PubliCE, (PubliCE) 2005

Research

Cicloergometría de Alta Intensidad Optimizada y No Optimizada y Capacidad de Carrera en Jugadores de la Unión Internacional de Rugby

N. E Thomas[1] y J. S Baker[2]

[1]*School of Sport, Physical Education and Recreation, University of Wales Institute Cardiff, Cyncoed Rd, Cyncoed, Cardiff, Wales.*
[2]*Health and Exercise Science Research Unit, School of Applied Sciences, University of Glamorgan, Trefforest, Pontypridd, CF37 1DL, Wales, UK.*

RESUMEN

El propósito de este estudio fue analizar los tiempos de carreras de velocidad y los índices de rendimiento obtenidos utilizando dos protocolos de cicloergometría de alta intensidad con altas cargas de fricción de 30 segundos de duración. Los sujetos que participaron como voluntarios fueron jugadores de la unión internacional de rugby (n=20). El protocolo uno consistió de un procedimiento de optimización en donde el rendimiento de los sujetos fue optimizado por la masa corporal total (TBMOP). Para el protocolo dos se utilizaron las cargas estándar para una cicloergometría, las cuales no fueron optimizadas (87g/kg de masa corporal, NONOP). La capacidad de carrera fue registrada en distancias de entre 30 y 200m. Los picos de potencia (PPO) generados durante las pruebas NONOP y TBMOP fueron 1088±131 y 1207±165 Watts, respectivamente. Los tiempos registrados para en los tests de carrera fueron 4±0.2s, 6.3±0.3s, 12.3±0.7s, 19.3±1s y 27.1±1.8s para 30, 50, 100, 150 y 200m, respectivamente. Se observaron diferencias significativas entre las producciones de potencia (PPO NONOP vs. PPO TBMOP, $p<0.05$; EPO NONOP vs. EPO TBMOP, $p<0.05$). También se observaron diferencias en las cargas, $p<0.01$ (6.7±1kg NONOP vs. 8.6±1.7g TBMOP) y para los índices de fatiga ($p<0.01$). Estos resultados indican que la optimización de los protocolos de cicloergometría producen perfiles de potencia significativamente mayores en comparación con las cargas estándar de la cicloergometría. La cicloergometría de alta intensidad predice solo de manera moderada la capacidad de carrera en jugadores de rugby.

Palabras Clave: optimización de la carga, ciclo ergometría, producción de potencia, carreras de velocidad

INTRODUCCION

Un número creciente de laboratorios ha implementado la utilización de cicloergometría de alta intensidad para la evaluación exhaustiva y a corto plazo del ejercicio, y se han registrado correlaciones lineales con el rendimiento en carreras de alta intensidad y con el rendimiento en saltos (1). Los test en bicicleta ergométrica consisten en 30 segundos de ejercicio exhaustivo contra una resistencia determinada en relación a la masa corporal. En algunos casos, esta carga ha probado ser o muy pesada (e.g., en niños) o muy liviana (e.g., en atletas de elite). Algunos investigadores han sugerido la

necesidad de un protocolo de optimización, el cual produzca cargas realistas para poblaciones individuales (1-3). El protocolo consiste en realizar varios esprints máximos contra fuerzas de resistencia aleatoriamente asignadas hasta obtener un valor óptimo del pico de potencia (PPO). El razonamiento detrás de esto, es que las cargas arbitrarias de 75g/kg (4) y de 87g/kg (5) en base a la masa corporal pueden subestimar o sobreestimar las características individuales de la contracción muscular. Esto puede derivar en no solo cálculos erróneos de la producción de potencia sino también influenciar las correlaciones lineales observadas entre la cicloergometría de alta intensidad y otras mediciones del rendimiento, tales como las carreras de velocidad. El propósito de este estudio fue investigar el rendimiento en carreras de varias distancias midiendo el tiempo por medio de la utilización de células fotoeléctricas y un cronómetro digital, y examinar y analizar cualquier relación con el rendimiento en cicloergometrías de alta intensidad utilizando dos protocolos denominados, no optimizado (NONOP), y optimizado por la masa corporal total (TBMOP). También se investigó si existían diferencias en los perfiles de potencia generada por los protocolos de carga de las cicloergometrías. También se registraron los valores de lactato sanguíneo para evaluar indirectamente cualquier posible diferencia en el metabolismo extra mitocondrial luego de la realización de los protocolos de cicloergometría NONOP y TBMOP.

METODOS

Los sujetos que participaron voluntariamente en este estudio fueron jugadores de la unión internacional de rugby (n=20). Antes de las evaluaciones, todos los sujetos fueron familiarizados con los procedimientos de recolección de datos y con los tests, en tres ocasiones. Todos los sujetos fueron evaluados en el mismo intervalo relativo de tiempo (10.00am - 12.00pm) y se les informó que eran libres de abandonar el experimento en cualquier momento. Todos los sujetos completaron un formulario de consentimiento informado, y el estudio fue aprobado por el Comité de Ética de Investigación de la Universidad. Todos los sujetos utilizaron pantalones cortos y se quitaron el calzado antes de las mediciones antropométricas. La talla fue medida con una precisión de 1mm utilizando un estadiómetro portátil (Holtain Ltd, Crymych, Pembrokeshire, Reino Unido). La masa corporal fue medida con una precisión de 0.1kg utilizando una balanza electrónica Phillips (HP 5320).

Tests en Cicloergómetro

Una semana antes de realizar los tests de 30s en cicloergómetro se realizó un tests de fuerza velocidad para determinar las fuerzas óptimas de resistencia para el protocolo TBMOP (6). Brevemente, el test consistió de seis esprints cortos y máximos (6-8 segundos) en un ergómetro calibrado (Monark 864) contra fuerzas de resistencia asignadas aleatoriamente (70, 75, 80, 85, 90 y 95g/kg). Las series sucesivas de ejercicio estuvieron separadas por un período de recuperación de cinco minutos. La fuerza de resistencia que produjo el mayor valor de PPO fue utilizada en el protocolo TBMOP de 30s. La confiabilidad de la fuerza de resistencia óptima fue determinada utilizando métodos de test-retest ($p<0.01$). Se tuvo cuidado de asegurar que la fuerza de resistencia aplicada a la biela del ergómetro correspondiera con la fuerza aplicada a la rueda. Por lo tanto, no fueron utilizadas las fuerzas de resistencia que excedieran los 9kg en la biela (7).

Una vez que se estableció la fuerza de resistencia óptima, los sujetos fueron aleatoriamente asignados para realizar el protocolo TBMOP o el protocolo NONOP de 30s utilizando el mismo cicloergómetro calibrado. El protocolo utilizado para la condición experimental NONOP consistió en multiplicar la masa corporal del sujeto por 87g/kg (5), y transferir el valor obtenido a la biela del ergómetro. Los sujetos no conocían que condición experimental estaban realizando por lo cual el diseño fue simple ciego. Cada sujeto retornó al laboratorio para realizar el protocolo experimental restante, después de un período de una semana entre ambas condiciones experimentales. Cuarenta y ocho horas antes de cada evaluación se restringió al mínimo el ejercicio que realizaban los sujetos. La entrada en calor consistió en pedalear durante dos minutos a 20rev/min y contra una resistencia de 0.5kg. Esto fue seguido de dos períodos consecutivos de 30 segundos, pedaleando a una velocidad de 25 y 45rev/min contra una resistencia de 1.15kg. Esto fue realizado para que los sujetos experimentaran la velocidad requerida durante las condiciones de evaluación. La altura del asiento fue ajustada para cada individuo, y los pies fueron sujetados firmemente con las punteras de los pedales. Se realizó una cuenta regresiva desde 3, y a la voz de “ya” se aplicaron las cargas y se inició la recolección de los datos. Al final de la prueba se obtuvieron los datos de la producción de potencia utilizando un programa de computadora corregido para la inercia (Cranlea, Birmingham, Reino Unido, 1988). Se ha reportado que la validez y la confiabilidad de la cicloergometría como una prueba de potencia anaeróbica es de $r=0.93$, $p< 0.01$ (8).

Tests de Carrera

Se requirió que los sujetos corrieran al máximo en distancias que iban desde 30 a 200 metros en una pista de atletismo. Primero se corrió la distancia más corta, para facilitar la máxima recuperación. A los sujetos se les dió períodos de descanso máximos (3-5 minutos), permitiendo la repleción completa de las reservas de fosfocreatina. Las carreras en

distancias de 30 a 50 metros fueron realizadas tres veces utilizando el menor tiempo como criterio de medición. Las distancias de 100, 150 y 200m fueron corridas en dos ocasiones, registrando el menor tiempo. Los tiempos de carrera fueron registrados utilizando células fotoeléctricas en interfase con un cronómetro digital (Data Logic Type S2-92032). Las células fotoeléctricas fueron colocadas en la salida y en la llegada de cada distancia de carrera. Los sujetos iniciaron los esprints desde una partida lanzada. Esto se utilizó para minimizar los efectos del tiempo de reacción entre los sujetos y para asegurar que cuando los sujetos pasaran la primera célula fotoeléctrica estuvieran corriendo al máximo. Antes de comenzar la evaluación se realizó una entrada en calor que consistió de trotes suaves y de técnicas de estiramiento. Una vez completada la entrada en calor, los sujetos llevaron a cabo una prueba de familiarización realizando cinco carreras de baja intensidad.

Todos los tiempos de carrera fueron registrados con los sujetos utilizando zapatillas, pantalones cortos y chalecos. La confiabilidad para la toma electrónica de tiempo fue establecida durante un estudio piloto utilizando la metodología de test-retest ($r=0.96$, $p< 0.01$). Se requirió que los sujetos corrieran al máximo en cada ocasión. El tiempo total tomado desde el comienzo del test hasta la línea de llegada fue utilizado como criterio de medición para cada sujeto. Durante todos los procedimientos de evaluación se estimuló verbalmente a los sujetos.

Recolección de las Muestras de Sangre

Antes de la recolección de las muestras de sangre para la medición de la concentración de lactato en reposo antes de la realización de los protocolos en cicloergómetro, se pre-calentaron los dedos de la mano colocándolos en agua caliente. Se tomaron muestras de sangre por duplicado punzando en el mismo lugar en el dedo pulgar (Autoclix) y recolectando la sangre en tubos capilares tanto en reposo (antes de la entrada en calor) como a los cinco minutos luego de la finalización del ejercicio. Las muestras fueron analizadas para determinar la concentración sanguínea de lactato utilizando un analizador de lactato automático calibrado (Analox Instruments Ltd, Londres).

Análisis Estadísticos

Todos los datos fueron analizados utilizando el programa estadístico Minitab (9). Se aplicó el test de Anderson-Darling para confirmar la Normalidad de los conjuntos de datos, mientras que la homogeneidad de la varianza fue valorada utilizando el test de Lavene. Las diferencias entre los *forwards* y los *backs*, y entre los protocolos no optimizados y optimizados fueron analizadas utilizando el análisis de varianza ANOVA de dos vías, luego del cual se utilizó el test post hoc de Tukey. También se realizaron análisis de varianza ANOVA múltiples de una vía para cada variable dependiente cuando se combinaron los niveles de posición y protocolo. El grado de relación lineal entre las carreras de velocidad y las mediciones en el cicloergómetro fueron examinadas utilizando la correlación momento-producto de Pearson. Se aceptó la significancia a un nivel de $p<0.05$.

Terminología

En este estudio “producción pico de potencia” se refiere al valor más alto de potencia en 1s, alcanzado durante cada esprint de 30s. “Producción media de potencia” (MPO) indica la producción promedio de potencia en el período de 30 segundos. “Fin de la producción de potencia” (EPO) se refiere al valor de la potencia en el último segundo de cada esprint. El “Índice de fatiga” (FI%) es la caída en la potencia expresada como porcentaje.

RESULTADOS

Las características físicas del grupo se muestran en la Tabla 1. Las producciones de potencia tanto para el protocolo no optimizado como para el protocolo optimizado se resumen en la Tabla 2. Los tiempos de las carreras de velocidad se muestran en la Tabla 3. El grado de relación ente los tiempos de carrera y los test en cicloergómetro se presentan en las Tablas 4 y 5.

Variable	Media±DE
Edad (B) (años)	22.7±1.9
Edad (F) (años)	24.1±3.5
Todos (B+F) (años)	23.4±2.8
Talla (B) (cm)	177.1±4.5
Talla (F) (cm)	182.2±6.8 *
Todos (B+F) (cm)	179.6±6.0
Masa corporal (B) (kg)	75.6±5.6
Masa corporal (F) (kg)	88.6±4.8 *
Todos (B+F) (kg)	82.1±8.6

Tabla 1. *Características Físicas de los jugadores de rugby por posición backs (n=10) y forwards (n=10). [a]B=backs, F=forwards. * Los datos de físicos de los forwards difieren significativamente de los de los backs (p<0.01).*

Resultados por Grupo cuando se Consideró a los *Forwards* y a los *Backs* Todos Juntos

Los valores para las producciones de potencia generados por el grupo fueron 1088±131W (PPO NONOP) y 1207±165W (PPO TBMOP); 802±87W (MPO NONOP) y 807±121W (MPO TBMOP), y 519±73W (EPO NONOP) y 423±173W (EPO TBMOP). Los tiempos registrados para las carreras de velocidad fueron 4±0.2s, 6.3±0.2s, 12.3±0.7s, 19.3±1s y 27.1±1.8s para 30, 50, 100, 150 y 200m, respectivamente. Se hallaron diferencias significativas entre la PPO (NONOP) vs. la PPO (TBMOP) y entre la EPO (NONOP) vs. la EPO (TBMOP) ($p<0.05$). También se observaron diferencias significativas para el índice de fatiga y para las cargas de resistencia (NONOP vs. TBMOP) ($p<0.01$). Se observaron diferencias significativas entre los protocolos para las concentraciones pico de lactato sanguíneo ($p<0.05$) (9.8±1.5mmol/L NONOP; 11 ± 1.4mmol/L TBMOP).

Resultados Grupales Cuando se Consideró Independientemente a los *Backs* y los *Forwards*

La talla media de los *backs* fue de 177.1±4.5cm, la cual fue menor que la registrada para los *forwards* (182.2 ± 6.8cm). Los *forwards* también tuvieron una mayor masa corporal (88.6±4.8 vs. 75.6±5.6kg). También se observaron diferencias significativas entre las cargas utilizadas en los protocolos por los *forwards* ($p<0.01$) como por los *backs* ($p<0.05$). Se reportaron diferencias significativas para la PPO entre los protocolos NONOP vs. TBMOP para *forwards* de la unión de rugby ($p<0.05$). También se observaron diferencias significativas entre los protocolos para el índice de fatiga tanto en los *forwards* ($p<0.05$), como en los *backs* ($p<0.01$). Además se observaron diferencias significativas entre los protocolos para la concentración de lactato sanguíneo ($p<0.05$) pero solo para los *backs*. Los *backs* fueron significativamente más rápidos ($p<0.01$) que los *forwards* en todas las distancias (Tabla 3).

Relaciones entre los Tests en Cicloergómetro y los Tiempos de Carrera de Velocidad

Cuando los valores fueron expresados en relación a la masa corporal, se observaron correlaciones significativas entre la PPO y los tiempos de carrera en 50 metros para ambos protocolos, pero solo entre los jugadores que se desempeñan como *backs* ($p<0.01$). Se observó una correlación significativa entre los tiempos de carrera en las distancias de 100 y 150m y el test optimizado (valores absolutos), pero solo para los *forwards* ($p<0.01$). Además, el tiempo de carrera en los 200m estuvo significativamente correlacionado con la PPO en los *backs* ($p<0.01$). Cuando el grupo fue considerado como una sola unidad, y los valores fueron expresados en relación a la masa corporal, se observaron correlaciones significativas ($p<0.01$), tanto entre la PPO en el NONOP y los tiempos de carrera (50-200m) como entre la PPO en el TBMOP y los tiempos de carrera.

Sujetos	Carga (kp)	Producción Pico de Potencia (Watts y Watts/kg)	Producción Media de Potencia (Watts)	Producción Final de Potencia (Watts)	Indice de Fatiga (Watts/s)	Pico de Lactato Sanguíneo (mmol/L)
B						
NONOP	6.5±0.8	1076.6±130.1 14.3±1.8	778.8±99.3 10.2±1.1	513.6±80.2	-22.2±4.9	10.3±1.3
TBMOPT	7.6±1.2 ** (95% CI=-0.2, 2.0)	1141.7±137.3 15.2±2.0	764.8±124.3 10.1±1.6	428.8±150.9	-29.7±6.8 *(95% CI=2.0, 13.1)	11.4±1.0 ** (95% CI=0.02, 2.2)
F						
NONOP	6.9±1.2	1100±137 12±2 † (95% CI 0.2, 3.5)	827±69 9± 1	524±69	-23±7	9.4±1.7
TBMOPT	9.6 ± 1.6 * † (95% CI=1.4 ,4.0)	1272±170 ** (95% CI 27, 318) 14 ± 2** (95% CI 0.4, 3.5)	849±107 10±1	418±202	-34±11 ** (95% CI=-2.1, -19.7)	10.6±1.7
Todos						
NONOP	6.7±1.0	1088±131 14±2	802±87 10±1	519±73	-23±9	9.8±1.5
TBMOPT	8.6±1.7 * (95% CI=1.0, 2.8)	1207±165 ** (95% CI 23, 214) 15 ± 2 ** (95% CI 0.18, 2.62)	807±121 10±1	423±173 ** (95% CI 10, 181)	-32±173 * (95% CI=-4.2, -14.2)	11±1.4 ** (95% CI=0.21, 2.08)

Tabla 2. *Producción de potencia (media±DE) para los jugadores de rugby por posición, backs (n=10) y forwards (n=10). B=Backs, F=Forwards. $^{b}W.kg^{-1}$=producción de potencia expresada en relación a la masa corporal. * Los valores optimizados fueron significativamente diferentes de los valores no optimizados (p<0.01). ** Los valores optimizados fueron significativamente diferentes de los valores no optimizados (p<0.05). † Los datos del Test Anaeróbico de Wingate (WAnT) de los forwards fueron significativamente diferentes con respecto datos de los backs (p<0.01).*

Sujetos	Distancia de Carrera				
	30m	50m	100m	150m	200m
Backs	3.93±0.16 *	6.09±0.26 *	11.90±0.57 *	18.65±0.85 *	26.08±26.08 *
Forwards	4.16±0.17	6.45±0.22	12.72±0.41	19.92±0.74	28.14±1.56
Todos	4.04 ±0.20	6.27±0.30	12.31±0.65	19.29±1.02	27.11±1.75

Tabla 3. *Tiempos de carrera (media±DE) para los jugadores de rugby por posición, backs (n=10) y forwards (n=10). * Los tiempos de carrera de los backs fueron significativamente menores que los tiempos de carrera de los forwards (p<0.01).*

	30m	50m	100m	150m	200m
PPO					
No-opt (B)	-0.15	-0.47	-0.33	-0.42	-0.35
No-opt (B) (Watts/kg)	0.22	-0.69*	-0.38	-0.39	-0.56 *
No-opt (F)	-0.14	-0.14	-0.20	-0.36	0.02
No-opt (F) (Watts/kg)	0.33	0.05	0.08	-0.16	-0.38
Opt (B)	-0.06	-0.37	-0.22	-0.50	-0.55 *
Opt (B) (Watts/kg)	-0.15	-0.56 *	-0.27	-0.46	-0.72 *
Opt (F)	-0.20	-0.47	-0.66 *	-0.56 *	-0.44
Opt (F) (Watts/kg)	-0.06	-0.34	-0.50	-0.10	-0.47
MPO					
No-opt (B)	0.11	-0.13	-0.25	-0.47	-0.22
No-opt (B) (Watts/kg)	0.01	-0.48	-0.52	-0.60 *	-0.47
No-opt (F)	-0.10	-0.04	-0.08	-0.13	-0.20
No-opt (F) (Watts/kg)	0.25	-0.08	0.34	0.14	-0.03
Opt (B)	0.37	0.24	0.25	-0.24	-0.23
Opt (B) (Watts/kg)	0.29	0.05	0.11	-0.28	-0.43
Opt (F)	-0.38	-0.39 *	-0.53	-0.24	-0.25
Opt (F) (Watts/kg)	-0.26	-0.27 *	-0.36	-0.23	-0.36

Tabla 4. *Matríz de correlación para las producciones de potencia y los tiempos de carrera (los datos de los backs y de los forwards de reportan de manera independiente). B=Backs, F=Forwards; * Indica significancia estadística a un nivel p<0.05.*

	30m	50m	100m	150m	200m
PPO					
No-opt (B+F)	0.06	-0.19	-0.15	-0.24	-0.27
No-opt (B+F) (Watts/kg)	-0.26	-0.55 *	-0.45 *	-0.50 *	-0.61 †
Opt (B+F)	0.12	-0.07	-0.05	-0.12	-0.13
Opt (B+F) (Watts/kg)	-0.22	-0.51 †	-0.41*	-0.48 *	-0.59 †
MPO					
No-opt (B+F)	0.09	0.10	0.04	-0.07	0.06
No-opt (B+F) (Watts/kg)	-0.35	0.40 *	-0.42 *	-0.49*	-0.45 *
Opt (B+F)	0.23	0.20	0.17	0.07	0.04
Opt (B+F) (Watts/kg)	-0.09	-0.21	0.21	-0.35	-0.44 *

Tabla 5. *Matriz de correlación para las producciones de potencia y los tiempos de carrera (los datos de los backs y de los forwards de reportan como un solo grupo). B=Backs, F=Forwards; * Indica significancia estadística a p<0.05.*

DISCUSION

De manera similar a las investigaciones previas, los hallazgos de este estudio indican que los jugadores de rugby que se desempeñan en las posiciones de forwards son más altos y más fuertes que aquellos jugadores que se desempeñan como *backs* (10, 11). La comparación de las cargas utilizadas en los protocolos NONOP y TBMOP en bicicleta ergométrica reveló una diferencia significativa entre los grupos de *backs* y *forwards* ($p<0.01$). Estos hallazgos sugieren que las cargas recomendadas en estudios anteriores (4, 12, 13) son muy bajas para producir potencias máximas.

En el presente estudio, las PPI, MPO y EPO absolutas generadas durante los tests en bicicleta ergométrica fueron altas en comparación con datos previamente reportados de jugadores de rugby (14, 15), pero menores a las reportadas para otros estudios (3, 10). Estas diferencias pueden ser explicadas por la variación en el protocolo experimental, incluyendo el

método de selección de las fuerzas resistivas y la variabilidad entre los sujetos. Por ejemplo, Baker y Davies (3) optimizaron las cargas de resistencia de acuerdo a la masa libre de grasa, mientras que Bell y colaboradores (10) investigaron un número relativamente pequeño de jugadores. Cuando se consideraron a los jugadores como un solo grupo, se observaron diferencias significativas entre la PPO del protocolo NONOP y la PPO del protocolo TBMOP ($p<0.05$). El incremento en los picos de potencia observados entre los protocolos en bicicleta ergométrica parecen ser el resultado de la optimización de las cargas. Los valores de la producción de potencia generados pueden deberse a que el protocolo de carga TBMOP establece cargas sobre la biela del ergómetro que son más representativas de los verdaderos valores de producción de potencia que pueden alcanzarse. Esto pudo haber resultado en un incremento del potencial para aumentar los valores de producción de potencia. El protocolo NONOP puedo haber subestimado significativamente las producciones de potencia como resultado de la utilización de cargas que son muy bajas y no representativas de la dinámica de la contracción muscular.

En contraste a la PPO, este estudio falló en demostrar diferencias significativas en la MPO cuando se compararon los protocolos optimizado y no optimizado. Los hallazgos del presente estudio están en desacuerdo con los hallazgos de otros autores (8, 16) que sugieren que un conjunto de cargas provocará producciones de potencia óptimas en todos los índices, y respalda la idea acerca de que son necesarias diferentes cargas para alcanzar las mayores PPO y MPO posibles (5, 17). Los perfiles de los índices de fatiga fueron mayores durante el protocolo TBMOP ($p<0.01$). Las correlaciones entre el índice de fatiga y las PPO obtenidas indican que los sujetos que mostraron los mayores valores para la PPO también exhibieron los mayores índices de fatiga. Los estudios realizados por Thorstensson et al. (18) han mostrado que los individuos que poseen músculos con mayores porcentajes de fibras tipo II son capaces de alcanzar velocidades de contracción máxima más rápida y tienen mayor capacidad para generar fuerza, pero son más propensos a fatigarse.

Aunque las diferencias no siempre fueron significativas, las concentraciones de lactato en este estudio fueron mayores con el protocolo de optimización. Estos hallazgos concuerdan con los de Cheetham et al. (15), quienes de forma similar demostraron que los sujetos con mayores PPO presentaron también los mayores incrementos en las concentraciones de lactato sanguíneo pico. Una vez más, esto podría haber sido el resultado de la optimización de la carga resistiva. La producción de lactato podría estar relacionada con el grado de contracción muscular observado, y las mayores producciones de potencia con el protocolo TBMOP indican que esta condición experimental facilitó un mayor potencial para producir lactato sanguíneo.

Considine et al. (19) examinaron varios tests de potencia y hallaron tres factores emergentes: la distancia, el tiempo (el cual pudo ser interpretado como velocidad) y una medición compuesta que puede estar relacionada a la combinación activa de velocidad y fuerza. Durante la fase de optimización de las cargas resistivas para la cicloergometría, la velocidad y la fuerza están intrínsecamente ligadas. Si las producciones de potencia generadas son valores compuestos que comprenden medidas interrelacionadas de fuerza y velocidad, entonces puede ser necesario realizar procedimientos adicionales de optimización para explorar y aislar la variable de interés. Esto debería incluir protocolos de optimización que maximicen la velocidad y la fuerza en relación a la masa libre de grasa (20). La optimización de la velocidad podría incorporar la mayor velocidad para una determinada carga. Mientras que las optimizaciones de la fuerza podrían incluir la mayor carga para una determinada velocidad. Protocolos de optimización adicionales pueden requerir considerar el efecto de la masa grasa sobre los procedimientos de determinación de las cargas y esto debería relacionarse estrechamente al tejido activo que se utiliza durante una cicloergometría. El componente graso de la masa corporal incluido en este estudio en el protocolo TBMOP puede sobreestimar las fuerzas resistivas requeridas durante la cicloergometría para producir producciones pico de potencia óptimas (20).

Cuando se seleccionan tests de velocidad, los investigadores intentan incluir distancias que sean específicas del juego y en este estudio se hicieron todos los esfuerzos posibles por cubrir todas las posibles eventualidades que se producen durante un partido de rugby. Los *backs* fueron más rápidos que los *forwards* en todas las distancias (30-200m). Estos hallazgos concuerdan con los hallazgos de otros autores (11, 14) y subrayan la importancia de la velocidad de carrera para el juego de los *backs*. No ha sido registrado con anterioridad un rango de tiempos tan amplio de esprints medidos electrónicamente con jugadores de la unión internacional de rugby, sin embargo el tiempo del esprint de 30 m registrado en este estudio es similar a los tiempos reportados por Holmyard y Hazeldine (11).

Los presentes hallazgos indican que la cicloergometría de alta intensidad predice solo moderadamente la capacidad de carrera en jugadores de rugby. Aunque fueron fortalecidas cuando los valores se expresan en relación a la masa corporal (21), las correlaciones entre la producción de potencia utilizando la cicloergometría y los tiempos de carreras de velocidad siguen siendo como mucho, modestas. Los resultados de este estudio están en contraste con los hallazgos de Inbar et al. (1), quienes demostraron que los valores de MPO estaban altamente correlacionados con la capacidad de esprint en adolescentes. También contradicen los hallazgos de Thompson et al. (22), quienes reportaron correlaciones significativas entre el rendimiento anaeróbico y la capacidad de carrera. Las correlaciones observadas por otros investigadores entre la cicloergometría de alta intensidad y la capacidad de carrera pueden reflejar la especificidad de la muestra y la edad de los sujetos. Nuestros datos indican que la cicloergometría de alta intensidad no puede ser utilizada para predecir el éxito en

tareas de rendimiento, ya que es necesario considerar otros factores tal como el nivel de destreza. Estos hallazgos concuerdan con los hallazgos de Nummela et al. (23) y con los hallazgos de Baker y Davies (24), quienes hallaron pobres correlaciones entre las mediciones realizadas en cicloergómetro y las mediciones de carreras de velocidad, por lo que nosotros sugerimos que no existe un único test anaeróbico que pueda ser utilizado en forma intercambiable para medir la capacidad anaeróbica (3, 25). En contraste con la cicloergometría, las mediciones de carreras incluyen la masa corporal, lo cual puede tener implicancias en las correlaciones obtenidas entre las mediciones de carrera y la cicloergometría. Además, la dirección de la tarea (i.e., lineal (durante los test de carrera) en oposición a la dirección circular (durante la cicloergometría)) conjuntamente con otros factores tales como el nivel de entrenamiento, la duración del tiempo de la contracción muscular registrada y el tipo de contracción muscular pueden haber contribuido a la fuerza relativa de las correlaciones observadas.

CONCLUSION

Los hallazgos de este estudio sugieren que los tests anaeróbicos deberían ser tan específicos como sea posible. La falta de correlación entre la cicloergometría y los tests de carrera indican que la cicloergometría puede ser adecuada para la cuantificación de la potencia y el rendimiento anaeróbico, pero no para la evaluación de tareas de rendimiento específico. Además, la optimización de las cargas resistivas debería utilizarse para provocar mayores producciones de potencia durante tests máximos de 30s en bicicleta ergométrica.

Aunque los tests máximos de 30s en cicloergómetro constituyen una medida atractiva de la potencia anaeróbica, si se tiene que evaluar la capacidad de carrera de un jugador de rugby sería más simple y probablemente más específico registrar el tiempo de carrera de esprint en distancias específicas que estén relacionadas con las demandas de rendimiento del rugby (21, 24, 25).

Dirección para el envío de correspondencia

Julien S. Baker, Health and Exercise Science Research Laboratory, School of Applied Science, University of Glamorgan, Pontypridd, Wales, CF37 1DL. Teléfono: 01443 482972; Fax: 01443 482285; correo electrónico: jsbaker@glam.ac.uk

REFERENCIAS

1. nbar O, Bar-Or O, and Skinner S (1996). The Wingate Anaerobic Test. *Human Kinetics. P.O Box 5076, Champaign, IL*
2. Winter EM, Brown D, Roberts NK, Brookes FB, Swaine IL (1996). Optimized and corrected peak power output during friction-braked cycle ergometry. *J Sports Sci;14(6):513-521*
3. Baker JS, Davies B (2004). Resistive force selection during brief cycle ergometer exercise: implications for power assessment in international rugby union players. *JEPonline; 7 (3): 68-74*
4. Bar-Or O (1987). The Wingate anaerobic test. *An update on methodology, reliability and validity. Sports Med;4:381-394*
5. Dotan R, and Bar-Or O (1983). Load optimization for the Wingate anaerobic test. *Eur J Appl Physiol; 51: 409-417*
6. Jaskolska A, Goossens P, Veenstra B, Jaskolski A, Skinner JS (1999). Comparison of treadmill and cycle ergometer measurements of force-velocity relationships and power output. *Int J Sports Med; 20:192-197*
7. Heiser K (1989). Load optimization for peak and mean power output on the Wingate anaerobic test. *Unpublished Masters Thesis. Arizona State University*
8. Patton JF, Murphy MM, Frederick FA (1985). Maximal power outputs during the Wingate anaerobic test. *Int J Sports Med; 6:82-85*
9. (1995). Minitab Reference Manual. *Minitab Inc: Philadelphia*
10. Bell W, Cobner D, Cooper S-M, Phillips SJ (1993). Maximal exercise performance and body composition of International rugby union players. *In: Reilly T, Clarys J, Stibbe A (eds) Science and football II. E & FN Spon, London, pp 15-20*
11. Holmyard DJ, Hazeldine RJ (1993). Seasonal variations in the anthropometric and physiological characteristics of International rugby union players. *In: Reilly T, Clarys J, Stibbe A (eds) Science and football II. E & FN Spon, London, pp 21-30*
12. Ayalon A, Inbar O, Bar-Or O (1974). Relationships among measurements of explosive strength and anaerobic power. *In: Nelson RC and Morehouse CA (eds) International Series on Sport Sciences, Vol 1, Biomechanics IV. University Press, Baltimore, pp 572-577*
13. British Association of Sport Science (BASES) (1988). Position statement on the physiological assessment of the elite competitor (2nd edition). *White Line Press, Stanningley, Leeds*
14. Rigg P, Reilly T (1988). A fitness profile and anthropometric analysis of first and second class rugby union players. *In: Reilly T, Lees A, Davids K, Murphy WJ (eds) Science and Football. E & FN Spon, London, pp 194-200*
15. Cheetham ME, Hazeldine RJ, Robinson A, Williams C (1988). Power output of rugby forwads during maximal treadmill sprinting.

Science and Football. E & FN Spon, London, pp 206-210
16. Davy K, Pizza F, McGuire J, Wygard J (1989). Optimal loading of Wingate power testing in conditioned athletes. *Med Sci Sports Exerc; 21: S27*
17. Bradley AL, Ball TE (1992). The Wingate test: effect of load on the power outputs of female athletes and non-athletes. *J Appl Sports Sci; 6: 193-199*
18. Thorstensson A, Sjodin B, Karlsson J (1975). Enzyme activities and muscle strength after sprint training in man. *Acta Physiol Scan; 94: 313-318*
19. Considine WJ, Sullivan WJ (1973). Relationship of selected tests of leg strength and leg power on college men. *Res Quart;44:404-416*
20. Baker JS, Davies B, Bailey DM (2001). The relationship between total-body mass, fat-free mass, and cycle ergometer power components during 20 s of maximal exercise. *J Sci Med Sport; 4: 1-9*
21. Tharp GD, Newshouse RK, Uffelman L, Thorland WG, Johnson GO (1985). Comparison of sprint and run times with performance in the Wingate test. *Res Quart Exerc Sport; 56: 73-76*
22. Thompson JM, Garvie KJ (1981). A laboratory method for determination of anaerobic energy expenditure during sprinting. *Can J Sports Med; 6:21-26*
23. Nummela A, Alberts M, Rijntjes RP, Luhtanen P, Rusko H (1996). Reliability and validity of the maximal running test. *Int J Sports Med; 7, Suppl 2:S97-102*
24. Baker JS, Davies B (2002). High intensity exercise assessment: relationships between laboratory and field measures of performance. *J Sci Med Sport; 5 (4):341-347*
25. Beckenholdt SE, Mayhew JL (1983). Specificity among anaerobic power tests in male athletes. *J Sports Med; 23:326-332*

Cita Original

Thomas N.E., Baker J.S. Optimised And Non-Optimised High Intensity Cycle Ergometry And Running Ability In International Rugby Union Players. JEPonline; 8 (3): 26-35, 2005