% (-16.3, -12.2) 0/0/100	-17.8% (-19.8, -15.8) 0/0/100
Selección femenina de Francia sub-16	—	—	-3.2% (-5.5, -0.9) 0/5/94	-7.5% (-10.3, -4.6) 0/0/100	-8.1% (-10.5, -5.7) 0/0/100	-9.7% (-11.7, -7.6) 0/0/100	-13.4% (-15.3, -11.4) 0/0/100
Selección femenina de Francia sub-18	—	—	—	-4.4% (-7.4, -1.3) 0/4/96	-5.1% (-7.6, -2.5) 0/1/99	-6.7% (-8.8, -4.5) 0/0/100	-10.5% (-12.6, -8.4) 0/0/100
Mujeres que participaron de la 2da liga	—	—	—	—	-0.7% (-3.9, 2.7) 19/39/42	-2.4% (-5.3, 0.7) 4/18/78	-6.4% (-9.2, -3.5) 0/0/100
Equipo masculino de nivel elite regional	—	—	—	—	—	-1.7% (-4.2, 0.9) 5/23/72	-5.8% (-8.2, -3.3) 0/0/100
Hombres que participaron de la 5ta liga	—	—	—	—	—	—	-4.1% (-6.2, -2.0) 0/1/99

Tabla 4. Inferencias basadas en la magnitud para las diferencias en el promedio de la potencia pico de salto en función del sexo, la edad y el nivel de juego. Los valores representan la diferencia media (90% CL) y el porcentaje de probabilidad de exhibir valores mejores/triviales/peores que los otros equipos, obtenidos mediante un análisis cualitativo.

	Equipo femenino de nivel elite regional	Selección femenina de Francia sub-16	Selección femenina de Francia sub-18	Mujeres que participaron de la 2da liga	Equipo masculino de nivel elite regional	Hombres que participaron de la 5ta liga	Hombres que participaron de la 2da liga
Equipo femenino de nivel elite regional	—	-9.3% (-15.8, -2.2) 0/6/93	-14.3% (-20.8, -7.3) 0/1/99	-14.3% (-21.3, -6.7) 0/1/99	-27.3% (-34.0, -19.9) 0/0/100	-31.2% (-36.8, -25.0) 0/0/100	-43.9% (-47.9, -39.7) 0/0/100
Selección femenina de Francia sub-16	—	—	-5.5% (-11.8, 1.3) 2/23/75	-5.5% (-12.6, 2) 4/23/74	-19.8% (-26.7, -12.3) 0/0/100	-24.1% (-29.7, -18.0) 0/0/100	-38.2% (-41.9, -34.2) 0/0/100
Selección femenina de Francia sub-18	—	—	—	-0.1% (-7.8, 8.4) 28/44/28	-15.2% (-22.7, -6.9) 0/1/99	-19.7% (-25.9, -12.9) 0/0/100	-34.6% (-38.8, -30.1) 0/0/100
Mujeres que participaron de la 2da liga	—	—	—	—	-15.1% (-23.1, -6.4) 0/1/99	-19.7% (-26.4, -12.3) 0/0/100	-34.6% (-39.3, -29.5) 0/0/100
Equipo masculino de nivel elite regional	—	—	—	—	—	-5.3% (-14.2, 4.4) 7/27/66	-22.9% (-29.4, -15.8) 0/0/100
Hombres que participaron de la 5ta liga	—	—	—	—	—	—	-18.6% (-24.5, -12.2) 0/0/100

Podemos hipotetizar que los antecedentes de entrenamiento de los sujetos, la actividad deportiva, el tipo de secuencia de esfuerzos explosivos o el dispositivo para la medición de la altura de salto, son factores que podrían explicar estas ligeras diferencias. Aun cuando la utilización de una plataforma dinamométrica hubiera provisto de una medición más precisa de la potencia de salto [14], creemos que la metodología utilizada aquí para medir la altura de salto, a través de un dispositivo de campo (e.g., Optojump, vertex, yardstic o una manta de contacto; utilizando ecuaciones de conversión válidas para ambos sexos [22]) es más accesible y asequible para los entrenadores y preparadores físicos. La baja confiabilidad del porcentaje de reducción en el tiempo medio de sprint y en la potencia de salto es comparable a los datos de sprint reportados previamente (14.9% [11] y 30.2% [9]). El presente estudio también muestra, por primera vez, la baja confiabilidad del porcentaje de reducción en los saltos repetidos, incluso sin considerar la medida utilizada (i.e., altura vs potencia). Por último, el tamaño de la muestra utilizado en el presente estudio para valorar la confiabilidad del test podría ser considerado pequeño [23]. Sin embargo, el hecho de que hemos hallado una buena confiabilidad sugiere que incrementar el tamaño de la muestra no tendría un mayor efecto sobre los resultados.

Utilidad del Test

Debido a que el error típico no es mayor que el calculado para el menor cambio significativo, la utilidad del test fue calificada como "OK" y "buena" para el mejor tiempo de sprint, para el tiempo medio de sprint y para la altura de salto (Tabla 2). Desde un punto de vista práctico, para determinar los cambios significativos o "casi con certeza" en el rendimiento, se sugiere que se haya detectado una mejora de al menos 2.6% (- 0.13 s) y 4.8% (+ 153 W), u 8.5% (+ 2.5 cm) en el tiempo medio de sprint y en la potencia pico de salto (o altura), para que esta pueda considerarse como un incremento "real" [17] en el rendimiento. El cálculo de la "mínima diferencia necesaria para ser real" puede considerarse como muy conservador en comparación con otros enfoques [16]. No obstante, la interpretación de los cambios en el rendimiento en base a menores valores umbrales, tal como "el menor cambio significativo", por ejemplo la mitad del CV o $TE \times \sqrt{2}$, requeriría la utilización de planillas de cálculo específicamente diseñadas, las cuales pueden ser poco prácticas para los trabajos de campo. Por esta razón nos propusimos proveerle a los entrenadores umbrales que fueran "casi con certeza" (aproximadamente 100%) de ser representativos de un verdadero cambio o una verdadera diferencia en el rendimiento. Los valores mínimos calculados en el presente estudio son consistentes con la magnitud de los cambios observados en el rendimiento durante sprints repetidos ida y vuelta luego de un corto período de entrenamiento en jugadores de fútbol de elite categoría júnior (- 2.2% [9]), en jugadores de fútbol de elite adolescentes (-2.0% [10] y -3.9%

[26]) y en jugadores de hándbol adultos (-2.8% [27]). A la inversa, de acuerdo con Spencer [11], el porcentaje de reducción en el sprint (y en el salto) probablemente no sea significativo. Para este índice, el test fue clasificado como “marginal” debido al considerable “ruido” dentro de esta variable de medición.

Validez del Test

Como se esperaba, las mujeres jóvenes que se desempeñaban al menor nivel competitivo en el hándbol exhibieron, significativamente y “casi con certeza”, el menor rendimiento en los sprints repetidos (Figura 2 y Tabla 3) y en los saltos repetidos (Figura 3 y Tabla 3) en comparación con las mujeres que competían a mayor nivel y en comparación con los hombres de todos los equipos. A la inversa, los hombres adultos que se desempeñaban al mayor nivel competitivo exhibieron, significativamente y “casi con certeza”, los mejores rendimientos en comparación con los jugadores de todos los otros equipos. El hecho de que las inferencias basadas en magnitudes mostraran diferencias significativas en el rendimiento entre casi todos los equipos (Tablas 3 y 4), lo cual no sucedió con los ANOVA y los análisis post hoc (Figuras 2 y 3), confirma que el enfoque basado en la hipótesis nula puede ser demasiado conservador y probablemente no es el mejor método para valorar diferencias en el rendimiento dentro de las ciencias del deporte [25,28]. Aun cuando el presente estudio es el primero en reportar mediciones de secuencias explosivas repetidas en jugadores de deportes de conjunto de diferente edad, sexo y nivel competitivo; los datos del presente estudio concuerdan con observaciones previas que han mostrado que las cualidades de fuerza, velocidad (repetida), potencia, y resistencia aeróbica difieren entre los sexos y entre los niveles competitivos en deportes tales como el hándbol [29], vóleibol [4], básquetbol [30] y fútbol [6,8]. Por ejemplo, Mujika et al. [8] reportaron diferencias específicas de la edad y el sexo en el rendimiento en diversos tests de campo “explosivos” tales como el salto vertical, el tiempo de sprint en 15 m o el test de agilidad; en los cuáles las mujeres jóvenes tendieron a exhibir el peor rendimiento. Asimismo, se ha observado que los jugadores profesionales italianos tienden a exhibir un mejor rendimiento de sprint que los jugadores amateurs [6]. Resultados similares han sido también reportados por Abrantes et al. [18] quienes, utilizando el test de sprints repetidos de Bangsbo (i.e., 6 × 34.2 m, partiendo cada 25 s) han mostrado que este test discriminaba claramente entre jugadores de fútbol portugueses de elite, de nivel regional y adolescentes. En el único estudio que ha medido la capacidad para repetir esfuerzos explosivos, Sheppard et al [4] mostraron que los jugadores de la selección australiana tenían mejores rendimientos que los jugadores del equipo nacional de desarrollo.

En resumen, los hallazgos del presente estudio respaldan la visión general de que la capacidad de un atleta para repetir esfuerzos explosivos se relaciona con el nivel general de aptitud física; lo cual puede atribuirse parcialmente al sexo, la habilidad natural, la historia de entrenamiento y el nivel de maduración. Por último, la realización de carreras repetidas “ida y vuelta” podría considerarse como un extremo en los cambios de dirección (en comparación con lo comúnmente observado en el campo de juego). Además, la realización de saltos con contramovimiento podría no ser la mejor forma de representar los patrones de saltos durante un juego en deportes de conjunto. Sin embargo, la intención de este test es que sea genérico y que pueda ser utilizado para comparar el perfil deportivo de deportes de conjunto relevantes. En comparación con un test específico del deporte (e.g., Sheppard et al. [4]), el test RSSJA implica distancias de carrera comunes y estandarizadas, cambios de dirección y movimientos de saltos; de manera que los jugadores de diferentes deportes pueden fácilmente familiarizarse con el protocolo. Si bien los hallazgos del presente estudio respaldan la validez de constructo del test RSSJA para jugadores de hándbol, sería importante investigar la validez de constructo en otros deportes de conjunto tales como el básquetbol o el netbol.

CONCLUSIONES Y APLICACIONES PRÁCTICAS

El RSSJA es un test confiable y válido para valorar secuencias repetidas de esfuerzos explosivos (i.e., sprint repetidos y saltos repetidos, simultáneamente) en deportes de conjunto como el hándbol. Debido a su bajo error típico de medición, el test de RSSJA es apropiado para monitorear cambios en el rendimiento de sprint y saltabilidad de los deportistas a lo largo de una temporada. Se sugiere detectar una mejora en el rendimiento de al menos 2.6% (- 0.13 s) y 4.8% (+ 153 W) en el tiempo medio de sprint y en la potencia pico de salto estimada para determinar una mejora “casi con certeza” en el rendimiento. Además, debido a que los resultados del test son probablemente representativos del sexo y el nivel competitivo, la utilización del test con el propósito de la identificación de talentos es también de interés.

Agradecimientos

Los autores agradecen a Irmant Cadjiov por su asistencia en la preparación del manuscrito y a los sujetos por su entusiasta participación. También agradecen a Pierre Mangin, entrenador principal del seleccionado francés de hándbol y a Christine Renaud, Arnaud Parisy y Francois Berthier por su respaldo durante los experimentos.

REFERENCIAS

1. Spencer M, Bishop D, Dawson B, Goodman C (2005). Physiological and metabolic responses of repeated-sprint activities: specific to field-based team sports. *Sports Med*; 35:1025-1044
2. Luig P, Manchado Lopez C, Pers J, et al (2008). Motion characteristics according to playing position in international men's team handball. In 13th annual congress of the European college of sport science. *Estoril, Portugal*
3. Ben Abdelkrim N, El Fazaa S, El Ati J (2007). Time-motion analysis and physiological data of elite under-19-year-old basketball players during competition. *Br J Sports Med*; 41:69-75, discussion 75
4. Sheppard JM, Gabbett T, Taylor KL, Dorman J, Lebedew AJ, Borgeaud R (2007). Development of a Repeated-Effort Test for Elite Men's Volleyball. *Int J Sports Physiol Perform*; 2:292-304
5. Rampinini E, Bishop D, Marcora SM, Ferrari Bravo D, Sassi R, Impellizzeri FM (2007). Validity of simple field tests as indicators of match-related physical performance in top-level professional soccer players. *Int J Sports Med*; 28:228-235
6. Impellizzeri FM, Rampinini E, Castagna C, et al (2008). Validity of a Repeated-Sprint Test for Football. *Int J Sports Med*; 29:899-905
7. Wisloff U, Castagna C, Helgerud J, Jones R, Hoff J (2004). Strong correlation of maximal squat strength with sprint performance and vertical jump height in elite soccer players. *Br J Sports Med*; 38:285-288
8. Mujika I, Santisteban J, Impellizzeri FM, Castagna C (2009). Fitness determinants of success in men's and women's football. *J Sports Sci*; 27:107-114
9. Impellizzeri FM, Rampinini E, Castagna C, Bishop D, Ferrari Bravo D, Tibaudi A, and Wisloff U (2008). Validity of a Repeated-Sprint Test for Football. *Int J Sports Med*; 29:899-905
10. Buchheit M, Millet GP, Parisy A, Pourchez S, Laursen PB, Ahmaidi S (2008). Supramaximal training and post-exercise parasympathetic reactivation in adolescents. *Med Sci Sports Exerc*; 40:362-371
11. Spencer M, Fitzsimons M, Dawson B, Bishop D, Goodman C (2006). Reliability of a repeated sprint test for field-hockey. *J Sci Med Sport*; 9:181-184
12. Wragg CB, Maxwell NS, Doust JH (2000). Evaluation of the reliability and validity of a soccer-specific field test of repeated sprint ability. *Eur J Appl Physiol*; 83:77-83
13. Cormack SJ, Newton RU, McGuigan MR, Doyle TL (2008). Reliability of measures obtained during single and repeated countermovement jumps. *Int J Sports Physiol Perform*; 3:131-144
14. Clark RA (2009). The effect of training status on inter-limb joint stiffness regulation during repeated maximal sprints. *J Sci Med Sport*; 12:406-410
15. Buchheit M, Leblond F, Renaud C, Kuhnle J, Ahmaidi S (2008). Effect of complex vs. specific aerobic training in young handball players. *Coaching & Sport Science Journal*; 3:22
16. Hopkins WG (2004). How to interpret changes in an athletic performance test. *Sportscience*; 8:1-7
17. Weir JP (2005). Quantifying test-retest reliability using the intraclass correlation coefficient and the SEM. *J Strength Cond Res*; 19:231-240
18. Abrantes C, Maçãs V, Sampaio J (2004). Variation in football players' sprint test performance across different ages and levels of competition. *J Sports Sci Med*; 3:44-49
19. Leone M, Comtois AS (2007). Validity and reliability of self-assessment of sexual maturity in elite adolescent athletes. *J Sports Med Phys Fitness*; 47:361-365
20. Glaister M, Howatson G, Lockey RA, Abraham CS, Goodwin JE, McInnes G (2007). Familiarization and reliability of multiple sprint running performance indices. *J Strength Cond Res*; 21:857-859
21. Domire ZJ, Challis JH (2007). The influence of squat depth on maximal vertical jump performance. *J Sports Sci*; 25:193-200
22. Sayers SP, Harackiewicz DV, Harman EA, Frykman PN, Rosenstein MT (1999). Crossvalidation of three jump power equations. *Med Sci Sports Exerc*; 31:572-577
23. Hopkins WG, Schabort EJ, Hawley JA (2001). Reliability of power in physical performance tests. *Sports Med*; 31:211-234
24. Hopkins WG (2000). Reliability from consecutive pairs of trials (Excel spreadsheet). A new view of statistics. *sportsci.org: Internet Society for Sport Science, sportsci.org/resource/stats/xrely.xls*
25. Batterham AM, Hopkins WG (2006). Making meaningful inferences about magnitudes. *Int J Sports Physiol Perform*; 1:50-57
26. Buchheit M, Laursen PB, Kuhnle J, Ruch D, Renaud C, Ahmaidi S (2009). Game-based Training in Young Elite Handball Players. *Int J Sports Med*; 30:251-258
27. Buchheit M (2008). Field tests to monitor athletic performance throughout a team-sport season. *Sci Sports*; 23:29-31
28. Hopkins WG, Marshall SW, Batterham AM, Hanin J (2009). Progressive statistics for studies in sports medicine and exercise science. *Med Sci Sports Exerc*; 41:3-13
29. Gorostiaga EM, Granados C, Ibanez J, Izquierdo M (2005). Differences in physical fitness and throwing velocity among elite and amateur male handball players. *Int J Sports Med*; 26:225-232
30. Delextrat A, Cohen D (2008). Physiological testing of basketball players: toward a standard evaluation of anaerobic fitness. *J Strength Cond Res*; 22:1066-1072

Cita Original

Martin Buchheit, Matt Spencer and Said Ahmaidi (2010) Reliability, Usefulness, and Validity of a Repeated Sprint and Jump Ability Test. *Int J Sports Physiol Perform*, 5(1):3-17. El artículo original puede hallarse en/the original article can be found at:
<http://journals.humankinetics.com/ijssp-back-issues/IJSPVolume5Issue1March/ReliabilityUsefulnessandValidityofaRepeat>

edSprintandJumpAbilityTest Este artículo ha sido traducido y reproducido con el permiso por escrito de la Editorial Human Kinetics en representación del International Journal of Sports Physiology and Performance. Como tal, está totalmente prohibida su reproducción total o parcial en otro sitio Web, ya sea con fines comerciales o particulares; así como también su distribución a través de otros medios. Sea respetuoso de las normas.