

Article

Producción de Potencia en Ciclistas Varones y Mujeres Entrenados durante un Test de Wingate con Resistencias Crecientes en el Volante de Inercia

Scott R Richmond¹, Samantha A Whitman¹, Luke S Acree¹, Brett D Olson¹, Michael J Carper¹ y Michael P Godard²

¹Department of Health, Physical Education & Recreation. State University, Springfield, MO 65897.

²Department of Kinesiology, Western Illinois University. Macomb, IL 61455.

RESUMEN

El propósito de esta investigación fue determinar potenciales diferencias entre los sexos en la producción de potencia, con resistencias crecientes en el volante de inercia durante el test de ciclismo anaeróbico de Wingate. Veintinueve ciclistas de competición (13 mujeres, 16 varones) que cumplían con el criterio de inclusión de poseer un VO_{2max} de por lo menos $3,0 L \cdot min^{-1}$, realizaron un test de Wingate en una bicicleta ergométrica con freno electrónico, en cuatro ocasiones diferentes. Se realizaron dos pruebas con cada una de las resistencias aleatorias del volante de inercia de $0,080 kg/kg_{bw}$ o $0,095 kg/kg_{bw}$, con un mínimo de 48 hrs de descanso entre las pruebas. No se observaron diferencias en la producción de potencia entre las dos pruebas con la misma resistencia, lo que indica una muy buena repetitividad de la prueba. Independientemente del sexo, todos los resultados de producción de potencia fueron significativamente mayores con la resistencia de $0,095 kg/kg_{bw}$ que con la resistencia de $0,080 kg/kg_{bw}$. Si bien las mujeres pudieron producir un aumento mayor en la potencia máxima con la resistencia más pesada ($0,095 kg/kg_{bw}$), también se observó un mayor índice de fatiga, lo que indicó que las ciclistas no podían mantener la misma intensidad que los ciclistas de sexo masculino. Finalmente, los valores de producción de potencia del test de ciclismo anaeróbico de Wingate dependen de la resistencia usada durante el test; a mayor resistencia utilizada, mayor será la potencia producida.

Palabras Clave: Anaeróbico, diferencias entre los sexos

INTRODUCCION

Durante mas de 30 años, el test de ciclismo de Wingate se ha mantenido en la vanguardia de las valoraciones de potencia, como técnica para medir de manera directa la producción de potencia anaeróbica. La potencia anaeróbica y la capacidad anaeróbica son factores importantes en los deportes con esfuerzos rápidos y máximos como los eventos de esprint, que son muy dependientes de las vías de energía anaeróbica. Por lo tanto, en teoría, un rendimiento excelente en el test de

Wingate debería ser útil para predecir el éxito en los deportes. El test de Wingate ha sufrido muchas variaciones desde su aparición.

Las poblaciones involucradas en el test han variado de individuos sedentarios, no entrenados a niños y atletas de élite (4,7,15,16,25,26). Existirían inconsistencias en los resultados de las investigaciones al determinar la producción de potencia anaeróbica, incluso entre ciclistas con niveles de entrenamiento similares (8,13,20,24,27). Una consideración importante cuando se realiza el test de Wingate es el manejo de las variables del test, que pueden producir producciones de potencia basadas en escalas desiguales. Hay un cuerpo considerable de literatura que apoya la noción que la alteración de cualquier condición del test, desde la posición de la cadera y del tronco (17-19,22) al tipo y tiempo de resistencia aplicados (1,2,5,6,9-12,14,27), podría afectar drásticamente el resultado del test anaeróbico. Por consiguiente, el mismo sujeto puede realizar el test de Wingate con diferentes parámetros de prueba y producir diferentes producciones de potencia.

A pesar del aumento en el número de ciclistas femeninas de competición, raramente se realizan comparaciones entre varones y mujeres dentro de las mismas clasificaciones competitivas. Se sabe que el género desempeña un papel crucial en la producción de potencia anaeróbica y no se sabe si los cambios en la producción de potencia seguirán siendo los mismos entre los géneros (3,21,24). Sin embargo, es posible que la producción de potencia de ciclistas competitivos con categorías de carrera y estado de entrenamiento similares no refleje las diferencias tradicionales de producción de potencia que normalmente ocurren entre los géneros. A consecuencia de esto, el propósito de esta investigación consistió en determinar la producción de potencia durante el test de potencia anaeróbica de Wingate en respuesta a diferentes resistencias en el volante de inercia, en ciclistas de competición varones y mujeres.

MÉTODOS

Sujetos

En este estudio participaron veintinueve ciclistas de competición (13 mujeres y 16 varones). El criterio de inclusión para los sujetos consistió en que debían: (a) tener por lo menos 2 años de experiencia en ciclismo de competición; (b) tener un entrenamiento de por lo menos 4 días/semana; (c) una categoría de nivel de entrenamiento II-IV o un VO_{2max} de por lo menos $50 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ o $3 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$; y (d) debían estar sanos y libres de cualquier enfermedad conocida (tal como se determinara mediante una encuesta de antecedentes de salud). Antes de participar en la investigación, los sujetos completaron un consentimiento informado de acuerdo con lo establecido por el Comité de Revisión de Asuntos Humanos y por la declaración de Helsinki de 1964, promulgada por la Asociación Médica Mundial y fueron informados de todos los riesgos potenciales y procedimientos involucrados en el estudio. Cada sujeto acudió al laboratorio en cinco ocasiones diferentes en aproximadamente el mismo momento de día. La evaluación consistió en una sesión de prueba inicial para determinar la composición corporal, familiarizar al sujeto con la bicicleta ergométrica y evaluar el VO_{2max} . Los tests de Wingate fueron realizados en cuatro pruebas subsecuentes, dos pruebas por cada una de las resistencias asignadas al azar ($0,080 \text{ kg/kg}_{Dw}$ y $0,095 \text{ kg/kg}_{Dw}$).

Procedimientos

En la sesión de evaluación inicial los sujetos completaron el consentimiento informado, los cuestionarios sobre antecedentes de salud e historial de entrenamiento y los protocolos preliminares de ejercicio. Se realizaron mediciones antropométricas para determinar la talla y peso de los sujetos con un estadiómetro de pared y una balanza electrónica (Balanza electrónica Toledo Modelo 24, Toledo Scale Co, Toledo, OH). Para evaluar la composición corporal y determinar el contenido de masa grasa y masa magra (FFM), se efectuó el pesaje hidrostático de los sujetos. El volumen residual fue estimado utilizando 25% de la capacidad vital forzada en los varones y 28% de la capacidad vital forzada en las mujeres. La composición corporal se determinó mediante la ecuación de estimación de Siri. Luego los sujetos realizaron un test de capacidad aeróbica máxima (VO_{2max}) en una bicicleta ergométrica de ciclismo deportivo con freno electrónico de marca *Lode Excalibur* (Lode, Groningen, Países Bajos). El intercambio respiratorio de gases se midió respiración por respiración con un sistema de medición de intercambio de gases (*metabolic cart*) de tipo *MedGraphics* serie D. En los varones el protocolo comenzó con una resistencia de 100 watts (W) durante 5 min y luego aumentó 50 W cada 2 min hasta el agotamiento volitivo. En las mujeres, la resistencia inicial fue 80 W durante 5 min y aumentó 40 W cada 2 min hasta el agotamiento volitivo.

En los días de evaluación subsiguientes, los sujetos fueron familiarizados nuevamente con la bicicleta ergométrica y la bicicleta fue acomodada a cada individuo en función de su talla, peso y preferencias personales. Todos los parámetros fijados fueron registrados para las pruebas futuras para asegurar que el estado de la bicicleta ergométrica permaneciera

consistente en todas las pruebas. El test de ciclismo de Wingate consistió en la realización de una entrada en calor de 5 a 10 min con una resistencia ligera de entre 80 y 130 W, dependiendo de las preferencias personales, durante la cual los sujetos realizaron breves esprints intermitentes. Al final del período de entrada en calor los sujetos escucharon una cuenta regresiva, que indicaba cuando comenzaba la prueba real de rendimiento y luego se les solicitó que aumentaran su cadencia de pedaleo hasta su capacidad máxima. Cuando la cuenta regresiva alcanzaba el cero, la resistencia fue activada automáticamente a una velocidad de 1000 W/s mientras que los sujetos pedaleaban tan rápidamente como pudieran durante 30 seg. La resistencia fue un factor de torque (Nm) basado en el peso corporal del participante que era 0,080 kg/kg_{bw} o 0,095 kg/kg_{bw} (bw = peso corporal). La resistencia se mantuvo a lo largo del test independientemente de la dimensión del volante de inercia y de la cadencia de pedaleo.

Todos los sujetos fueron animados verbalmente para que mantuvieran el rendimiento. También se les exigió que permanecieran sentados a lo largo de la duración del esprint de esfuerzo máximo de 30 seg. Luego del esfuerzo máximo, los sujetos pedalearon a una intensidad moderada (“enfriamiento”) durante por lo menos 3 min. Las variables de evaluación fueron: (a) producción de potencia absoluta máxima pico y media, medidas en watts (W); (b) producción de potencia pico y media relativas a la masa corporal total, medidas en W/kg; (c) producción de potencia pico y media relativas a la masa magra (FFM), medidas en W/kg; y (d) Índice de fatiga (W/seg) calculado mediante el software *Lode Wingate* (versión 1,04). Todos los participantes acudieron al laboratorio en tres ocasiones adicionales, cada sesión separada por lo menos 48 hrs de la sesión anterior y en aproximadamente el mismo momento de día. Entonces test de Wingate se realizó siguiendo el mismo protocolo utilizado en la primer sesión de evaluación con una resistencia asignada al azar.

Análisis estadísticos

Luego de finalizar las evaluaciones, los datos fueron analizados con el software disponible comercialmente (SPSS v.11.0). Para todas las mediciones estadísticas el nivel de significancia se fijó en $P \leq 0,05$. Para determinar las diferencias a lo largo de las pruebas, entre las resistencias utilizadas y entre los géneros, se realizó un ANOVA de mediciones repetidas de dos vías, mientras que para determinar las diferencias entre las pruebas se realizó un ANOVA de una vía. Para comparar las diferencias entre los géneros se utilizó el Test-t. Luego para determinar donde se producían las diferencias se realizaron los análisis mediante Test-t de muestras pareadas y test post hoc de Bonferroni.

RESULTADOS

En la Tabla 1 se presentan los datos demográficos de los varones y mujeres que participaron en el estudio. En la Tabla 2 se presentan los valores medios \pm desviación estándar y los resultados medios de las pruebas obtenidos para ambos géneros, tanto con la resistencia baja (0,080 kg/kg_{bw}) como con la resistencia alta (0,095 kg/kg_{bw}). La confiabilidad del test determinó que no había ninguna diferencia significativa ($P \leq 0,05$) en la producción de potencia en las pruebas donde se utilizó la resistencia baja (0,080 kg/kg_{bw}) y ninguna diferencia significativa ($P \leq 0,05$) en la producción de potencia en las pruebas donde se utilizó la resistencia alta a (0,095 kg/kg_{bw}). La producción de potencia máxima absoluta, la potencia máxima/masa corporal y la potencia máxima/FFM fueron significativamente mayores con la resistencia más pesada (0,095 kg/kg_{bw}), independientemente del género ($P \leq 0,05$). Las mujeres presentaron un aumento 10% mayor que los varones en la producción de potencia absoluta con la resistencia más pesada (0,095 kg/kg_{bw}). En los varones, la potencia media absoluta, potencia media/masa corporal y potencia media/FFM fueron significativamente ($P \leq 0,05$) mayores con la resistencia más pesada (0,095 kg/kg_{bw}). Las mujeres no presentaron diferencias significativas en ningún parámetro de potencia media entre la resistencia más baja (0,080 kg/kg_{bw}) o la resistencia más pesada (0,095 kg/kg_{bw}). Si bien en ambos grupos se observó un aumento significativo ($P \leq 0,05$) en el índice de fatiga con la resistencia más pesada (0,095 kg/kg_{bw}), el mayor cambio se observó en las mujeres en aproximadamente 7,3 W/s. El aumento en el índice de fatiga en los varones fue bastante más bajo, aproximadamente la mitad del aumento observado en las mujeres. Además, no se observó ninguna diferencia significativa entre los géneros, en la producción de potencia relativa a la FFM (y, en promedio, la mayor producción de potencia en los varones se debió a una mayor FFM).

	Varones	Mujeres
Edad (años)	33,1 ± 7,1	29,3 ± 6,1
Talla (cm)*	179,9 ± 4,2	170,1 ± 7,1
Peso (kg)*	77,7 ± 9,0	64,9 ± 9,4
Grasa corporal (%)*	12,3 ± 5,3	16,7 ± 5,7
Masa Magra (kg)*	67,7 ± 4,8	51,8 ± 7,6
VO₂ (L·min⁻¹)*	4,3 ± 0,3	3,3 ± 0,3
VO₂ (mL·kg⁻¹·min⁻¹)*	56,4 ± 5,6	50,9 ± 6,6

Tabla 1. Características demográficas de los participantes de sexo masculino y femenino. Los valores se presentan en forma de media ± desviación estándar. * Indica diferencia significativa entre sexos ($p \leq 0.05$)

Resistencia Baja	0,08 kg/kg _{bw}		
	Varones	Mujeres	Todo el Grupo
Potencia máxima (W)	1221,3 ± 21,4*†	905,9 ± 33,6*†	1079,3 ± 27,9†
Potencia máxima relativa (W/kg)	15,8 ± 0,2*†	13,9 ± 0,2*†	14,9 ± 0,2†
Potencia máxima por masa magra (FFM) (W/kg)	18,0 ± 0,2*†	16,8 ± 0,4*†	17,5 ± 0,2†
Potencia media (W)	673,5 ± 16,9*†	441,0 ± 9,9*	569,3 ± 18,4†
Potencia media relativa (W/kg)	8,8 ± 0,2*†	6,9 ± 0,2*	7,9 ± 0,2†
Potencia media por masa magra (FFM) (W/kg)	9,9 ± 0,2*†	8,3 ± 0,2*	9,2 ± 0,2†
Índice de Fatiga (W/s)	26,3 ± 0,6*†	20,1 ± 1,2†	23,5 ± 0,8†
<hr/>			
Resistencia Alta	0,095 kg/kg _{bw}		
	Varones	Mujeres	Todo el grupo
Potencia máxima (W)	1349,8 ± 8,2*	1086,0 ± 28,4*	1231,5 ± 21,9
Potencia Máxima Relativa (W/kg)	17,6 ± 0,4*	16,8 ± 0,2*	17,2 ± 0,2
Potencia Máxima por FFM (W/kg)	20,0 ± 0,3	20,3 ± 0,3	20,1 ± 0,2
Potencia media (W)	733,6 ± 17,1*	449,9 ± 12,9*	606,4 ± 21,7
Potencia media relativa (W/kg)	9,5 ± 0,2*	7,0 ± 0,2*	8,3 ± 0,2
Potencia media por FFM (W/kg)	10,8 ± 0,2*	8,4 ± 0,2*	9,7 ± 0,2
Índice de fatiga (W/s)	29,4 ± 1,1*†	27,4 ± 1,1	28,5 ± 0,8

Tabla 2. Resultados de producción de potencia obtenidos con la resistencia baja (0,080 kg/kg_{bw}) y la resistencia alta (0,095 kg/kg_{bw}). Los datos se presentan en forma de media ± desviación estándar. Abreviaturas: (W) = watts, (W/kg) = watts por kilogramo, FFM = masa magra, (W/s) = índice de disminución de potencia en watts por segundo, "*" indica existencia de diferencias significativas entre los sexos ($P \leq 0,05$); "†" = indica que el valor significativamente menor que el de la resistencia pesada (0,095 kg/kg_{bw}) ($P \leq 0,05$).

DISCUSIÓN

Cuando se compara la producción de potencia de diferentes ciclistas, es necesario verificar que las pruebas se hayan realizado bajo los mismos parámetros de prueba, entre los que se incluyen la resistencia, posición del cuerpo y el uso de punteras o pedales (1,6,9,18,22). Este estudio apoya la investigación que la resistencia utilizada para realizar el test de Wingate desempeña un papel integral en la producción de potencia.

Potencia anaeróbica y género

Cuando se utilizó la resistencia más liviana (0,080 kg/kg_{bw}), la producción de potencia para los varones fue aproximadamente 10 a 30% más alta que casi todos los resultados informados previamente (2,8,16,20,21,23,25-27). Cuando se utilizó la resistencia más pesada (0,095 kg/kg_{bw}), el aumento en la producción de potencia en los varones fue

aun mayor. Es decir, se observó un incremento superior al 50% de los valores previamente informados y sólo un aumento menor en el índice de fatiga. Esto indicaría que los varones pudieron mantener la mayor intensidad asociada con la resistencia alta del volante de inercia con cambios mínimos en la fatiga. Estos valores son válidos tanto para la producción potencia pico absoluta como para la potencia máxima relativa al peso corporal y especialmente relativa a la FFM. El mayor aumento global en la potencia máxima se produjo entre las ciclistas de sexo femenino que utilizaron la resistencia más pesada (0,095 kg/kg_{bw}), quienes promediaron producciones de potencia 10% a 30% mayores que los resultados previamente informados (8,24). Estos valores de potencia máxima son similares o mayores que muchos de los valores de potencia máxima informados para los varones. Sin embargo, esta mayor producción de potencia también fue acompañada por un mayor índice de fatiga, lo que indica que aunque se produzca más potencia, la intensidad no podrá seguir siendo mantenida. Al comparar la producción de potencia relativa a la FFM, también es necesario destacar que no se observaron diferencias significativas entre los varones y las mujeres.

Confiabilidad

El último hallazgo de este estudio se basó en que los sujetos realizaran múltiples pruebas con cada resistencia. La incorporación de por lo menos 48 hrs entre las pruebas, aseguró que no existieran diferencias en la producción de potencia en pruebas realizadas con la misma resistencia. Esto no sólo aseguró que las producciones/rendimientos reales fueran consistentes, si no que permitió establecer la confiabilidad con las resistencias dadas en una situación de test-retest (11).

CONCLUSIONES

El principal hallazgo de este estudio fue que los valores de producción de potencia del test de ciclismo anaeróbico de Wingate dependen de la resistencia usada durante la prueba. Mientras mayor sea la resistencia en el test de Wingate, mayor será la potencia que se produzca. Desde el punto de vista del rendimiento, los ciclistas varones son capaces de producir una mayor potencia absoluta durante un esprint de 30 seg. utilizando una resistencia más alta, con un índice de fatiga solo ligeramente mayor. Las mujeres también fueron capaces de producir un mayor aumento en la potencia máxima con una resistencia más pesada (0,095 kg/kg_{bw}), pero con un mayor índice de fatiga. Esto indicaría que las mujeres no pudieron mantener la misma intensidad que los ciclistas de sexo masculino. En cuanto a la aplicación en el mundo real, la resistencia usada en este estudio podría interpretarse como varias combinaciones de diferentes cambios utilizados por los ciclistas de competición. Los resultados indicarían que sería ventajoso para los varones seleccionar un cambio mayor durante las situaciones de esprint, mientras que las mujeres deberían utilizar un cambio menor.

Dirección de contacto: Scott Richmond, PhD, Missouri State University, Department of Health, Physical Education and Recreation, McDonald Arena Room 117, 901 South National Avenue, Springfield, MO 65897, USA, Phone: (417) 836-8481, E-mail: ScottRichmond@MissouriState.edu

REFERENCIAS

1. Barfield JP, Sells PD, Rowe, DA, Hanningan-Downs K (2002). Is performance in the Wingate anaerobic test influenced by practice. *J Strength Cond Res*;16:472-473
2. Bediz CS, Gökbel H, Kara M, Üçok K, Çikrikiçi E, Ergene N (1998). Comparison of the aerobic contributions to Wingate anaerobic tests performed with two different loads. *J Sports Med Phys Fitness*; 38:30-34
3. Boulay MR, Lortie G, Simoneau JA, Hamel P, Leblanc C, Bouchard C (1985). Specificity of aerobic and anaerobic work capacities and powers. *Int J Sports Med*; 6:325-328
4. Burke ER (1980). Physiological characteristics of competitive cyclists. *Phys Sportsmed*; 8:79-84
5. Calbet JA, et al (2003). Anaerobic energy provision does not limit Wingate exercise performance in endurance-trained cyclists. *J Appl Physiol*; 94:668-676
6. Capmal S, Vandewalle H (1997). Torque-velocity relationship during cycle ergometer sprints with and without toe clips. *Eur J Appl Physiol*; 76:375-379
7. Crielaard JM, Pirnay F (1981). Anaerobic and aerobic power of top athletes. *Eur J Appl Physiol*; 47:259-300
8. Davies CTM (1992). The physiology of cycling with reference to power output and muscularity. *Ann Physiol Anthropol*; 11:309-312
9. Dotan R, Bar-Or O (1983). Load Optimization for the Wingate anaerobic test. *Eur J Appl Physiol*; 51:409-417
10. Evans JA, Quinney HA (1981). Determination of resistance settings for anaerobic power testing. *Can J Appl Sport Sci*; 6:53-56
11. Kohler RM, et al (2010). Peak power during repeated wingate trials: implications for testing. *J Strength Cond Re*; 24:370-374
12. Laurent CM, Jr., et al (2007). Cross-validation of the 20- versus 30-s Wingate anaerobic test. *Eur J Appl Physiol*; 100:645-651

13. Lunn WR, Finn JA, Axtell RS (2009). Effects of sprint interval training and body weight reduction on power to weight ratio in experienced cyclists. *J Strength Cond Res*; 23:1217-1224
14. MacIntosh BR, Rishaug P, Svedahl K (2003). Assessment of peak power and short-term work capacity. *Eur J Appl Physiol*; 88:572-579
15. Maud PJ, Shultz BB (1989). Norms for the Wingate anaerobic test with comparison to another similar test. *Res Q Exerc Sport*; 60:144-151
16. Patton JF, Murphy MM, Frederick FA (1985). Maximal power outputs during the Wingate anaerobic test. *Int J Sports Med*; 6:82-85
17. Peveler WW, Pounders JD, Bishop PA (2007). Effects of saddle height on anaerobic power production in cycling. *J Strength Cond Res*; 21:1023-1027
18. Reiser II RF, Maines JM, Eisenmann JC, Wilkinson JD (2002). Standing and seated Wingate protocols in human cycling. A comparison of standard parameters. *Eur J Appl Physiol*; 88:152-157
19. Reiser II, RF, Peterson ML, Broker JP (2002). Influence of hip orientation on Wingate power output and cycling technique. *J Strength Cond Res*; 16:556-560
20. Santos EL, et al (2010). Low sampling rates bias outcomes from the Wingate test. *Int J Sports Med*; 31:784-789
21. Tanaka H, et al (1993). Aerobic and anaerobic power characteristics of competitive cyclists in the United States Cycling Federation. *Int J Sports Med*; 14:334-338
22. Too D (1994). The effect of trunk angle on power production in cycling. *Res Q Exerc Sport*; 65:308-315
23. Vandewalle H, Peres G, Monod H (1987). Standard anaerobic exercise tests. *Sports Medicine*; 4:268-289
24. Vandewalle H, Peres G, Heller J, Monod H (1985). All out anaerobic capacity tests on cycle ergometer. *Eur J Appl Physiol*; 54:222-229
25. Vandewalle H, Peres G, Heller J, Panel J (1987). Monod H. Force-velocity relationship and maximal power on a cycle ergometer. *Eur J Appl Physiol*; 56:650-656
26. White JA, Al-Dawalibi MA (1986). Assessment of the power performance of racing cyclists. *J Sports Sci*; 4:117-122
27. Withers RT, Van Der Ploeg G, Finn JP (1993). Oxygen deficits incurred during 45, 60, 75, and 90-s maximal cycling on an air-braked ergometer. *Eur J Appl Physiol*; 67:185-191

Cita Original

Richmond SR, Whitman SA, Acree LA, Carper MJ and Godard MP. Power Output in Trained Male and Female Cyclists During the Wingate Test with Increasing Flywheel Resistance. *JEPonline*;14(5):46-53.2011.