



Cómo citar este artículo:

Parodi-Feye, A. S., Macedo-Curbelo, A., Torena-Díaz, M., & Magallanes, C. (2023). Repeat Jump Ability: propuesta de un nuevo test para evaluar potencia máxima, potencia media e índice de fatiga. *MLS Sport Research*, 3(2), 65-77. doi: 10.54716/mlssr.v3i2.2456.

REPEAT JUMP ABILITY: PROPUESTA DE UN NUEVO TEST PARA EVALUAR POTENCIA MÁXIMA, POTENCIA MEDIA E ÍNDICE DE FATIGA

Andrés Santiago Parodi-Feye

Universidad de la República (Uruguay)

andresparodi2005@yahoo.com · <https://orcid.org/0000-0003-3498-352X>

Alison Macedo-Curbelo

Universidad de la República (Uruguay)

alisonlef2021@gmail.com · <https://orcid.org/0009-0004-2006-2484>

Mariela Torena-Díaz

Universidad de la República (Uruguay)

martorena_9@hotmail.com · <https://orcid.org/0009-0005-8101-3528>

Carlos Magallanes

Universidad de la República (Uruguay)

camagallanes@gmail.com · <https://orcid.org/0000-0002-9506-6947>

Resumen. La capacidad para generar y mantener altos valores de potencia resulta relevante tanto en deportistas como en personas activas. Se propuso y analizó un nuevo test, *Repeat Jump Ability* (RJA), para evaluar potencia máxima, potencia media e índice de fatiga (IF) en adultos activos no deportistas. Veinticuatro voluntarios (12 mujeres, 12 varones; edad: $30,0 \pm 7,2$ años; masa: $71,5 \pm 11,0$ kg; altura: $171,2 \pm 10,4$ cm) realizaron los test de Wingate, Repeat Sprint Ability (RSA), 30s de saltos con contramovimiento (T30s) y RJA. Para cada uno se calculó el IF; adicionalmente para los test Wingate, T30s y RJA se determinó la potencia máxima y media, y para el RSA, la velocidad máxima y media. Los resultados del RJA para cada variable fueron correlacionados con los correspondientes de los demás test. Se observó una correlación casi perfecta para la potencia media entre RJA y Wingate ($r = 0,91$) y entre RJA y T30s ($r = 0,93$), y una correlación muy alta para el rendimiento medio entre RJA y RSA ($r = 0,73$). Para el rendimiento máximo, la correlación fue muy alta entre RJA y Wingate y entre RJA y T30s ($r = 0,87$ y $r = 0,73$, respectivamente), y alta entre RJA y RSA ($r = 0,61$). Para el IF, la correlación fue baja ($r < 0,30$) en todos los casos. El RJA podría constituir una alternativa válida y accesible para estimar la potencia máxima y media en adultos activos; su practicidad supondría una ventaja frente a los demás test.

Palabras clave: Potencia máxima, potencia media, índice de fatiga, saltos verticales, saltos con contramovimiento.

REPEAT JUMP ABILITY: PROPOSAL OF A NOVEL TEST TO ASSESS MAXIMAL POWER, MEAN POWER AND FATIGUE INDEX

Abstract. The capacity to generate and maintain high power levels is relevant in both athletes and active people. A new test, *Repeat Jump Ability* (RJA), was proposed and analyzed to assess maximal power, mean power and fatigue index (FI) in active adults who do not practice competitive sport. Twenty-four volunteers (12 females, 12 males; age: 30.0 ± 7.2 years; mass: 71.5 ± 11.0 kg; height: 171.2 ± 10.4 cm) performed the Wingate, Repeat Sprint Ability (RSA), 30s countermovement jumps (T30s) and RJA tests. For each one, the IF was calculated; additionally, for the Wingate, T30s and RJA tests, the maximum and mean power was determined, while the maximum and mean velocity was determined for the RSA. The RJA results for each variable were correlated with the corresponding obtained for the other tests. An almost perfect correlation was observed for mean power between RJA and Wingate ($r = 0.91$) and between RJA and T30s ($r = 0.93$), and a very high correlation for mean performance between RJA and RSA ($r = 0.73$). For maximum performance, the correlation was very high between RJA and Wingate and between RJA and T30s ($r = 0.87$ and $r = 0.73$, respectively), and high between RJA and RSA ($r = 0.61$). For IF, the correlation was low ($r < 0.30$) in all cases. The RJA could provide a valid and accessible alternative for estimating maximum and mean power in active adults; its convenience would be an advantage over the other tests.

Keywords: Maximum power, mean power, fatigue index, vertical jumps, countermovement jumps.

Introducción

La potencia muscular, en sus diversas manifestaciones, así como la resistencia a la fatiga durante esfuerzos de alta intensidad, son factores relevantes para el análisis del perfil de aptitud física, ya sea en deportistas como en sujetos activos no deportistas (Jiménez et al., 2011; López y Fernández, 2022; Martínez, 2002). En el caso de los deportistas, la evaluación de la capacidad de generar y mantener altos valores de potencia proporciona información acerca de sus características metabólicas y neuromusculares, lo que resulta de valor para la planificación de entrenamientos especializados y la implementación de estrategias óptimas en la competición. Por otro lado, en individuos no deportistas se ha sostenido que la capacidad para generar potencia representa un elemento importante del fitness muscular, el cual, a su vez, es un componente crucial de la aptitud física relacionada a la salud (Khawaja et al., 2019; Runge et al., 2004; Straight et al., 2015). Esto cobra particular relevancia en personas de edad avanzada, donde esta capacidad puede desempeñar un papel crucial en la prevención de caídas y en la promoción de un envejecimiento activo y saludable.

En el ámbito del rendimiento deportivo, se encuentran disponibles una variedad de test validados y frecuentemente utilizados por entrenadores, para evaluar distintos indicadores relacionados con la capacidad de potencia y la resistencia a la fatiga en deportistas entrenados. No obstante, dadas sus características (en términos de exigencia física o equipamiento necesario para su evaluación), su utilización suele no resultar apropiada para sujetos con menor condición física o con objetivos de fitness.

En forma reciente, nuestro grupo de investigación llevó adelante un estudio piloto, en el que los autores propusieron un nuevo test denominado Repeat Jump Ability (RJA), para estimar variables de potencia y fatiga muscular (Basín et al., 2019). En dicho trabajo se comparó, en jugadoras de voleibol adultas, la potencia máxima, la potencia media y el índice de fatiga estimados mediante el RJA vs el test de Wingate y el Repeat Sprint Ability (RSA), protocolo de Campanna Sassi. Este último consiste en realizar seis sprint de 40m, con recorridos de ida y vuelta de 20m, alternando pausas de 20s entre cada sprint (Rampinini et al., 2007). Ambos test han sido validados y son ampliamente utilizados en el deporte. En lo que respecta a la potencia máxima se observó una correlación positiva muy alta entre el test RSA y RJA (r

= 0,79) y positiva moderada entre el test de Wingate y RJA ($r = 0,46$). Respecto a la potencia media se observó una correlación positiva muy alta entre el test RSA y RJA ($r = 0,86$) y positiva alta entre el test de Wingate y RJA ($r = 0,52$). En lo que atañe al índice de fatiga, la correlación fue positiva baja entre el test RSA y RJA ($r = 0,24$) y positiva moderada entre el test de Wingate y RJA ($r = 0,39$).

Según los autores de este estudio, el RJA presentaría ventajas con respecto a los otros dos test en términos de practicidad y economía, requiriendo únicamente un dispositivo para evaluar la altura de salto, un espacio reducido y un único evaluador. Además, el hecho de requerir esfuerzos breves e intermitentes en lugar de un esfuerzo continuo (como en el caso del test de Wingate), podría proporcionar información sobre parámetros fisiológicos diferenciales, al mismo tiempo que resultaría más asequible para personas con menor condición física.

Sin embargo, y a pesar de las posibles ventajas del test RJA, las limitaciones del mencionado trabajo (entre ellas, una muestra reducida de sujetos, $n = 10$, y la no comparación con otros test de salto), hacen que más estudios en este sentido sean necesarios. Además, resulta relevante conocer si los resultados encontrados por estos autores se replican en una muestra de sujetos activos, pero no deportistas, y de ambos sexos.

Con tal propósito, el presente trabajo buscó determinar la correlación entre la potencia máxima, potencia media e índice de fatiga registrados mediante el test RJA, en comparación con los registrados por los test de Wingate, RSA y test de 30s de salto con contramovimiento (T30s). Los resultados de la presente investigación podrían constituir un aporte valioso para el ámbito deportivo y del fitness. En este sentido, proporcionarían información importante al momento de considerar la utilización del RJA como una alternativa para estimar variables de potencia e indicadores de fatigabilidad, en personas no deportistas. Estos datos son valiosos para entrenadores y profesionales relacionados con la Educación Física y el fitness, ya que les permiten diseñar programas de entrenamiento más efectivos para mejorar el rendimiento de las variables analizadas.

Método

Diseño metodológico

El estudio se llevó a cabo utilizando un diseño descriptivo y transversal, empleando una metodología de enfoque cuantitativo. Se realizó en total acuerdo con los principios de la Declaración de Helsinki y recibió la aprobación del Comité de Ética del Instituto Superior de Educación Física de la Universidad de la República (Resolución N°13/2022).

Participantes

Se realizó un muestreo por conveniencia, mediante el cual se seleccionaron 24 voluntarios adultos activos no deportistas (12 mujeres, 12 varones; edad = $30,0 \pm 7,2$ años; masa = $71,5 \pm 11,0$ kg; altura = $171,2 \pm 10,4$ cm). Con cada uno de ellos se tuvo una instancia de familiarización con los objetivos del trabajo, en donde se les explicó las formalidades del mismo, otorgándoles un formulario de consentimiento informado el cual leyeron y firmaron.

Los criterios de inclusión fueron: i) presentar carnet de aptitud física o carnet de salud vigente al momento de realizar las evaluaciones; ii) no haber tenido o haber estado cursando algún tipo de lesión que podría perjudicar el rendimiento en algunas de las evaluaciones; iii) no haber realizado ningún esfuerzo físico intenso ajeno al estudio, al menos 48h previo al comienzo de las evaluaciones y durante el tiempo en que se realizaron las mismas; iv) no ser fumador o haber abandonado el hábito tabáquico en los últimos seis meses; v) no consumir

ningún fármaco, sustancia estimulante o de otro tipo que pueda incidir en los resultados; y vi) no practicar deporte de forma federada.

Procedimientos

El estudio se llevó a cabo en cuatro instancias, realizadas en cuatro días consecutivos, siempre en horario de la mañana y en condiciones similares de temperatura y humedad ambiente. Previamente se informó a los voluntarios sobre los objetivos del estudio y los protocolos de los diferentes test que se llevarían a cabo. Las siguientes instancias fueron dedicadas a realizar las correspondientes evaluaciones, según se describe a continuación.

Primera instancia: En primer lugar, se determinó la altura y masa corporal de cada participante. Para lo primero se utilizó un estadiómetro portátil SECA 213 (SECA, Alemania), con precisión de 1mm. En relación a lo segundo, se utilizó una balanza electrónica Gama SCG-430 (GA.MA., Italia), con precisión de 100g. En todos los casos se siguieron los protocolos descritos por la Sociedad Internacional para el Avance de la Cineantropometría (ISAK) (Sirvent y Alvero, 2017).

Una vez completadas estas mediciones, los sujetos realizaron el test RJA. Antes de iniciar se realizaron ejercicios de entrada en calor estandarizados, que incluyeron movilidad articular de miembros superiores e inferiores y elongaciones breves (menores a 6s) en posición estática, con una duración total de 15min. Esta entrada en calor fue repetida en todas las otras instancias en las mismas condiciones. A continuación, se realizó una serie de prueba de cinco saltos continuos con contramovimiento, similares a los que posteriormente se utilizaron en el RJA. Esto permitió realizar las correcciones pertinentes en cuanto a la ejecución del movimiento, así como permitir a los sujetos familiarizarse con los gestos y el equipamiento utilizados.

Posteriormente se otorgó una pausa completa de 5min y se realizó la prueba, utilizando para esto una alfombra de contacto (Projump Wireless, Evaluación Deportiva, Uruguay). Siguiendo la metodología descrita por Basín et al. (2019), el protocolo implementado consistió en la ejecución de seis bloques de cinco saltos verticales con contramovimiento, manteniendo las manos en la cintura. Estos saltos se realizaron de manera continua y con esfuerzos máximos, procurando que el evaluado alcanzara la máxima altura posible en cada salto y que el tiempo de contacto con la superficie tras cada caída fuera mínimo. Se estableció una pausa de recuperación pasiva de 20 segundos entre cada bloque. Tanto la cantidad de bloques como la duración de la pausa fueron establecidos a similitud del test Repeat Sprint Ability (RSA). De la misma forma, para el RJA la cantidad de saltos de cada bloque se estableció para que su duración promedio (aproximadamente 8s), fuera similar a la de cada sprint del test RSA.

A partir del valor de potencia de cada salto individual (dato brindado por el software del equipo), se calcularon los siguientes parámetros: la potencia de cada bloque (obtenida a partir del promedio de los cinco saltos), y particularmente la del bloque donde se observó mayor rendimiento (P_{max}); la potencia media desarrollada en los 6 bloques de saltos (P_{med}); y la potencia del bloque de menor rendimiento (P_{min}) para el cálculo del índice de fatiga (IF) o porcentaje de decremento, mediante la fórmula: $IF (\%) = (P_{max} - P_{min}) / P_{max} \times 100$.

Segunda instancia: los sujetos realizaron el test T30s. La alfombra utilizada fue la misma que la descrita para el RJA test. Para realizar la prueba el sujeto se paró sobre la alfombra en posición erguida con las manos en la cintura y la vista al frente. Los sujetos debieron efectuar durante 30s saltos verticales máximos. Se los instruyó a que en la fase de vuelo mantuvieran el tronco y los miembros inferiores en posición vertical, y las manos en la cintura. En la fase de caída se les solicitó que el primer contacto con la alfombra se realizara con los pies en flexión plantar, amortiguando el impacto de la caída (Gutiérrez-Dávila et al.,

2015). Para calcular la potencia máxima y la potencia mínima se dividió la duración total en seis intervalos de 5s, y a través del valor de potencia de cada salto individual (dato ofrecido por el software del equipo), se promedió la potencia de los saltos finalizados en cada uno de ellos. El intervalo en el que se obtuvo mayor potencia (Pmax), usualmente el primero o el segundo, y en el que se obtuvo menor potencia (Pmin), usualmente el último, fueron considerados. La potencia media (Pmed) se calculó a partir de la potencia promedio de todos los saltos completados en los 30s. De manera análoga a lo que se hizo para el RJA, el IF o porcentaje de decremento fue calculado mediante la fórmula: $IF (\%) = (P_{max} - P_{min}) / P_{max} \times 100$.

Tercera instancia: en dicha instancia se realizó el test RSA, según protocolo de Campanna Sassi (Rampinini et al., 2007). Este test se desarrolló en la pista de atletismo Darwin Piñeyría de la ciudad de Montevideo, la cual cuenta con superficie de tartán. Para determinar las distancias establecidas por el protocolo del test se utilizaron cintas posicionadas sobre la pista separadas entre ellas por una distancia de 20m. Para medir los tiempos en que se realizaron los sprint, se utilizó un cronómetro manual (Casio, HS-80TW-1D).

A partir de los valores registrados se calculó la velocidad de cada sprint en m/s, y se obtuvieron los siguientes parámetros: velocidad máxima (vMax), velocidad mínima (vMin) y velocidad media (promedio) de los seis sprint (vMed). Como en el caso de los test anteriores, el IF fue calculado a través de la fórmula: $IF (\%) = (v_{Max} - v_{Min}) / v_{Max} \times 100$.

Cuarta instancia: los sujetos realizaron el test de Wingate. Previamente al inicio del mismo se dio a conocer el funcionamiento del dispositivo, el objetivo de las mediciones y se brindaron indicaciones acerca de la ejecución del pedaleo. Se utilizó un cicloergómetro Cyclus 2 (RBM elektronik-automation GmbH, Leipzig, Alemania), asociado al software correspondiente (Wingate Anaerobic Test Software, Lode BV). En cada caso la altura del asiento se individualizó según el largo de los miembros inferiores del sujeto, de tal forma que la parte superior de aquel coincidiera con la altura máxima de su cresta ilíaca. Adicionalmente, se ajustó la resistencia del dispositivo a un 7,5% del peso corporal, según protocolo descrito por Sands et al. (2004).

Previo a la realización del test, los sujetos realizaron tres esfuerzos submáximos de 15s para adaptarse al gesto de pedaleo, intercalados por pausas pasivas de 1min. A continuación, se otorgó un descanso pasivo de al menos un minuto previo al comienzo del test. Cuando el sujeto manifestaba estar listo, se daba una señal auditiva, luego de la cual debía pedalear tan rápido como le fuera posible durante 30s, manteniendo su esfuerzo máximo durante ese periodo. Se solicitó al participante que intentara llegar a la máxima aceleración en el menor tiempo posible.

Para calcular la potencia máxima y la potencia mínima se dividió la duración total (30s) en 6 intervalos de 5s, y a través del valor obtenido en cada milisegundo (dato brindado por el software del equipo), se promedió la potencia de cada uno de ellos. El intervalo de mayor potencia (Pmax), usualmente el primero, y el de menor potencia (Pmin), casi siempre el último, fueron considerados. La potencia media (Pmed) se calculó a partir de la potencia promedio en los 30s. De manera análoga a lo que se hizo para los demás test, el IF fue calculado mediante la fórmula: $IF (\%) = (P_{max} - P_{min}) / P_{max} \times 100$.

Análisis estadístico

Los datos son presentados como media \pm DE. La distribución normal de los datos se verificó por medio de la prueba de Kolmogorov-Smirnov, y la homogeneidad de las varianzas mediante la prueba de Levene.

Para examinar las relaciones entre los indicadores de potencia máxima, potencia media e índice de fatiga de cada uno de los test se utilizó el coeficiente de correlación de Pearson (r).

Previo a la aplicación de este estadístico se verificó la normalidad mediante la prueba de Shapiro-Wilk. En forma adicional, se corroboraron los supuestos de linealidad y ausencia de valores atípicos requeridos por el mismo.

La fuerza de correlación se interpretó acorde a lo propuesto por Hopkins et al. (2009), que establecen como asociación pobre valores (positivos o negativos) iguales o menores a 0,10; asociación baja valores entre 0,11 y 0,30; asociación moderada valores entre 0,31 y 0,50; asociación alta valores entre 0,51 y 0,70; asociación muy alta valores entre 0,71 y 0,90; y asociación casi perfecta valores iguales o superiores a 0,91.

En todos los casos se estableció un nivel de significación de $p < 0,05$. Los cálculos estadísticos fueron realizados con el software libre JASP (Versión 0.16.4; JASP Team, 2022, Universidad de Amsterdam).

Resultados

Los 24 sujetos que conformaron inicialmente la muestra, participaron de forma satisfactoria de las cuatro instancias planificadas. Consecuentemente, a los efectos del presente trabajo fueron considerados los datos de la totalidad de la muestra.

En la tabla 1 se muestran los resultados obtenidos de los test de Wingate, T30s, y RJA, en relación con las variables de potencia media, potencia máxima e índice de fatiga. Adicionalmente se muestra el resultado del test RSA en lo que atañe a velocidad media, velocidad máxima e IF.

Tabla 1

Resultados obtenidos de los test Wingate, T30s, RJA y RSA.

	RJA (media ± DE)	T30s (media ± DE)	RSA (media ± DE)	Wingate (media ± DE)
Rendimiento máximo	648,0 ± 282,3 (w)	676,3 ± 379,8 (w)	5,0 ± 0,4 (m/s)	615,6 ± 154,4 (w)
Rendimiento medio	610,4 ± 239,7 (w)	555,4 ± 329,6 (w)	4,7 ± 0,4 (m/s)	529,9 ± 129,1 (w)
Índice de fatiga (%)	21,0 ± 15,1	27,181 ± 15,1	7,6 ± 6,8	22,0 ± 5,7

Abreviaciones: DE: desvío estándar; Wingate: test de Wingate; T30s: saltos de 30s con contramovimiento; RSA: Repeat Sprint Ability test; RJA: Repeat Jump Ability test.

En la tabla 2 se muestran los valores de correlación entre el test RJA y los demás test analizados.

Tabla 2

Valores de Correlación de Pearson (r) entre los resultados del test de Wingate, T30s, RJA y RSA

	Rendimiento máximo	Rendimiento medio	Índice de fatiga
RJA (w) vs Wingate (w)	0,87	0,91	0,26
RJA (w) vs T30s (w)	0,73	0,93	0,30
RJA (w) vs RSA (m/s)	0,61	0,73	0,19

Abreviaciones: Wingate: test de Wingate; T30s: test de saltos de 30s con contramovimiento; RSA: Repeat Sprint Ability test; RJA: Repeat Jump Ability test.

En lo que respecta a la relación entre los test RJA y Wingate, el coeficiente de correlación para la potencia media fue de $r = 0,91$, interpretado como correlación casi perfecta. Adicionalmente, en cuanto a la potencia máxima se obtuvo una correlación de $r = 0,87$ valorada como muy alta. Por último, la correlación observada en relación al IF fue de $r = 0,26$, interpretada como baja.

En lo que respecta a la correlación entre el test RJA y el test T30s para la potencia media, se obtuvo un $r = 0,93$, interpretado como correlación casi perfecta. La potencia máxima entre ambos test presentó un $r = 0,73$, considerada una correlación muy alta, y en cuanto al IF, se obtuvo un $r = 0,30$, considerada una correlación baja.

Por último, para la correlación entre los test RJA y RSA, consideramos las variables de rendimiento medio, máximo e IF. En el rendimiento medio se obtuvo una correlación muy alta ($r = 0,73$), en el rendimiento máximo una correlación alta ($r = 0,61$), y en cuanto al IF una correlación baja ($r = 0,19$).

Discusión

La potencia muscular y la fatiga son variables de gran importancia, tanto en el ámbito del deporte competitivo como para quienes practican deporte con fines recreativo y de *fitness*. Respecto a la fatiga, esta se refiere a una disminución en la capacidad máxima de contracción del músculo esquelético debido a un esfuerzo sostenido, influenciada por factores tanto centrales como periféricos, lo que lleva a una disminución en el rendimiento (Rosas et al., 2020). En lo que atañe a la potencia muscular, ésta adquiere particular relevancia en el ámbito del deporte de rendimiento (García-Manso y Valverde, 2015); aunque también ha demostrado tener un impacto significativo en la salud al ser un elemento integral del denominado *fitness muscular*. Este aspecto ha sido observado tanto en niños y adolescentes (Ortega et al., 2008; Steene-Johannessen et al., 2013), como en sujetos adultos (Khawaja et al., 2019), y cobra particular relevancia en personas de edad avanzada (Runge et al., 2004; Straight et al., 2015).

En el presente estudio se analizó la correlación entre variables indicadoras de potencia máxima, potencia media e IF obtenidas a partir de una nueva propuesta de test (RJA) y sus indicadores equivalentes en los test de Wingate, RSA y T30s, siendo estos últimos

frecuentemente utilizados en el ámbito del deporte. Se encontró una correlación entre alta y muy alta para la potencia máxima, una correlación entre muy alta y casi perfecta para la potencia media, y una correlación baja para el IF. Este último hallazgo sugiere que los mecanismos neuro-fisiológicos que conducen a la fatiga en el RJA podrían ser distintos de aquellos que la generan en los otros test; lo cual podría en parte ser explicado por el tipo de movimiento implicado en los distintos test (carrera, pedaleo, salto) con la concomitante diferencia en la masa muscular y biomecánica involucradas, y/o el efecto de los periodos de pausa (esfuerzo continuo vs. intermitente).

Correlación entre los test RJA y Wingate

El test anaeróbico de Wingate es un test de carácter supramáximo desarrollado en la década de 1970. Desde entonces se ha posicionado en todo el mundo como un test válido y confiable, para la evaluación tanto de la potencia como de la resistencia muscular y de la fatiga (Özkan et al., 2010). Sin embargo, su ejecución requiere un esfuerzo físico e incluso mental extremo, lo que ha llevado en los últimos años a una reducción de su empleo, incluso en deportistas altamente entrenados (Muriel et al., 2012).

En el trabajo de Basín et al. (2019), principal antecedente del presente trabajo, los autores encontraron una correlación moderada entre este test y el RJA en lo que atañe al IF y a la potencia máxima ($r = 0,39$ y $r = 0,46$, respectivamente), y una correlación alta en lo que respecta a potencia media ($r = 0,52$). Esto no condice con lo encontrado en el presente estudio (correlación casi perfecta para potencia media, muy alta para potencia máxima y baja para el IF).

Es de relevancia mencionar que en el estudio mencionado se utilizó un cicloergómetro Computrainer modelo Pro (Racermate Inc., Seattle, USA), el cual no permite ajustar la carga en función del peso corporal de cada participante. Por ese motivo, los autores tuvieron que utilizar la misma resistencia para todos los sujetos. Cabe señalar que el protocolo del test de Wingate establece que la carga sea ajustada en función del peso corporal del evaluado (Inbar et al., 1996), algo que se tuvo en consideración en el presente trabajo. Pensamos que esta diferencia, al menos en parte, puede explicar las disparidades en los resultados, habiendo este último proporcionado una aproximación más precisa a los objetivos planteados.

Adicionalmente, a diferencia del estudio citado anteriormente, en el cual los autores examinaron una muestra relativamente pequeña de jugadoras de volleyball federadas, en este trabajo se incluyó una muestra compuesta por un mayor número de participantes. Esto proporcionó una base de datos más amplia para el posterior análisis. Cabe señalar además que los participantes del presente estudio, si bien eran físicamente activos, no practicaban deporte de forma competitiva, lo cual puede explicar en parte la correlación más débil encontrada en relación al IF. A diferencia de la muestra utilizada en el estudio mencionado, realizado con deportistas entrenadas, los participantes del presente trabajo podrían haber tenido una menor tolerancia al esfuerzo en un test con las características del test de Wingate, que requiere un esfuerzo máximo y sostenido.

En investigaciones anteriores, ya había sido analizada la correlación entre la potencia estimada mediante el test de Wingate y la estimada a través de un test de salto. En este contexto, se encontró una correlación positiva y significativa ($r = 0,446$, $p < 0,0001$) entre la potencia pico medida con el test de Wingate y la medida con un test de salto horizontal bipodal (Standing Broad Jump Test) en halterofilistas, luchadores y esgrimistas de élite (Krishnan et al., 2017). Asimismo, se observó una correlación positiva y significativa ($p < 0,05$) entre el tiempo de vuelo en el salto con contramovimiento (CMJ) y la potencia media y máxima obtenida en el test de Wingate en ciclistas adultos jóvenes con un alto nivel de entrenamiento (Muriel et al., 2012).

En otro estudio llevado adelante en jugadoras de volleyball adolescentes y adultas (Nikolaidis et al., 2016), los investigadores analizaron la correlación entre la potencia máxima y media estimada mediante diferentes pruebas de salto (squat jump, CMJ, Abalakov, test de salto de 30 segundos de Bosco) y la estimada a través del test de Wingate. Se observó una correlación positiva y significativa ($p < 0,05$) entre la potencia media estimada mediante el test de salto de 30 segundos de Bosco y el test de Wingate. También se encontró una correlación positiva y significativa ($p < 0,05$) entre la potencia media y pico estimadas mediante el test de Wingate y la estimada en cada uno de los otros test de salto mencionados.

Es relevante destacar que, en todos los casos mencionados, la correlación fue mayor en las deportistas adultas en comparación con las juveniles. En particular, en este estudio se encontró que la correlación entre el test de salto de 30 segundos de Bosco y el Wingate para la potencia media en jugadoras adultas ($r = 0,56$) fue muy similar a la correlación observada entre el test RJA y el Wingate para la misma variable en el trabajo de Basín et al. (2019) ($r = 0,52$), quienes examinaron una muestra de la misma población. Sin embargo, esta correlación fue inferior a la encontrada en el presente estudio en adultos no deportistas ($r = 0,91$), como se mencionó anteriormente.

En otro trabajo (Sands et al., 2004) se comparó el rendimiento en el test de Wingate vs. saltos consecutivos durante 60s (según protocolo de Bosco) en atletas adultos de ambos sexos. Los autores encontraron que la correlación en cuanto al rendimiento en ambos test fue significativamente mayor ($p < 0,05$) en los hombres deportistas, pero no así en sus pares mujeres. Una diferencia que se observa en cuanto al presente estudio, es que en este último el análisis no incluyó una diferenciación de grupos acorde con el sexo biológico. Otra diferencia está determinada por la muestra, la cual, en el estudio citado, corresponde a atletas universitarios de campo y pista. Esto podría explicar la elección de los test utilizados por estos autores, ya que ambos test son usualmente empleados en deportistas entrenados.

En el presente estudio el test de saltos empleado (RJA) presenta características que lo hacen menos exigente que el utilizado por Sands et al. (2004). Comparado con éste, el primero sería más apto para sujetos saludables no deportistas, debido a sus pausas intermedias y menor duración del esfuerzo entre descansos. Por otro lado, en el test de Bosco los saltos que deben realizar los sujetos son continuos durante los 60s que dura el test, y se exige flexión aproximada de rodillas a 90° en la fase de descenso. En el RJA test se realizan seis bloques de cinco saltos con contramovimiento, con pausas pasivas entre los bloques y sin exigencia estricta de llegar a la mencionada flexión. Aun con estas diferencias, en ambos trabajos se pueden observar correlaciones significativas en lo que respecta al rendimiento medio y máximo.

En suma, lo encontrado en el presente trabajo, así como los antecedentes mencionados *ut supra*, indicarían que existe una correlación alta entre la potencia, tanto máxima como media, estimada mediante test de saltos (incluido el RJA) y el test de Wingate, tanto para deportistas como para sujetos activos no deportistas.

Correlación entre los tests RJA y RSA

Con respecto a estas dos variables, lo realizado en el presente trabajo presenta similitudes con lo reportado por Balsalobre-Fernandez et al. (2015), quienes relacionaron la capacidad de repetir sprint mediante el test de RAST (*Running-based Anaerobic Sprint Test*) y saltos verticales utilizando el valor de rendimiento máximo en un CMJ. Tanto en el test de RAST (consistente en realizar seis sprint de 35m ejecutados a la máxima velocidad posible, con 10s de descanso entre cada sprint) como en el RSA se realizan esfuerzos de sprint intervalados. Las principales diferencias entre ambos están relacionadas con el recorrido, la pausa entre cada sprint y los bloques a realizar. Según los autores, el test CMJ se realizó con un contramovimiento hasta flexión de 90° de rodillas, saltando lo más alto posible, repitiéndolo

tres veces. Por otro lado, y como fue mencionado, en el test RJA se efectúan seis bloques de cinco saltos con contramovimiento, sin llegar obligatoriamente a dicho grado de flexión.

En este estudio los autores observaron una correlación positiva moderada en la potencia producida en el test de RAST y el test de CMJ ($r = 0,419$, $p < 0,001$), lo que indica que el rendimiento en este último estaría asociado a la producción de potencia en el RAST. Adicionalmente los autores observaron que los sujetos con menor IF en el RAST tuvieron menor pérdida de rendimiento en el test de CMJ.

En cuanto a las correlaciones reportadas en dicho estudio entre el rendimiento medio y máximo, estas coinciden con las encontradas en el presente estudio entre los test RSA y RJA. Es relevante señalar que el protocolo empleado en el test de RAST es consistente con el del RSA (protocolo de Campanna Sassi).

Correlación entre los test RJA y T30s

En lo que respecta a esta correlación, es importante destacar que no se encontraron antecedentes en la literatura científica revisada sobre este tema, lo que sugiere que este aspecto puede ser una contribución novedosa del presente trabajo. Es interesante recalcar que la correlación más robusta entre ambos test se observó en la potencia media. Esto implica que el RJA podría ser considerado como una alternativa válida para evaluar este parámetro.

Cabe resaltar que el T30s requiere un esfuerzo continuo, lo cual potencialmente puede demandar un mayor uso del sistema energético de la glucólisis anaeróbica. Esto implica que el individuo que realiza este test debe poseer un cierto nivel de condición física. En contraste, las características del RJA, que incluyen pausas intermedias pasivas, implicarían una mayor participación del sistema de la fosfocreatina y del sistema oxidativo. Como se mencionó previamente, esto podría hacer que el RJA sea más aplicable para personas con menor nivel de condición física.

Viabilidad práctica del RJA

Las características del RJA lo convierten en un test versátil que puede ser utilizado en una amplia variedad de entornos, independientemente de las condiciones espaciales o socioculturales. Su implementación es sencilla, ya que no requiere la presencia de personal técnico especializado, ni un espacio amplio o materiales costosos. Solo se necesita un dispositivo para medir la altura del salto, como una alfombra de contacto, por ejemplo. En caso de no contar con esta herramienta, existen aplicaciones disponibles para teléfonos celulares y otros dispositivos móviles que proporcionan una medida válida, lo que hace que el test sea aún más accesible. Además, estos materiales son fáciles de transportar y el tiempo necesario para completar el test generalmente no supera los 20 minutos, incluyendo la fase de calentamiento previa.

RJA y la descripción del perfil de aptitud física

El estudio tuvo como uno de sus objetivos contribuir a la descripción del perfil de aptitud física de los participantes, a través de la evaluación de capacidades que reflejan la potencia máxima, potencia media e Índice de Fatiga (IF), así como el análisis de correlaciones con otros test. Esta información es valiosa para definir la condición física de cada individuo, independientemente de si son deportistas o no, y para diseñar programas de entrenamiento personalizados.

Es reconocido que la potencia muscular desempeña un papel importante no solo en el contexto del rendimiento deportivo, sino también en el ámbito de la aptitud física relacionada con la salud, como señalan Balsalobre-Fernández et al. (2012) y Izquierdo et al. (2015), entre otros autores. Por ende, la evaluación y el entrenamiento de la potencia son aspectos relevantes

tanto para deportistas como para personas que se ejercitan con el objetivo de mantener y mejorar su condición física y salud.

En suma, pensamos que el RJA podría tener el potencial de convertirse en una herramienta útil para contribuir en la descripción y evaluación del perfil de aptitud física de las personas.

Limitaciones y posibilidades futuras de intervención

El presente trabajo tuvo limitaciones. Entre ellas, mencionamos la escasa experiencia previa de los sujetos que participaron del estudio en lo que atañe a la realización de los diferentes test realizados. Adicionalmente, en referencia al test RSA, hubiera sido deseable el uso de células fotoeléctricas o dispositivos similares para la toma de datos, mejorando de esta manera la precisión en la determinación de velocidad de cada sprint.

Como sugerencia para futuras investigaciones, proponemos llevar a cabo estudios similares, pero considerando diferentes poblaciones, como niños, niñas y adolescentes, así como explorar diferencias entre sexos biológicos y comparar deportistas de distintas disciplinas. Esto proporcionaría una comprensión más completa y específica del comportamiento de las variables analizadas en diversos grupos y contextos.

Además, sería interesante incorporar otros análisis, como la determinación del lactato sanguíneo, la medición no invasiva de la oxigenación muscular a través de oximetría, y la evaluación de la fatiga muscular mediante técnicas como tensiomiografía y/o electromiografía, entre otros. Estos métodos complementarios podrían aportar una perspectiva adicional y enriquecer la comprensión de los resultados obtenidos.

Dado el carácter intermitente del RJA, planteamos la hipótesis de que, en comparación con pruebas continuas como el test de Wingate o el T30s, en el RJA se observaría una menor contribución del metabolismo de la glucólisis anaeróbica, en favor de una mayor participación del metabolismo de la fosfocreatina y del metabolismo oxidativo. Estudios que incorporen estas mediciones podrían ayudar a esclarecer esta hipótesis.

Conclusiones

Los resultados de este estudio sugieren que el RJA podría constituirse como una herramienta práctica y accesible para estimar la potencia máxima y media en adultos activos de ambos sexos. Esto podría representar una valiosa contribución para el ámbito del *fitness*. Más estudios son necesarios para confirmar estos hallazgos.

Agradecimientos

Queremos manifestar nuestro profundo agradecimiento a los 24 voluntarios y voluntarias que, en forma generosa y desinteresada, ofrecieron su tiempo y esfuerzo al formar parte del presente estudio. También queremos agradecer a la Comisión Sectorial de Investigación Científica de la Universidad de la República (UdelaR), que a través de su Programa de Investigación y Desarrollo (I+D) está facilitando las actividades de producción de conocimientos de nuestro grupo de Investigación en Deporte y Rendimiento.

Referencias

- Balsalobre-Fernández, C., Del Campo-Vecino, J., Tejero-González, C. M, y Alonso-Curiel, D. (2012). Relación entre potencia máxima, fuerza máxima, salto vertical y sprint de 30 metros en atletas cuatrocentistas de alto rendimiento. *Apunts. Educación Física y Deportes*, 108(2), 63-69. [https://dx.doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.\(2012/2\).108.07](https://dx.doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.(2012/2).108.07)
- Balsalobre-Fernández, C., Nevado-Garrosa, F., Del Campo-Vecino, J., y Ganancias-Gómez, P. (2015). Repetición de sprints y salto vertical en jugadores jóvenes de baloncesto y fútbol de élite. *Apunts. Educación Física y Deportes*, 120(2), 52-57. <https://core.ac.uk/download/pdf/39140641.pdf>
- Basín, M., Fernandez, E. y Magallanes, C. (2019). *Repeat Jump Ability Test: Estudio piloto para la valoración de la capacidad de salto* [Tesis de Grado, Instituto Superior de Educación Física, Universidad de la República]. Repositorio Colibrí. <https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/29775/1/T%20764-.pdf>
- García-Manso y Valverde. (2015). *Potencia muscular y rendimiento deportivo*. Editorial Kinesis.
- Gutiérrez-Dávila, M., Giles, M., González, C., Gallardo, D. y Rojas, F. (2015). Efecto de la intensidad del contramovimiento sobre el rendimiento del salto vertical. *Lecturas: Educación Física y Deportes*, 119(1), 87-96. [https://dx.doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.\(2015/1\).119.06](https://dx.doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.(2015/1).119.06)
- Hopkins, W. G., Marshall, S. W., Batterham, A. M., y Hanin, J. (2009). Progressive statistics for studies in sports medicine and exercise science. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 41, 3–13. <https://dx.doi.org/10.1249/MSS.0b013e31818cb278>.
- Inbar, O., Bar-Or, O. y Skinner J. S. (1996). *The Wingate Anaerobic Test*. Human Kinetics.
- Izquierdo, M., Redondo, J. C., Oliveira da Silva, L., Lopez, L. M., Marcolin, É., y Sedano, S. (2015). Efectos de dos tipos de entrenamiento complejo en fuerza máxima y potencia en jugadores jóvenes de deportes colectivos. *Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício*, 9(53), 290-302. <http://www.rbpfex.com.br/index.php/rbpfex/article/view/803/702>
- Jiménez, P., Cuadrado-Peñafiel, V. y González-Badillo, J. J. (2011). Análisis de variables medidas en salto vertical relacionadas con el rendimiento deportivo y su aplicación al entrenamiento. *Cultura, Ciencia y Deporte*, 6(17), 113-119. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=163022532005>
- Khawaja, A., Sabbagh, P., Prioux, J., Zunquin, G., Baquet, G., Maalouf, G., y El Hage, R. (2019). Does Muscular Power Predict Bone Mineral Density in Young Adults? *Journal of Clinical Densitometry*, 22(3), 311-320. <https://doi.org/10.1016/j.jocd.2019.01.005>
- Krishnan, A., Sharma, D., Bhatt, M., Dixit, A., y Pradeep, P. (2017). Comparison between Standing Broad Jump test and Wingate test for assessing lower limb anaerobic power in elite sportsmen. *Medical Journal Armed Forces India*, 73(2), 140,145. <https://doi.org/10.1016/j.mjafi.2016.11.003>
- López, J. y Fernández, A. (2022). *Fisiología del ejercicio*. (4ª Ed.). Médica Panamericana.
- Martínez, E. (2002). *Pruebas de aptitud física*. Editorial Paidotribo

- Muriel, X., Cámara Tobalina, J., Fernández López, J. R., y Pallarés, J. G. (2012). Validez del test de salto para la valoración del rendimiento anaeróbico y la asimetría en el ciclismo de alto nivel. *Sport TK*, 1(1), 39-46.
- Nikolaidis, P. T., Afonso, J., Clemente-Suarez, V. J., Alvarado, J. R. P., Driss, T., Knechtle, B., y Torres-Luque, G. (2016). Vertical jumping tests versus Wingate anaerobic test in female volleyball players: The role of age. *Sports*, 4(1), 1-7. <https://doi.org/10.3390/sports4010009>
- Ortega, F. B., Ruiz, J. R., Castillo, M. J., y Sjostrom, M. (2008). Physical fitness in childhood and adolescence: A powerful marker of health. *International Journal of Obesity*, 32, 1–11. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000864>
- Özkan, A., Köklü, Y., y Ersöz, G. (2010). Wingate anaerobic power test. *Journal of Human Sciences*, 7(1), 207–224.
- Rampinini, E., Bishop, D., Marcora, S. M., Ferrari Bravo, D., Sassi, R., y Impellizzeri, F. M. (2007). Validity of simple field tests as indicators of matchrelated physical performance in top-level professional soccer players. *International Journal of Sports Medicine*, 28(3), 228–235.
- Rosas, H., Alcaraz-Caracheo, L. A., y Jiménez, A. (2020). Métodos para determinar el índice de fatiga muscular a través de semg: revisión de la literatura. *Pistas Educativas*, 42(137), 526-540.
- Runge, M., Rittweger, J., Russo, C. R., Schiessl, H. y Felsenberg, D. (2004). Is muscle power output a key factor in the age-related decline in physical performance? A comparison of muscle cross section, chair-rising test and jumping power. *Clinical Physiology and Functional Imaging*, 24(6), 335-340. <https://doi.org/10.1111/j.1475-097X.2004.00567.x>
- Sands, W. A., McNeal, J. R., Ochi, M. T., Urbanek, T. L., Jemni, N. y Stone, M. H. (2004). Comparison of the Wingate and Bosco anaerobic tests. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 18(4), 810-815. <https://doi.org/10.1519/13923.1>
- Sirvent, J., y Alvero, J. (2017). *La cineantropometría y sus aplicaciones*. Universitat d' Alicante.
- Steene-Johannessen, J., Kollé, E., Andersen, L. B., y Anderssen, S. A. (2013). Adiposity, aerobic fitness, muscle fitness, and markers of inflammation in children. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 45, 714–721. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e318279707a>
- Straight, C. R., Lindheimer, J. B., Brady, A. O., Dishman, R. K., y Evans, E. M. (2015). Effects of Resistance Training on Lower-Extremity Muscle Power in Middle-Aged and Older Adults: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *Sports Medicine*, 46(3), 353-364. <https://doi.org/10.1007/s40279-015-0418-4>

Fecha de recepción: 25/10/2023

Fecha de revisión: 13/12/2023

Fecha de aceptación: 27/12/2023