

Selected Papers from Impact

El Rol de la Capacidad Aeróbica y los Niveles de Fuerza sobre el Rendimiento de Wingate y Concentraciones de Lactato

The Role of Aerobic Capacity and Strength Levels on Wingate Performance and Lactate Concentrations

Ali M. Al-Nawaiseh¹, Mo'ath F. Bataineh¹, Hashem A. Kilani², David M. Bellar³, Olivia R. Huffman⁴ y , Lawrence W. Judge⁴

¹Department of Sport Rehabilitation, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, The Hashemite University, Zarqa, Jordan

²School of Sport Sciences, Jordan University, Amman, Jordan

³Usha Kundu MD College of Health, University of West Florida, 11000 University Parkway, Pensacola, FL 32514, USA

⁴School of Kinesiology, Ball State University, 2000 W. University Ave, Muncie, IN 47306, USA

RESUMEN

Antecedentes: el lactato en sangre (La-) se evalúa comúnmente en las pruebas de rendimiento deportivo. En los deportes que utilizan un esfuerzo intermitente de alta intensidad, el seguimiento del La- del ejercicio anterior puede ser útil para documentar la intensidad del esfuerzo. Objetivo: El propósito de este estudio fue investigar el papel que jugó el La durante sucesivas pruebas de Wingate (Win) y el posterior rendimiento del ejercicio anaeróbico. Método: Atletas bien entrenados del equipo nacional de Jordania (n = 31) se ofrecieron como voluntarios para participar. Se utilizó un diseño cuasi-experimental para evaluar el rendimiento de Win y la concentración de La. Todos los participantes realizaron dos pruebas de Win con un minuto de descanso entre series. El La- se recolectó en cuatro momentos (antes de la prueba Win 1, inmediatamente después de Win 1, después de Win 2 y después de un período de recuperación de 10 minutos). Resultados: Los resultados de un modelo de regresión lineal múltiple (p = 0.032) mostraron mayores niveles de acumulación de La como predictor de mayor potencia y fuerza (p = 0.046). Por el contrario, la capacidad aeróbica máxima predijo la disminución de la acumulación de La con el tiempo (p = 0.039), lo que puede sugerir una recuperación más rápida. Conclusión: Los atletas anaeróbicos que participan en períodos cortos de ejercicio de alta intensidad pueden requerir programas de entrenamiento de alta intensidad para aumentar la capacidad aeróbica, la producción de potencia y el rendimiento óptimo. Las aplicaciones prácticas incluyen la optimización de los programas de entrenamiento para reflejar la competencia.

Palabras Clave: lactato, fuerza, aeróbico, Wingate

ABSTRACT

Background: Blood lactate (La-) is commonly assessed in tests of sport performance. Sports that utilize intermittent high intensity effort, monitoring of La- from previous exercise can be useful to document intensity of effort. **Objective:** The purpose of this study was to investigate the role La- played during successive Wingate (Win) tests and subsequent anaerobic exercise performance. **Method:** Well-trained, national team athletes from Jordan (n = 31) volunteered to participate. A quasi-experimental design was utilized to test Win performance and La- concentration. All participants engage in two Win tests with one minute rest between sets. La- was collected at four time points (prior to Win test 1, immediately after Win 1, after Win 2 and after a 10 minute recovery period). **Results:** Findings from a multiple linear regression model ($p = 0.032$) showed increased levels of La- accumulation as a predictor to higher power and strength ($p = 0.046$). Conversely, peak aerobic capacity was a predictor for decreasing La- accumulation over time ($p = 0.039$), which may suggest faster recovery. **Conclusion:** Anaerobic athletes who participate in short, high intense bouts of exercise may require high intensity training programs to increase aerobic fitness, power output, and optimal performance. Practical applications include optimizing training programs to reflect competition.

Keywords: lactate, strength, aerobic, Wingate

INTRODUCCIÓN

El éxito en los deportes se basa en la capacidad de realizar sesiones intermitentes de ejercicio de alta intensidad y regular los cambios fisiológicos. El entrenamiento interválico de alta intensidad (HIIT) se define como cualquier sesión de ejercicio entre un segundo y dos minutos en la que la energía se deriva de procesos anaeróbicos (Wells y Norris, 2009). El La- se correlaciona positivamente con la fatiga y la disminución del rendimiento durante el esfuerzo físico (Fitts, 1994; Gladden, 2004; Green, 1997; Klausen y cols., 1972; Sahlin, 1986). El umbral anaeróbico (UAN) generalmente ocurre cuando la acumulación de La- supera la eliminación entre el 50% y el 70% del consumo máximo de oxígeno (Chmura y Nazar, 2010; Figueira y cols., 2008). Una vez que la intensidad excede el UAN, ocurren cambios que incluyen el agotamiento de los fosfatos de alta energía y la acumulación de metabolitos H⁺ y Pi (Jones y cols., 2008).

El cambio en la condición de las células musculares indica una transición de una carga de trabajo sostenible a una exhaustiva que resulta en una menor duración del rendimiento (Chmura y Nazar, 2010). Un predictor clave del rendimiento es la velocidad a la que la acumulación de La- supera los 4 mmol/l (Heck y cols., 1985; Weltman, 1995). La acumulación de La- está asociada con un pH por debajo del nivel fisiológico normal (Gollnick y cols., 1986). Sahlin (1986) encontró que la producción de H⁺ puede deberse a la producción de H⁺ de las reacciones glucolíticas que involucran la hidrólisis de ATP. Cairns (2006) sostiene que la acumulación de La- puede proporcionar una ayuda ergogénica para el rendimiento y sugiere que se necesita una comprensión más profunda de la producción de La- en humanos. Se ha encontrado que el ejercicio supramáximo que dura al menos 30 segundos aumenta la concentración de La- hasta el minuto 8 de recuperación mientras que disminuye después de 10 minutos de descanso (Ozturk y cols., 1998). Además, Coco y cols. (2022) encontraron aumentos en el lactato por encima de 4mmol/l después de una partida de Sambo (lucha) de cinco minutos. Los resultados mostraron que los niveles de lactato volvían a la línea base después de 15 minutos después del ejercicio con condiciones máximas y submáximas. Por lo tanto, es beneficioso para los entrenadores y atletas comprender las velocidades de acumulación y eliminación de La- durante un paradigma en particular, particularmente en esos breves, intensos períodos repetidos de actividad.

El test de Wingate (Win) es una medida válida para predecir y rastrear la capacidad aeróbica y el rendimiento de potencia a lo largo del tiempo (Zagatto y cols., 2009). La prueba de esfuerzo máximo de 30 segundos mide el rendimiento y la potencia aeróbica máxima (Feito y cols., 2019; Fitts, 1994). Coco y cols. (2022) investigaron los niveles de lactato, la fatiga y la capacidad de atención de dieciséis atletas masculinos de Sambo antes y después de una sesión de entrenamiento de quince minutos. El sambo es comparable al judo, y los atletas de este estudio lo hicieron de forma competitiva durante al menos cinco años. Los resultados de este estudio mostraron aumentos en el lactato en las dos condiciones (es decir, Sport Sambo vs Combat Sambo) a lo largo de los puntos de tiempo y evidencia de fatiga y empeoramiento de los procesos de atención en la condición de Combat Sambo. Coco y cols. (2022) sugiere que los aumentos en el lactato por encima del umbral anaeróbico (4 mmol/L) pueden afectar aspectos del rendimiento como la fatiga física/mental y la atención.

El impacto de la fuerza muscular acumulada y la aptitud aeróbica del entrenamiento en sesiones repetidas de entrenamiento de alta intensidad debe evaluarse más dentro de esta población en particular. Específicamente, el propósito

de este estudio fue investigar cómo el papel de los antecedentes de entrenamiento impactó el rendimiento y la acumulación de lactato durante las sucesivas pruebas de Win.

MÉTODO

Diseño del estudio

El presente estudio fue cuasi-experimental y se usó dentro de medidas repetidas de los sujetos para realizar pruebas de Win en un entorno de laboratorio controlado. El estudio fue aprobado por la Junta de Revisión Institucional de PI antes de cualquier recopilación de datos y se llevó a cabo de acuerdo con la Declaración de Helsinki. El tamaño de muestra necesario se determinó utilizando el software G*Power 3.1 asumiendo un tamaño de efecto moderado, y para lograr un poder suficiente (0.95) se requería un tamaño de muestra superior a 29. Como se señaló en el estudio de Lira y cols. (2013), los tamaños de muestra tienden a ser más pequeños cuando los participantes son deportistas de élite. Considerando nuestra población de integrantes del equipo Nacional, el tamaño muestral refleja y es mayor que los tamaños de muestra de otras investigaciones en esta línea de trabajo (de Lira y cols., 2013; n = 10; Feito y cols., 2015; n = 29).

Participantes

Se reclutó una muestra de conveniencia de sujetos de un grupo disponible de atletas del equipo nacional de Jordania. Treinta y un atletas con una condición aeróbica ($VO_{2\text{máx}} 52.7 \pm 1.53$ ml/kg/min; atletas de equipos nacionales de boxeo, taekwondo, judo y fútbol sala) se ofrecieron como voluntarios para participar en este estudio. Todos los participantes eran de Jordania y entrenaban en su especialidad deportiva durante 6 ± 1.8 años (masa = 66.4 ± 7.27 kg, altura = 172.58 ± 6.46 cm e IMC = 22.29 ± 2.21). Para calificar para el estudio, los sujetos debían ser un atleta de un equipo nacional, poder participar en ejercicios aeróbicos y anaeróbicos de máximo esfuerzo y estar libres de lesiones musculoesqueléticas actuales que limiten el ejercicio. Todos los sujetos fueron autorizados a participar por el médico del equipo. El criterio de exclusión incluyó la ocurrencia o presencia de lesión. Aunque el fútbol sala y el judo se consideran deportes anaeróbicos mayormente, es importante tener en cuenta que la dinámica es diferente. El fútbol sala se juega con cinco jugadores en cada lado y se permiten sustituciones ilimitadas durante las competiciones. Las competiciones de judo tienden a abarcar una mayor frecuencia de sesiones cortas de ejercicio intenso.

Procedimiento de estudio

En la primera visita al laboratorio se firmó el consentimiento informado y se obtuvieron los datos descriptivos de los participantes. Dos días después, se realizó una prueba de $VO_{2\text{máx}}$ utilizando un sistema metabólico (Quark PFT, Cosmed, Roma, Italia) para evaluar la condición cardiovascular de los participantes. Tres días después, se realizaron un calentamiento, Win1 y Win 2 y se recopilaron medidas de potencia de potencia máxima (PWRpico), potencia promedio (PWRprom), potencia mínima (PWRmin) y caída de la potencia (PWRcaída) utilizando un protocolo de Win estandarizado (McLester y cols., 2008). El tiempo de descanso entre Win 1 y Win 2 fue de un minuto, que se eligió en base a informes publicados de que los períodos de recuperación más cortos impactaban significativamente en la potencia máxima y promedio durante las pruebas de Win (Harbili, 2015).

La concentración de lactato se determinó en cuatro puntos: antes de la prueba Win, inmediatamente después de Win 1, después de Win 2 y después de una recuperación de 10 minutos. El control de calidad se realizó periódicamente durante el estudio, ya que el analizador de lactato se probó periódicamente con soluciones de control altas y bajas.

Protocolos de prueba

La capacidad aeróbica máxima se determinó utilizando un sistema metabólico calibrado (Quark PFT, Cosmed, Rome). Los sujetos fueron instruidos para correr en la cinta rodante hasta el fallo voluntario. La velocidad inicial se fijó en 6 km/h y se incrementaba en 1 km/min en cada etapa. Para la prueba de Wingate, los sujetos se colocaron en un cicloergómetro y recibieron instrucciones sobre la naturaleza de la prueba. La resistencia se fijó en el 7.5% estándar de la masa corporal en kilogramos para todos los sujetos. Los sujetos calentaron brevemente pedaleando contra una ligera resistencia, luego se les indicó que pedalearan lo más rápido posible, momento en el que se soltó el peso y el sujeto pedaleaba con el máximo esfuerzo durante 30 segundos. La PWRpico, PWRprom, PWRmin y PWRcaída se calcularon utilizando un ergómetro computarizado (Monark 894E, Monark Exercise AB, Vansboro, Suecia). Para el lactato en sangre, un técnico de laboratorio certificado extrajo muestras de sangre de las yemas de los dedos y las analizó para detectar la concentración de Lactato utilizando un analizador de lactato portátil calibrado (Lactate Pro; Arkray KDK, Kioto, Japón).

La fuerza se determinó utilizando un dinamómetro de piernas y de espalda (Takei 5001, Takei Scientific Instruments Co., Ltd, Tokio, Japón). Para la evaluación de la fuerza de las piernas (fuerza del cuádriceps), la longitud de la cadena se ajustó con el sujeto de pie a aproximadamente la posición de tracción a la mitad del muslo. Luego, se instruyó a los participantes para que tiraran hacia arriba del mango conectado a la cadena con el máximo esfuerzo, los resultados se registraron en el dinamómetro analógico conectado al dispositivo en kilogramos.

Análisis estadístico

Las diferencias en las medidas de rendimiento de Win (potencia pico, potencia promedio, caída de la potencia) se evaluaron mediante análisis de t-tests de muestras por pares. Las asociaciones bivariadas entre variables se realizaron mediante correlaciones de Pearson. Los cambios en la concentración de lactato a lo largo del tiempo se evaluaron con ANOVA de medidas repetidas con Tukey HSD utilizado para el análisis *post hoc*. El examen de las asociaciones entre la fuerza (cuádriceps isocinético), la potencia aeróbica máxima (VO2máx) y los cambios en el rendimiento de la prueba Win y el lactato, se llevó a cabo mediante regresión lineal múltiple. Se utilizó un paquete de software estadístico moderno (JMP Pro 16.0) para todos los análisis y la significación estadística se estableció *a priori* en alfa <0.05.

RESULTADOS

Se encontraron diferencias significativas y no significativas para las variables dependientes evaluadas en este estudio. Las características iniciales de los participantes se presentan en la Tabla 1. Todos los participantes cumplieron con los procedimientos del estudio y completaron el protocolo de prueba de esfuerzo de manera segura. Ningún atleta ha resultado lesionado en sus ejercicios deportivos entre su visita de familiarización al laboratorio de rendimiento humano y la sesión de prueba oficial.

Tabla 1. Características de base de los participantes (n = 31).

	<i>M</i>	<i>SD</i>
Age (Years)	24.9	4.3
Weight (Kg)	73.0	11.9
Height (cm)	176.0	7.4
BMI (Kg/m ²)	23.4	2.7
Body Fat Percent	16.3	6.4
Fat Free Mass (Kg)	61.1	11.0
VO2 max (ml/kg/min)	52.3	5.5
Systolic Blood Pressure (mmHg)	121.3	8.6
Diastolic Blood Pressure (mmHg)	75.7	5.6
Resting Heart Rate (bpm)	59.3	7.8

Potencia máxima de Wingate

El análisis del cambio en la potencia máxima de Win reveló diferencias significativas entre las pruebas de Win 1 y 2 ($t = 3.07$, $p = 0.004$, potencia máxima de Win 1 = 8.92 ± 1.89 vatios/kg, potencia máxima de Win 2 = 8.92 ± 1.89 vatios/kg). La potencia máxima promedio en las pruebas no se asoció ni con la capacidad aeróbica máxima ni con la fuerza del cuádriceps ($p > 0.10$). El análisis posterior del cambio en la potencia máxima de Win usando regresión lineal múltiple reveló un modelo significativo ($r^2 = 0.52$, $p < 0.001$) con el VO2máx (Estándar $\beta = 0.375$, $p = 0.017$) y la fuerza del cuádriceps (Estándar $\beta = -0.671$, $p < 0.001$) como predictores significativos. El aumento de la fuerza se asoció con mayores cambios en la potencia máxima con las pruebas de Win repetidas (Figura 1), mientras que el aumento de la capacidad aeróbica se asoció con una reducción del déficit de potencia máxima (Figura 2).

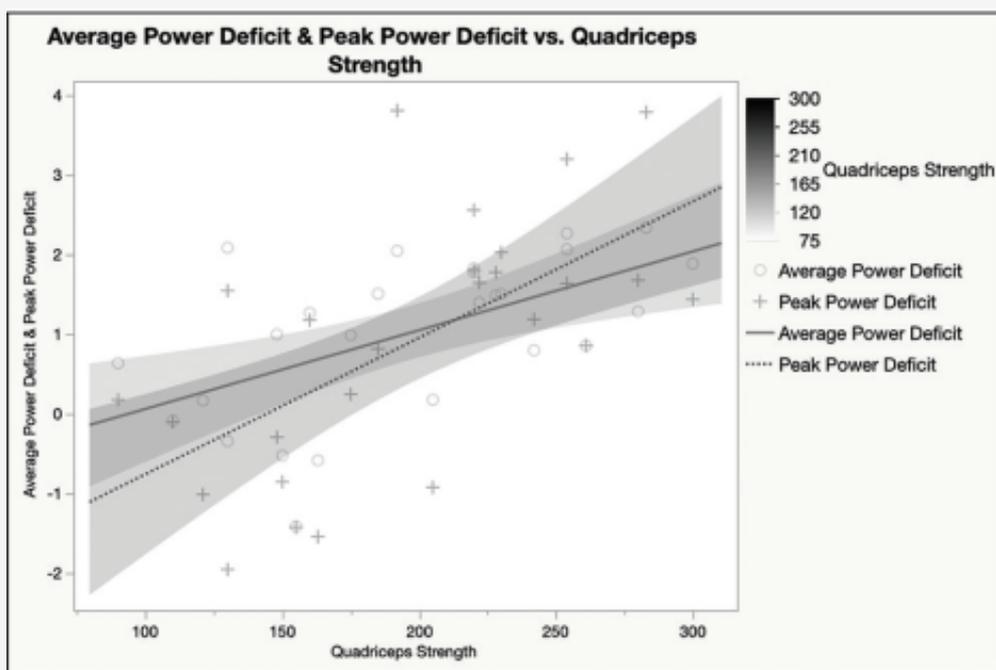


Figura 1. El aumento de la fuerza se asoció con mayores cambios en la potencia máxima con pruebas de Wingate repetidas.

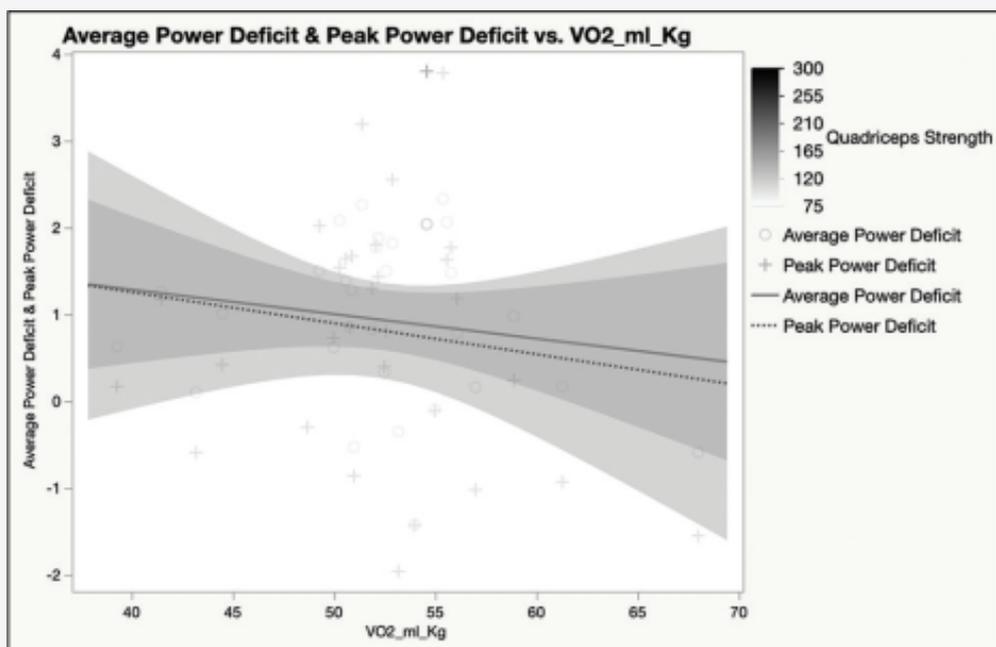


Figura 2. El aumento de la capacidad aeróbica se asoció con la reducción del déficit de potencia máxima.

Potencia media de Wingate

El análisis de cambios en la potencia máxima de Win reveló diferencias entre las pruebas 1 y 2 ($t = 5.57$, $p < 0.001$, potencia media de la primera prueba Win = 6.65 ± 1.13 vatios/kg, potencia media de la segunda = 5.71 ± 0.68 vatios/kg). La potencia promedio entre ambas se asoció positivamente con la capacidad aeróbica máxima ($r = 0.393$, $p = 0.028$), pero no con la fuerza del cuádriceps ($p = 0.323$). El análisis posterior de cambios en la potencia promedio de Win usando una regresión lineal múltiple reveló un modelo significativo ($r^2 = 0.42$, $p = 0.002$) con el $VO_{2\text{máx}}$ (Estándar $\beta = 0.38$, $p = 0.028$) y la fuerza del cuádriceps (Estándar $\beta = -0.58$, $p = 0.002$) como predictores significativos. El aumento de la fuerza

se asoció con mayores cambios en la potencia promedio con pruebas de Win repetidas, mientras que el aumento de la capacidad aeróbica se asoció con un déficit reducido de la potencia promedio.

Caída de la potencia en el Wingate

El análisis de cambios en la caída de potencia de Win no reveló una diferencia entre las pruebas 1 y 2 ($t = 0.03$, $p = 0.974$, primera caída de potencia de Win = 4.74 ± 1.68 vatios/kg, segunda caída de potencia de Win = 4.73 ± 1.41 vatios/kg).

Lactato

Un ANOVA de medidas repetidas que examinó la concentración de La- por tiempo (línea base, Win 1, Win 2, 10 minutos después de Win 2) reveló un efecto principal para el tiempo ($F_{3,8} = 50.58$, $p < 0.001$). Las pruebas *post hoc* con Tukey HSD revelaron que todos los puntos de tiempo fueron significativamente diferentes entre sí con la única excepción de Win 2 y los 10 minutos posteriores ($p < 0.05$). El análisis subsecuente de la medida de 10 minutos posterior a La- usando una regresión lineal múltiple reveló un modelo significativo ($r^2 = 0.26$, $p = 0.032$) con el $VO_{2\text{máx}}$ (Estándar $\beta = -0.39$, $p = 0.039$) y la fuerza del cuádriceps (Estándar $\beta = 0.39$, $p = 0.046$) como predictores significativos. El aumento de la fuerza se asoció con un aumento de La- después de 10 minutos, mientras que el aumento de la capacidad aeróbica se asoció con una disminución de La- 10 minutos después (Figura 3).

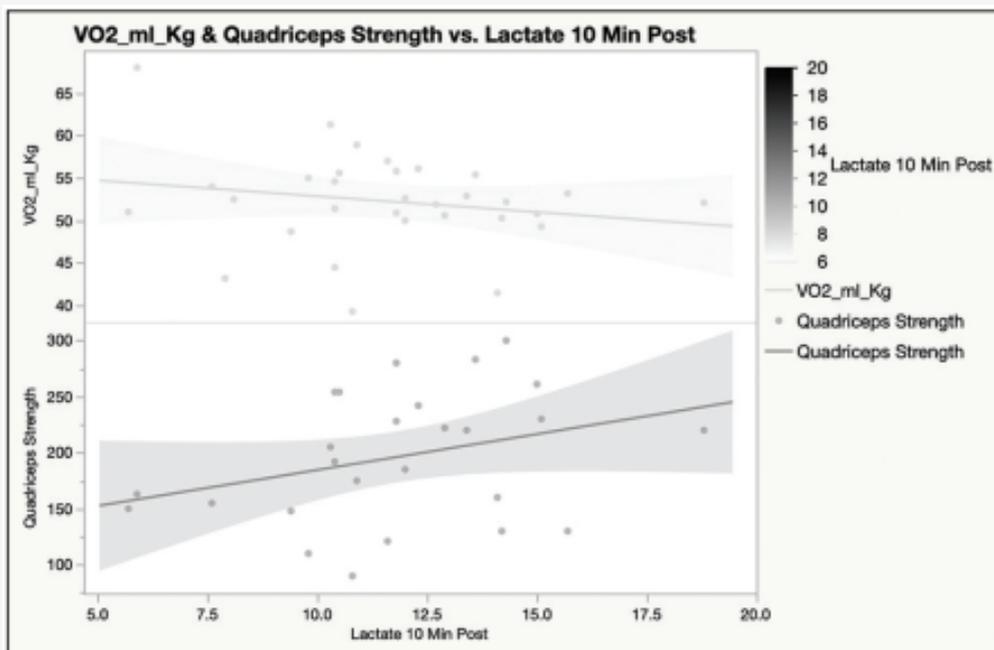


Figura 3. El aumento de la capacidad aeróbica se asoció con una disminución del lactato a los 10 minutos.

DISCUSIÓN

Este estudio investigó los efectos de la acumulación de La- inducida por el ejercicio anaeróbico en pruebas sucesivas de Wingate utilizando atletas del equipo nacional de Jordania de boxeo, taekwondo, judo y fútbol sala. El presente estudio se suma a la literatura en la novedad de los hallazgos y la adición de estudios de acumulación de La- para aquellos con un ejercicio de tipo HIIT o antecedentes anaeróbicos altos (por ejemplo, CrossFit, Futsal, Sambo, Taekwondo; Coco y cols., 2022; Feito y cols., 2019). Feito y cols. (2019) concluyeron que el fitness aeróbico es un predictor importante de la acumulación de La-, la fatiga y la disminución de la producción de potencia en la prueba de Win a lo largo del tiempo. Anticipamos que la acumulación de La- está relacionada con el aumento de la potencia y la fuerza, mientras que la capacidad aeróbica está relacionada con la disminución de la acumulación de La- después de un período de recuperación de 10 minutos. Ozturk y cols. (1998) sugieren que después del décimo minuto de recuperación, la concentración de La- disminuye. Coco y cols. (2022) también encontraron aumentos en el lactato antes y después del partido de Sambo de cinco

minutos con disminuciones en los niveles normales de lactato después de quince minutos después del ejercicio. Nuestro estudio refuerza la literatura con atletas 'anaeróbicos' de élite en el sentido de que pueden recuperarse más rápido entre sesiones de ejercicio intenso si están en mejor forma aeróbica. Curiosamente, de Lira y cols. (2013) investigaron la capacidad de VO₂máx y la frecuencia cardíaca de diez boxeadores de nivel olímpico durante un encuentro simulado para capturar los perfiles de rendimiento de los atletas anaeróbicos. Los hallazgos destacaron el uso de vías metabólicas anaeróbicas y aeróbicas, de modo que una alta capacidad aeróbica se asocia con mayores rendimientos de fuerza y una recuperación más rápida. Este estudio no consideró el impacto de los antecedentes de entrenamiento ni midió los niveles de lactato. Sin embargo, sugirieron que los programas de entrenamiento para atletas anaeróbicos deberían incorporar ejercicios para desarrollar las vías metabólicas aeróbica y anaeróbica (de Lira, 2013).

Potencia máxima de Wingate

El análisis de cambios en la potencia máxima de Win reveló diferencias significativas entre las pruebas 1 y 2. El análisis posterior del cambio en la potencia máxima de Win usando una regresión lineal múltiple reveló un modelo significativo con el VO₂máx y la fuerza del cuádriceps como predictores significativos en el modelo. El aumento de la fuerza se asoció con mayores cambios en la potencia máxima con pruebas de Win repetidas, mientras que el aumento de la capacidad aeróbica se asoció con una reducción del déficit de potencia máxima. Este hallazgo ilustra un punto clave básico del rendimiento del ejercicio que sugiere que el nivel de acumulación de La- durante una serie anaeróbica (30 seg) estaría asociado con el nivel de potencia máxima que se puede producir (Ozturk y cols., 1998).

Potencia media de Wingate

Los resultados sugieren que el aumento de la fuerza se asoció con mayores cambios en la potencia promedio con pruebas de Win repetidas, mientras que el aumento de la capacidad aeróbica se asoció con un reducido déficit de la potencia promedio y una mayor potencia promedio general. El análisis de cambios en la caída de la potencia de Win no reveló una diferencia entre los tests 1 y 2. Este hallazgo podría explicarse parcialmente por el hecho de que el tiempo de recuperación fue suficiente para restaurar parte de la fosfocreatina (PCr) disminuida y la eliminación de fosfato inorgánico (Figueira y cols., 2008; Jones y cols., 2008). Ozturk y cols. (1998) recomiendan un período de recuperación de al menos 10 minutos después de un turno supramáximo de al menos 30 seg para una recuperación máxima para ver disminuciones de la concentración de La- en una muestra no entrenada (n = 11). Apoyan que la tasa de recuperación puede depender de la capacidad aeróbica. La experiencia del ejercicio y los niveles de competencia también pueden influir en la resistencia aeróbica y el rendimiento de la potencia, específicamente en el entrenamiento de tipo CrossFit o HIIT (Bellar y cols., 2015).

Además, la disminución de la potencia promedio y de la potencia mínima en Win 2 en comparación con Win 1, respalda la idea de que la potencia máxima estuvo relacionada con las reservas de PCr. Como la tasa de producción de ATP probablemente fue más baja durante la segunda prueba, lo que implica la caída en la potencia promedio y máxima, esto coincide con un cambio hacia la producción de ATP glucolítico. Después de 90 segundos de ejercicio de alta intensidad, Schumacher y cols. (2005) mostró una reposición completa de PCr después de 40 y 60 segundos de recuperación en atletas de élite y controles sanos, respectivamente. Los niveles de PCr medidos mediante "espectroscopia de resonancia magnética del fósforo" se redujeron al 67% y al 56% de los valores de reposo para atletas de élite y controles sanos, respectivamente. En la presente investigación, nuestros hallazgos respaldan esta noción en términos de la capacidad de reproducir la potencia máxima.

Lactato

La medición de lactato posterior a los 10 minutos mediante una regresión lineal múltiple reveló un modelo significativo con el VO₂máx y la fuerza del cuádriceps como predictores significativos. El aumento de la fuerza se asoció con un aumento del lactato después de 10 minutos, mientras que el aumento de la capacidad aeróbica se asoció con una disminución del lactato después de 10 minutos. Aunque la acumulación de La- resulta de la diferencia entre la producción y la eliminación, algunos atletas pueden eliminar La- más rápidamente que otros. Los resultados del ANOVA con pruebas *post hoc* nos llevaron a concluir que los niveles de lactato aumentaron significativamente de la prueba Win 1 a la Win 2, pero no mostraron signos de acumulación significativa inmediatamente después de Win 2 después de 10 minutos de descanso del Win 2. Esto está en línea con Ozturk y cols. (1998) y Coco y cols. (2022).

Coco y cols. encontraron aumentos en el lactato superiores a 4mmol/l después de un combate de cinco minutos de Combat Sambo. Los niveles de lactato volvieron a la línea de base después de un período de descanso de 15 minutos.

Las pruebas del estudio actual duraron aproximadamente tres minutos en comparación con cinco minutos. Las diferencias en nuestros hallazgos en comparación con Coco y cols. podrían deberse a la intensidad y duración de las pruebas (es decir, prueba de Wingate vs combate de Combat Sambo). En consecuencia, la acumulación de La- después del ejercicio puede estar sólo parcialmente relacionada con la producción del músculo que trabaja (Bishop & Martino, 1993). Por lo tanto, es

posible que la acumulación de La- no siempre refleje con precisión las condiciones musculares. Se especula que la tasa de acumulación de La- puede atribuirse a varios factores, tales como: densidad capilar, tipo de fibra muscular, antecedentes de entrenamiento y tasas de eliminación de lactato. La capacidad aeróbica y la fuerza están diferencialmente relacionadas con algunos de estos factores, lo que puede explicar el patrón del La- observado en este estudio.

Aplicación práctica

Los atletas con perfiles de rendimiento anaeróbico podrían considerar programas de entrenamiento que optimicen su perfil de rendimiento (de Lira y cols., 2013; Nalbandian y cols., 2018). Una sugerencia para entrenadores y atletas es usar el HIIT para mejorar la fuerza, la potencia y el fitness aeróbico (Aravena Tapia y cols., 2020; de Lira y cols., 2013). Por ejemplo, Aravena Tapia y cols. (2020) asignaron al azar a 12 atletas nacionales de taekwondo a un grupo de control o de intervención. Ambos grupos recibieron el mismo entrenamiento técnico de Taekwondo durante cuatro semanas, mientras que el grupo de intervención también recibió HIIT tres veces por semana. Esta investigación de HIIT específica para atletas de Taekwondo reveló mejoras en la frecuencia de la prueba de patada rápida y el rendimiento anaeróbico antes y después de la intervención. Sin embargo, el HIIT en este estudio no mejoró la fatiga. Este hallazgo podría deberse a la especificidad y diferencias del HIIT frente al test de Wingate. Otra explicación es que Aravena Tapia y cols. no recolectaron los niveles de lactato en sangre. Este ejemplo demuestra que los antecedentes de entrenamiento son un factor importante en el rendimiento anaeróbico, aunque se necesita más investigación sobre los antecedentes de entrenamiento. Además, existe evidencia de que la acumulación de La- durante los ejercicios tipo HIIT puede ser beneficiosa para los movimientos de potencia (Cairns, 2006). Por último, en una muestra de 32 atletas masculinos adultos sanos de CrossFit, Bellar y cols. (2015) encontraron que la experiencia con el deporte (es decir, en el CrossFit) es un predictor positivo significativo para la capacidad aeróbica y la potencia anaeróbica. De tal manera que, a medida que los atletas maduran en su deporte, su estado físico aeróbico/anaeróbico y sus índices de recuperación pueden mejorar. Los entrenadores y atletas deben tener en cuenta estas consideraciones durante el entrenamiento para obtener entrenamientos más eficientes y efectivos mientras se preparan para las competencias.

Limitaciones

Si bien la muestra actual es adecuada para presentar los hallazgos del estudio, una muestra más grande habría servido para aumentar el poder estadístico de esta investigación y brindar resultados comparativos por el tipo de deporte. Después de realizar el segundo turno de la prueba de Win anaeróbica, la concentración de lactato se analizó inmediatamente después de la prueba y después de 10 minutos de recuperación, los niveles de lactato no se midieron durante el período de 10 minutos, lo que puede haber explicado cuándo los valores de lactato alcanzaron su punto máximo. Ozturk y cols. (1998) encontraron el pico de lactato a los 8 minutos después de la prueba Win 2. A pesar de estas limitaciones, este estudio contribuye a la literatura sobre la acumulación y recuperación de lactato. Las direcciones futuras deben incluir exámenes comparativos del tipo de deporte (es decir, boxeo, fútbol sala, taekwondo y judo) y el tipo de antecedentes de entrenamiento (es decir, tipo HIIT o ejercicios cardiovasculares tradicionales). Además, este estudio no comparó los deportes anaeróbicos con los aeróbicos, lo que puede proporcionar diferencias interesantes en los perfiles de rendimiento. Por último, la investigación futura debería medir los niveles de lactato a cada minuto después de la prueba final de Win para medir la aparición de los niveles máximos de lactato y los períodos de recuperación.

CONCLUSIÓN

Los hallazgos del presente estudio son beneficiosos para los atletas anaeróbicos que deben realizar múltiples series de ejercicio de máxima intensidad en un corto período de tiempo. Los atletas anaeróbicos con mayor fuerza de cuádriceps pueden tener mayores cambios en la potencia máxima y promedio en las pruebas de Win posteriores. Aquellos con mayor fuerza también pueden acumular más lactato durante las sesiones de ejercicio intenso. Su desempeño en la prueba de Win puede traducirse en su desempeño en los partidos. Además, los atletas anaeróbicos con mayor capacidad aeróbica pueden tener tasas de recuperación más rápidas entre sesiones de ejercicio de alta intensidad. Nuestros hallazgos brindan nueva información sobre atletas con perfiles de rendimiento anaeróbico, que se puede utilizar para optimizar los programas de entrenamiento. Aquellos en Fútbol, Taekwondo, Boxeo y Judo con menor capacidad aeróbica pueden considerar usar entrenamientos de tipo HIIT para aumentar la condición aeróbica y la potencia promedio posterior.

REFERENCIAS

1. Aravena Tapia, D. E., Roman Barrera, V., Da Silva Santos, J. F., Franchini, E., Valdés Badilla, P., Orihuela, P., & Herrera Valenzuela, T. (2020). High-intensity interval training improves specific performance in Taekwondo athletes. *Revista de Artes Marciales Asiáticas*, 15(1), 4-13.
2. Bellar, D., Hatchett, A., Judge, L. W., Breaux, M. E., & Marcus, L. (2015). The relationship of aerobic capacity, anaerobic peak power and experience to performance in CrossFit exercise. *Biology of sport*, 32(4), 315-320.
3. Bishop, P., & Martino, M. (1993). Blood lactate measurement in recovery as an adjunct to training. *Sports Medicine*, 16(1), 5-13.
4. Cairns, S. P. (2006). Lactic acid and exercise performance. *Sports Medicine*, 36(4), 279-291.
5. Chmura, J., & Nazar, K. (2010). Parallel changes in the onset of blood lactate accumulation (obla) and threshold of psychomotor performance deterioration during incremental exercise after training in athletes. *International Journal of Psychophysiology*, 75(3), 287-290.
6. Coco, M., Buscemi, A., Tušák, M., Perciavalle, V., Nifosì, A., Cavallari, P., Di Corrado, D., & Perciavalle, V. (2022). Attentive processes and blood lactate in the sambo. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(3), 1113.
7. de Lira, C. A., Peixinho-Pena, L. F., Vancini, R. L., de Freitas Guina Fachina, R. J., de Almeida, A. A., Andrade, M., & da Silva, A. C. (2013). Heart rate response during a simulated Olympic boxing match is predominantly above ventilatory threshold 2: a cross sectional study. *Open access journal of sports medicine*, 4, 175-182.
8. Feito, Y., Giardina, M. J., Butcher, S., & Mangine, G. T. (2019). Repeated anaerobic tests predict performance among a group of advanced crossfit-trained athletes. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 44(7), 727-735.
9. Figueira, T. R., Caputo, F., Pelarigo, J. G., & Denadai, B. S. (2008). Influence of exercise mode and maximal lactate steady-state concentration on the validity of obla to predict maximal lactate steady-state in active individuals. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 11(3), 280-286.
10. Fitts, R. H. (1994). Cellular mechanisms of muscle fatigue. *Physiological Reviews*, 74(1), 49-94.
11. Gladden, L. B. (2004). Lactate metabolism: A new paradigm for the third millennium. *The Journal of Physiology*, 558(1), 5-30.
12. Gollnick, P. D., Bayly, W. M., & Hodgson, D. R. (1986). Exercise intensity, training, diet, and lactate concentration in muscle and blood. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 18(3), 334-340.
13. Green, H. J. (1997). Mechanisms of muscle fatigue in intense exercise. *Journal of Sports Sciences*, 15(3), 247-256.
14. Harbili, S. (2015). The effect of different recovery duration on repeated anaerobic performance in elite cyclists. *Journal of Human Kinetics*, 49(1), 171-178.
15. Heck, H., Mader, A., Hess, G., Mücke, S., Müller, R., & Hollmann, W. (1985). Justification of the 4-mmol/l lactate threshold. *International Journal of Sports Medicine*, 6(03), 117-130.
16. Jones, A. M., Wilkerson, D. P., DiMenna, F., Fulford, J., & Poole, D. C. (2008). Muscle metabolic responses to exercise above and below the "critical power" assessed using 31p-mrs. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 294(2), R585-R593.
17. Klausen, K., Knuttgen, H. G., & Forster, H. V. (1972). Effect of pre-existing high blood lactate concentration on maximal exercise performance. *Scandinavian Journal of Clinical and Laboratory Investigation*, 30(4), 415-419.
18. McLester, J. R., Green, J. M., Wickwire, P. J., & Crews, T. R. (2008). Relationship of vo2 peak, body fat percentage, and power output measured during repeated bouts of a wingate protocol. *International Journal of Exercise Science*, 1(2), 5.
19. Nalbandian, H. M., Radak, Z., & Takeda, M. (2018). Effects of active recovery during interval training on plasma catecholamines and insulin. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 58(6), 917-922.
20. Öztürk, M., Özer, K., & Gökçe, E. (1998). Evaluation of blood lactate in young men after wingate anaerobic power test. *Eastern Journal of Medicine*, 3(1), 13-16.
21. Sahlin, K. (1986). Muscle fatigue and lactic acid accumulation. *Acta physiologica Scandinavica. Supplementum*, 556, 83-91.
22. Schumacher, Y. O., Vogt, S., Roecker, K., & Schmid, A. (2005). Scientific considerations for physiological evaluations of elite athletes. *Journal of Applied Physiology*, 99(4), 1630-1631.
23. Wells, G. D., & Norris, S. R. (2009). Assessment of physiological capacities of elite athletes & respiratory limitations to exercise performance. *Paediatric Respiratory Reviews*, 10(3), 91-98.
24. Weltman, A. (1995). The blood lactate response to exercise. *Human Kinetics*.
25. Zagatto, A. M., Beck, W. R., & Gobatto, C. A. (2009). Validity of the running anaerobic sprint test for assessing anaerobic power and predicting short-distance performances. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 23(6), 1820-1827.

Cita Original

Al-Nawaiseh, A. M., Mo'ath, F. B., Kilani, H. A., Bellar, D. M., Huffman, O. R., & Judge, L. W. (2022). The Role of Aerobic Capacity and Strength Levels on Wingate Performance and Lactate Concentrations. *International Journal of Kinesiology and Sports Science*, 10(3), 1-6.