

Monograph

Validación del Acelerómetro CALTRAC durante la Realización de Ciclismo a Diferentes Cargas de Trabajo

P W Iltis¹ y M W Givens¹

¹Human Performance Laboratories, Department of Movement Science, Gordon College, Wenham, MA.

RESUMEN

Diecinueve hombres y diez mujeres, de 21.6 ± 6.8 años de edad participaron en este estudio para determinar la validez del acelerómetro CALTRAC en su modo operativo para el ciclismo en un cicloergómetro con cupla electrónica. La entrada en calor a 25 Watts fue seguida por pruebas de ejercicios de 4 minutos de duración a 75, 100 y 123 watts. La frecuencia de pedaleo fue voluntaria para simular, de esta manera, la elección de la marcha con cada carga. El gasto calórico determinado por el CALTRAC (CTCALS) durante los dos últimos minutos de cada etapa fue comparado con el gasto calórico determinado metabólicamente (METCALS) durante el mismo período de tiempo. El análisis de varianza ANOVA para mediciones repetidas reveló efectos principales significativos ($p < 0.001$), tanto para el método de medición (MÉTODO) como para la tasa de trabajo (CARGA), con el CALTRAC subestimando el costo calórico en todas las cargas. También se halló una interacción significativa MÉTODO x CARGA ($p < 0.001$), sugiriendo que la subestimación del CALTRAC era mayor a medida que la tasa de trabajo aumentaba. Los resultados sugieren que el CALTRAC no es preciso para valorar el costo calórico del ciclismo cuando la frecuencia de pedaleo es elegida en forma voluntaria.

Palabras Clave: acelerómetro, gasto energético, consumo de oxígeno, ciclismo

INTRODUCCION

La cuantificación del gasto calórico durante las actividades humanas tiene importancia por varias razones. Primero, permite a quien se ejercita monitorear su propio esfuerzo con respecto a variables que se relacionen directamente con el control del peso. Segundo, la estimación del gasto de energía durante actividades físicas es un parámetro de importancia para los profesionales de las ciencias del ejercicio interesados en obtener información descriptiva en diferentes poblaciones (1-3). Asimismo, los estudios que valoran la relación de la actividad física con los factores de riesgo asociados con enfermedades a menudo se relacionan con el monitoreo del gasto calórico (4-7).

El acelerómetro CALTRAC ha sido desarrollado para proveer un método simple y objetivo de estimar el gasto calórico (8). En general, los acelerómetros consisten de un transductor corporal, una masa sísmica constante y un elemento de medición. El desplazamiento del transductor corporal provoca que una fuerza actúe sobre la masa y esto es monitoreado por el elemento de medición. Esta fuerza es proporcional a la aceleración descrita por la primera ley de Newton: $F=ma$. Una carga eléctrica es generada por el elemento de medición la cual es proporcional a esta fuerza y por lo tanto a la

aceleración. El dispositivo CALTRAC registra e integra esta información cuando se lo coloca en la persona que realiza ejercicio. Está diseñado para ser usado en la cadera y para medir la aceleración vertical. Las lecturas de este dispositivo fueron utilizadas por Montoye et al. (8) para estimar el consumo de oxígeno y el gasto calórico neto durante el ejercicio. El diseño del CALTRAC actual usa ecuaciones de predicción para calcular el gasto calórico y el valor calculado es exhibido en una pequeña pantalla. Asimismo, el CALTRAC permite al usuario ingresar información concerniente al sexo, edad, altura y peso para proveer de esta forma una manera de estimar el componente del gasto energético de reposo. Por lo tanto, el dispositivo permite la estimación del gasto calórico bruto y neto, dependiendo el modo que se utilice. Su uso trae una dimensión de objetividad para la valoración de la actividad física en estudios de campo.

Las cuestiones concernientes a la precisión del CALTRAC han sido frecuentemente estudiadas en la literatura (9-11). En particular, el hecho de que es un acelerómetro uniaxial limita su utilidad a aquellas actividades en las cuales el cuerpo solo sufre aceleraciones verticales. Para que el CALTRAC responda en forma precisa a los incrementos en la producción energética de quien lo usa, debe haber incrementos mensurables en la aceleración vertical con el incremento en la tasa de trabajo. Esto puede ocurrir a través de incrementos en el desplazamiento vertical a la misma frecuencia de movimiento, a través de incrementos en la frecuencia de movimiento con un desplazamiento vertical dado o mediante alguna combinación de estas dos variables.

El ciclismo es una forma de actividad recreacional que presenta un desafío único para el CALTRAC. Cuando es usado en la cadera como lo instruye el fabricante, se puede asumir que cantidad de desplazamiento vertical con cada revolución del pedal se mantiene bastante constante y por lo tanto cualquier diferencia en la aceleración vertical sería principalmente una función del incremento en la frecuencia de pedaleo asociada al incremento de la velocidad. Hasta el momento solo se ha llevado a cabo un estudio de ciclismo para estudiar la validez del CALTRAC a diferentes velocidades (12). En ese estudio, se requirió que los ciclistas pedalearan en la marcha más alta y la velocidad era alterada cambiando la frecuencia de pedaleo. Mediante este método, se determinó un alto coeficiente de validez para el CALTRAC cuando se pedaleaba a cuatro velocidades diferentes.

Sin embargo, estos hallazgos pueden ser falsos. El ciclismo a altas velocidades requiere de una mayor producción de potencia, y esto a su vez requiere mayores tasas de gasto energético. La mayor potencia puede ser lograda pedaleando a una frecuencia más alta en contra de la misma resistencia, pedaleando a la misma frecuencia en contra de una resistencia mayor o por alguna combinación de estos factores. En el ciclismo de ruta el incremento de la velocidad cuando se incrementa la resistencia se logra manteniendo constante la frecuencia de pedaleo y utilizando la combinación de marchas más alta. Debido al mecanismo a través del cual el CALTRAC monitorea la actividad, parecería dudoso que este dispositivo sea capaz de detectar el incremento en el trabajo metabólico durante el ciclismo a mayores velocidades a menos que estas mayores velocidades involucren mayores frecuencias de pedaleo. El CALTRAC simplemente no será capaz de detectar las mayores fuerzas requeridas cuando se pedalea en la combinación de marchas más altas.

La simulación en el laboratorio, de las condiciones en las cuales se incrementa la velocidad de pedaleo, utilizando los cicloergómetros tradicionales con cupla electrónica es difícil. Estos ergómetros permiten que la resistencia sea incrementada a través de la tensión que se le da a una cinta que se encuentra posicionada alrededor de la circunferencia de una rueda pesada. Por lo tanto, si la frecuencia de pedaleo se mantiene constante, uno puede simular el incremento en la velocidad simplemente tensionando la resistencia y de esta manera incrementar el trabajo realizado. Alternativamente, es posible simular el incremento en la velocidad manteniendo constante la resistencia de la rueda, pero pedaleando más rápido. Esto es similar a lo que se llevó a cabo en el estudio previamente mencionado en el cual las bicicletas utilizadas eran mantenidas en su marcha más alta.

De hecho, ningún método es particularmente satisfactorio. Los ciclistas pueden elegir entre incrementar la frecuencia de pedaleo, cambiar a una marcha más alta o alguna combinación de las dos para alcanzar una velocidad mayor. Por lo tanto, el ergómetro mecánicamente frenado prueba ser una forma de ejercicio inadecuada para estudiar la validez del CALTRAC. Por otro lado, los cicloergómetros con cupla electrónica tienen la capacidad de ajustar la resistencia del pedal de acuerdo con la frecuencia de pedaleo para de esta manera mantener constante la producción de potencia. Por lo tanto, si uno de estos dispositivos pudiera configurarse para obtener diferentes producciones de potencia, y por lo tanto simular diferentes velocidades, entonces a los participantes podría permitírseles elegir cualquier método que quisieran para alcanzar la potencia como normalmente lo harían durante el ciclismo de ruta. La calorimetría indirecta verificaría los incrementos en el gasto calórico con cada potencia, y el CALTRAC podría ser utilizado para estimar el gasto de energía. Si el CALTRAC es verdaderamente sensible a los cambios en el gasto calórico a diferentes velocidades de pedaleo, sus lecturas deberían reflejar los valores obtenidos mediante la calorimetría indirecta. Por lo tanto, el objetivo del presente estudio fue determinar la validez del acelerómetro CALTRAC para el monitoreo del gasto calórico durante el ciclismo a 75, 100 y 125 watts (W) usando un ciclo ergómetro con cupla electrónica.

MÉTODOS

Sujetos

Después de leer una descripción del estudio, completar una breve historia clínica y completar un formulario de consentimiento informado, diez mujeres y diecinueve hombres participaron voluntariamente en el estudio. En este estudio se utilizaron tanto hombres como mujeres en un esfuerzo por valorar la precisión del CALTRAC sin tener en cuenta el sexo; ya que hasta el momento no se han realizado esfuerzos para valorar las diferencias entre los sexos como un efecto principal inter-sujetos. Los participantes eran saludables y podrían ser descritos como ciclistas recreacionales, ya que todos estaban familiarizados con el modo de ejercicio, pero no lo usaban como método de entrenamiento. La Tabla 2 provee información adicional pertinente acerca de los sujetos con respecto a su edad, peso, índice de masa corporal y capacidad aeróbica estimada.

Selección del Dispositivo CALTRAC

Antes de la evaluación de los sujetos, se evaluaron tres acelerómetros CALTRAC (Muscle Dynamics, Torrance, CA) en el modo de ciclismo para calibrarlos montándolos en forma simultánea en un oscilador mecánico de amplitud variable y frecuencia variable (General Radio Co., Cambridge, MA) ajustado a 30°/barrido a 80 Hz. Las lecturas fueron tomadas cada dos minutos por un total de 10 minutos. Este test indicó que uno de los dispositivos CALTRAC no era adecuado para ser utilizado, ya que difería con los otros dos en 7.5 Kcal respecto del conteo de calorías a través del período de 10 minutos. De los dos que restaban, uno de ellos fue seleccionado al azar para ser usado en el estudio. Este acelerómetro fue expuesto a evaluaciones de confiabilidad nuevamente a 30°/barrido a 80 Hz, y subsiguientemente se calculó el coeficiente de correlación intraclase (13) y se halló que era de 0.85.

Protocolo de Evaluación

El protocolo de evaluación consistió de una breve entrada en calor pedaleando con una carga de 25 Watts seguido de tres etapas de ejercicio, cada etapa duraba 4 minutos con cargas de 75, 100 y 125 Watts para simular el pedaleo a velocidades comprendidas entre 3.53-6.7 m/s (8-15 mph). Todas las etapas fueron llevadas a cabo en un cicloergómetro electrónicamente frenado (SensorMedics Ergo 2000, Yorba Linda, CA). Los participantes fueron instruidos para pedalear a cualquier frecuencia en la que se sintieran cómodos durante toda la prueba mientras que el aire expirado era analizado continuamente por un sistema de análisis metabólico (SensorMedics VMax 29, Yorba Linda, CA) para determinar el estado estable en el consumo de oxígeno con cada carga de trabajo. El criterio para establecer el estado estable fue un cambio en el consumo de oxígeno en $\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ no mayor a ($\pm 10\%$), un cambio en el índice de intercambio respiratorio no mayor al ($\pm 5\%$), y un cambio en la frecuencia cardíaca no mayor a (± 5 latidos/min) durante dos minutos consecutivos (14).

Durante las evaluaciones, se monitoreó la frecuencia cardíaca utilizando un monitor de frecuencia cardíaca que fue colocado en el pecho de los participantes (Polar, Woodbury, NY), y el CALTRAC fue colocado en la cadera. El dispositivo fue fijado a un cinturón ajustado a la cintura, y fue posicionado a la altura de la cresta ilíaca en la prolongación imaginaria de la línea media axilar. El CALTRAC fue configurado para monitorear las calorías consumidas durante el ejercicio en modo de ciclismo de acuerdo a las instrucciones del fabricante, y fue puesto en cero luego de los 2 primeros minutos de cada etapa. Por lo tanto, la lectura de calorías usada fue obtenida durante los dos últimos minutos de cada etapa, y esto fue subsiguientemente convertido a kcal/min. Esta estimación del gasto calórico realizada por el CALTRAC (CTCAL) fue comparada con las mediciones del gasto calórico determinado metabólicamente (METCAL). el cual fue obtenido utilizando calorimetría indirecta que implica la utilización de los valores del consumo de oxígeno en estado estable (ml/min) y el índice de intercambio respiratorio durante el mismo periodo de tiempo. Además, el sistema SensorMedics proporcionó mediciones de las frecuencias de pedaleo (rev/min) durante las pruebas. Finalmente, solo con propósitos descriptivos, se estimó el consumo máximo de oxígeno (VO_2 máx.) a partir de la ecuación de regresión derivada mediante los valores de la frecuencia cardíaca y el consumo de oxígeno en estado estable obtenidos durante la prueba usando la convención 220-edad (años) para estimar la frecuencia cardíaca máxima teórica. Si bien este procedimiento obviamente carece de la precisión que tienen los tests máximos, no parece ser crucial para el investigador someter a los participantes a un test máximo. El punto central del estudio era valorar la precisión del CALTRAC el cual debería, en teoría, ser independiente del nivel de aptitud física.

Análisis Estadísticos

Para comparar las diferentes tasas del gasto energético (kcal/min) se utilizó el análisis de varianza ANOVA en un diseño que consistió de dos efectos principales intra-sujetos: el método de medición (MÉTODO) y la tasa de trabajo (CARGA). Se establecieron dos niveles para el MÉTODO (CTCAL y METCAL) y tres niveles para la CARGA (75, 100 y 125 watts). Cada nivel de CARGA fue asociado con cada nivel de MÉTODO (ver Tabla 1). Cuando se hallaban efectos principales

significativos se utilizaba el test de Tukey para hallar diferencias significativas para determinar en donde se encontraban las diferencias. Además, se utilizó la técnica de Bland-Altman (15) como un segundo método para valorar la validez del CALTRAC. Por último, se utilizó el análisis de varianza ANOVA para valorar las diferencias en la frecuencia de pedaleo (RPM) de los participantes.

	Método	
Intensidad	<i>Caltrac</i>	<i>Calorimetria</i>
75 Watts	n=29	n=29
100 Watts	n=29	n=29
125 Watts	n=29	n=29

Tabla 1. Diseño del análisis para las mediciones repetidas: dos niveles de MÉTODO (CTCALS y METCALS) con tres niveles de CARGA (75, 100 y 125 watts) asociados con cada nivel de MÉTODO.

RESULTADOS

La confiabilidad del CALTRAC usado en este estudio valorado mediante la técnica de correlación intraclase fue de 0.85. La Tabla 1 muestra la información descriptiva de los sujetos que participaron en el estudio. Como puede observarse, estos sujetos poseían valores estimados de VO₂ máx. que estaban levemente por encima del promedio de los sujetos universitarios de la misma edad.

Variable	Media±DE	Rango
Edad (años)	21.6±6.8	18-51
Peso (kg)	74.0±12.7	54.1-101.8
BMI (kg m ⁻²)	23.6±2.4	19.2-27.4
VO ₂ máx. (ml kg ⁻¹ min ⁻¹)*	45.3±10.5	27.1-68.8

Tabla 2. Estadísticas descriptivas de los participantes (n=29). * Valores estimados.

Los valores medios de CTCALS fueron consistentemente menores que los de METCALS como puede observarse en la Figura 1. Se halló una interacción significativa entre la CARGA y MÉTODO (F=226.1, p<0.001) así como también diferencias significativas en los efectos principales tanto para el MÉTODO (F=1315.4, p<0.001) como para la CARGA (F=384.9, p<0.001). El efecto principal del MÉTODO mostró que las CTCALS eran significativamente menores que las METCALS para todas las cargas de trabajo, combinadas, y el efecto principal del CARGA mostró incrementos significativos del gasto calórico con cada tasa de trabajo. La interacción significativa entre MÉTODO y CARGA puede observarse en la divergencia de las líneas graficadas en la Figura 1, lo que sugiere que la severidad de la subestimación del CALTRAC respecto del gasto calórico se incrementa con el incremento en la tasa de trabajo.

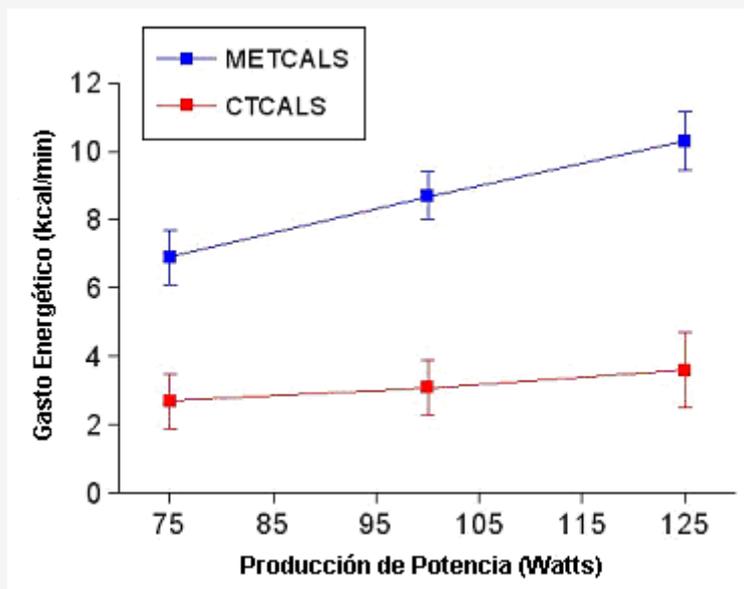


Figura 1. Costo energético del ciclismo determinado por el CALTRAC y el METCAL a tres tasas diferentes de trabajo. Se hallaron efectos principales significativos entre MÉTODO y CARGA, así como también interacciones significativas MÉTODO x CARGA ($p < .001$).

La Figura 2 muestra los análisis realizados con la técnica de Bland-Altman. La línea de identidad esta representada por la posición del cero en el eje y, y puede observarse que los valores de METCAL están consistentemente por encima de esta línea. A partir de estos datos se calculó que el límite de confianza del 95% para el sesgo estimado del CLATRAC era de 5.9 ± 2.3 kcal/min por debajo de los valores en kcal/min determinados metabólicamente. Además, la dispersión de los datos parece ser mayor a mayores valores, lo cual respalda la interacción observada anteriormente descrita.

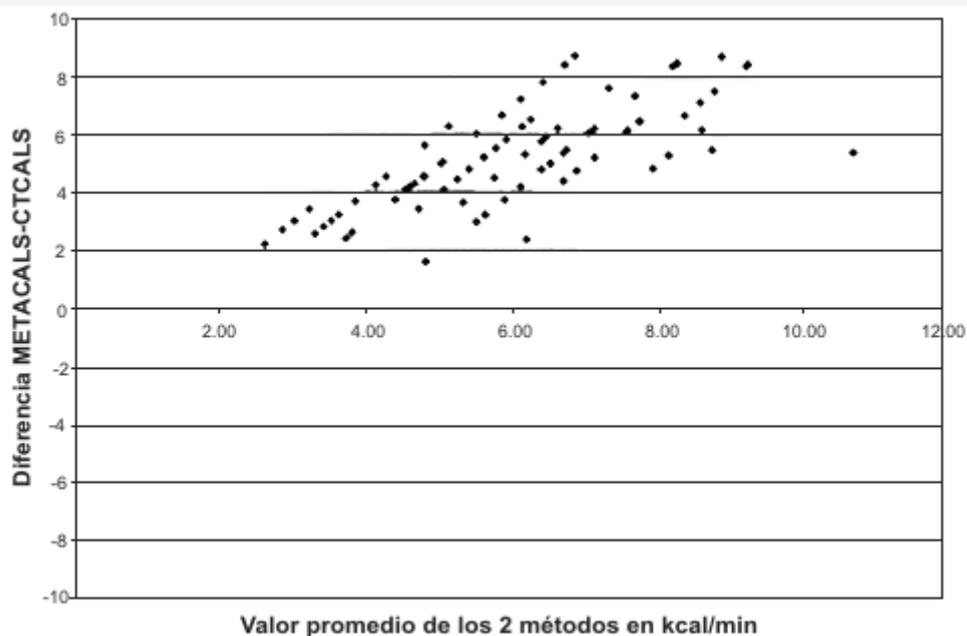


Figura 2. Análisis de Bland-Altman realizado con los datos del gasto calórico. Las diferencias positivas consistentes entre METCAL y CTCAL muestran la subestimación del CALTRAC.

La Figura 3 muestra la frecuencia de pedaleo elegida por los sujetos durante las pruebas en estado estable. No se observaron diferencias significativas en esta variable en las diferentes tasas de trabajo ($F=0.54$, $p < 0.588$, parcial

R²=0.019, potencia=0.137).

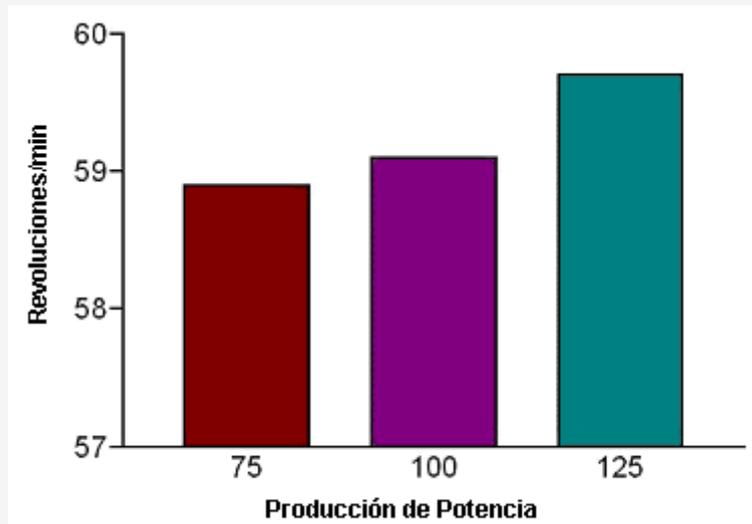


Figura 3. Frecuencia de pedaleo voluntaria con cada carga de trabajo. No se hallaron diferencias significativas.

DISCUSION

Tres consideraciones principales se desprenden de la información generada por el presente estudio. Primero, es aparente que el CALTRAC fue en efecto capaz de monitorear cambios en las cargas de trabajo con incrementos de 25 Watts dentro del rango estudiado. Esto puede observarse fácilmente en la Figura 1 en la cual puede verse una pendiente positiva para la recta que describe las CTCLAS en función de la carga de trabajo. Segundo, hay una gran porción de disparidad entre el gasto calórico determinado por el CALTRAC y el determinado por métodos de calorimetría indirecta (CTCALS vs. METCALS). Tercero, es aparente a partir de la observación casual de la Figura 1 que las pendientes de las rectas que describen las CTCALS y las METCALS con respecto al tiempo no son iguales. La información sugiere que el grado de discrepancia entre los dos métodos de estimación de calorías se vuelve mayor a mayores velocidades de pedaleo simuladas.

Con respecto a la primera observación, fue casi sorprendente observar que el CALTRAC era capaz de detectar cambios progresivos en la carga de trabajo. Debido a que el CALTRAC monitorea los cambios en la aceleración vertical de la cadera cuando se lo coloca en esa área, esta información sugiere que esta variable tiene que haberse incrementado en cierto grado con cada carga sucesiva. Como se mencionara previamente, esto puede ocurrir cuando se pedalea a una mayor frecuencia mientras se mantiene constante la amplitud del desplazamiento de la cadera, o mientras se pedalea a una frecuencia constante mientras se incrementa la amplitud de desplazamiento de la cadera, o alguna combinación de estas dos variables. En el estudio original de Hunter et al. (12), la potencia se fue incrementando principalmente a través del incremento de la frecuencia de pedaleo mientras se mantenía una única combinación de marchas. En el presente estudio, los participantes eran libres de elegir como se ajustaban para incrementar la tasa de trabajo. Esto es análogo a permitir a un ciclista que elija cambiar a una marcha más alta para incrementar la velocidad, lo cual es una práctica común tanto para ciclistas recreacionales como entrenados. Los participantes en el presente estudio claramente prefirieron mantener constante la frecuencia de pedaleo mientras toleraban mayores esfuerzos con cada pedaleada a mayores cargas de trabajo. La Figura 2 presenta los datos pertinentes a la frecuencia de pedaleo como una función de la carga de trabajo, y a partir de esta ilustración se puede observar que la frecuencia de pedaleo fue mantenida constante por los sujetos a ~59 revoluciones por minuto (58.9, 59.1, y 59.7 RPM a cada carga sucesiva). A pesar del hecho de que estas pequeñas diferencias fallaron en alcanzar significancia estadística, el CALTRAC parece responder a cada carga de trabajo sucesiva (ver Figura 1). Por lo tanto, es probable que algún factor diferente a la frecuencia de pedaleo estuvieran influenciando al CALTRAC, y un posible candidato es el grado de desplazamiento vertical del dispositivo con cada carga de trabajo.

En respaldo de esta hipótesis se podría realizar algún comentario acerca de la naturaleza de los participantes. Los sujetos eran ciclistas recreacionales y no ciclistas entrenados. Informalmente pudo observarse que a mayores cargas de trabajo,

varios de los participantes parecieron alterar la mecánica de pedaleo realizando un mayor movimiento lateral de la cadera durante el mismo. Tal cambio pudo haber incrementado la amplitud del desplazamiento vertical del CALTRAC colocado en la cadera. Por lo tanto, a pesar de no haber ninguna diferencia estadística en la frecuencia de pedaleo, la unidad de CALTRAC puede haber detectado una mayor aceleración con las cargas sucesivas. Estos cambios en la mecánica podrían no haber sucedido si los ciclistas hubieran sido entrenados. Esta idea es respaldada por los datos obtenidos en un estudio piloto con un ciclista bien entrenado en donde se requirió que realizara el mismo tests a una frecuencia constante de 60 rev/min. En este caso, las CTCALS se mantuvieron constantes con cada carga sugiriendo un estilo de pedaleo mecánicamente más consistente.

Quizás de mayor importancia fue la observación de diferencias significativas entre las estimaciones del gasto calórico hechas por el CALTRAC y el gasto calórico medido en estado estable. El CALTRAC subestimó significativamente el gasto calórico real del ejercicio en 4.2, 5.6 y 6.7 kcal/min a 75, 100 y 125 Watts respectivamente (ver Figura 1). Asimismo, el hallazgo de una interacción significativa MÉTODO x CARGA, como se muestra en la Figura 1, muestra un elevado nivel de discrepancia con la utilización de mayores cargas de trabajo. Esto sugiere que los algoritmos usados para calcular el gasto calórico a partir de los datos de la aceleración vertical no son aplicables a los participantes estudiados en la presente investigación. Los fabricantes recomiendan programar el CALTRAC en un modo más sensible para ser usado en el monitoreo de este tipo de ejercicios y a pesar de haber hecho estos ajustes, el gasto calórico real fue subestimado.

Otros estudios que han examinado la validez del CALTRAC han mostrado resultados variables. Varios estudios han reportado que el CALTRAC provee valores sobrestimados del gasto calórico determinado metabólicamente durante la realización de caminatas o carreras (10, 16, 17). En contraste, ha habido estudios que han mostrado que el CALTRAC subestima el gasto calórico real en actividades a elección durante un periodo de 24 horas (2) y otros que reportan un grado satisfactorio de validez (8, 18). Además, el grado de precisión parece variar dependiendo si uno mide el gasto calórico neto o bruto (11, 19). En el presente estudio, se asumió que el usuario típico estaría más interesado en saber su gasto calórico bruto durante el ejercicio ya que la mayoría de las tablas de actividad física están basadas en esta medida. Por lo tanto, en el presente estudio, durante las evaluaciones el CALTRAC fue utilizado en el modo CALS USED, un modo que superpone el efecto del ejercicio con las estimaciones del metabolismo de reposo. Haymes y Byrnes han sugerido que la estimación del gasto calórico bruto puede incrementar la precisión del CALTRAC por el alto grado de relación entre las CTCALS y la tasa metabólica basal (11). A pesar de estas observaciones realizadas por otros investigadores, el presente estudio muestra claramente que persiste un alto grado de error cuando se usa el CALTRAC para estimar el gasto calórico del ciclismo en las cargas de trabajo seleccionadas.

Por último, a pesar de la aparente debilidad del CALTRAC para monitorear en forma precisa el gasto energético del ciclismo, debe señalarse que este dispositivo ha probado ser un instrumento objetivo a la hora de valorar la actividad general en una variedad de poblaciones (2, 20, 21). Su falta de validez para actividades muy específicas como el ciclismo no sugiere que no debería ser usado para monitorear actividades físicas más generales y variadas. En conclusión, los resultados de esta investigación sugieren que aunque el acelerómetro CALTRAC parece responder a los cambios en el pedaleo simulado durante el ciclismo con la utilización de múltiples marchas, subestima consistentemente el gasto calórico de esta forma de ejercicio. Asimismo, el grado de subestimación es exacerbado a medida que la tasa de trabajo aumenta.

Dirección para el Envío de Correspondencia

P.W, Iltis, Ph.D., Human Performance Laboratories, Department of Movement Science, Gordon College, 255 Grapevine Road, Wenham, MA 01984 ; Número Telefónico: (978) 524-3730 ; Número de Fax: (978) 524-3734, correo electrónico: Iltis@faith.gordonc.edu

REFERENCIAS

1. Alessi CA, Schnelle JF, MacRae PG, Ouslander JG, al-Samarrai N, Simmons SF et al (1995). Does physical activity improve sleep in impaired nursing home residents?. *J Am Geriatr Soc*; 43:1098-1102
2. Bray MS, Wong WW, Morrow JR, Jr., Butte NF, Pivarnik JM (1994). Caltrac versus calorimeter determination of 24-h energy expenditure in female children and adolescents. *Med Sci Sports Exerc*; 26:1524-1530
3. Klesges RC, Klesges LM, Swenson AM, Pheley AM (1985). A validation of two motion sensors in the prediction of child and adult physical activity levels. *Am J Epidemiol*; 122:400-410
4. Downs LG, Crispin SM, LeGrande-Defretin V, Perez-Camargo G, McCappin T, Bolton CH (1997). The influence of lifestyle and diet on the lipoprotein profile of border collies [In Process Citation]. *Res Vet Sci*; 63:35-4
5. Henderson CJ, Lovell DJ, Specker BL, Campaigne BN (1995). Physical activity in children with juvenile rheumatoid arthritis: quantification and evaluation. *Arthritis Care Res*; 8:114-119

6. Romanella NE, Wakat DK, Loyd BH, Kelly LE (1991). Physical activity and attitudes in lean and obese children and their mothers. *Int J Obes; 15:407-414*
7. Gardner AW, Sieminski DJ, Killewich LA (1997). The effect of cigarette smoking on free-living daily physical activity in older claudication patients [In Process Citation]. *Angiology; 48:947-955*
8. Montoye HJ, Washburn R, Servais S, Ertl A, Webster JG, Nagle FJ (1983). Estimation of energy expenditure by a portable accelerometer. *Med Sci Sports Exerc; 15:403-407*
9. Richardson MT, Leon AS, Jacobs DR, Jr., Ainsworth BE, Serfass R (1994). Comprehensive evaluation of the Minnesota Leisure Time Physical Activity Questionnaire. *J Clin Epidemiol; 47:271-281*
10. Pambianco G, Wing RR, Robertson R (1990). Accuracy and reliability of the Caltrac accelerometer for estimating energy expenditure. *Med Sci Sports Exerc; 22:858-862*
11. Haymes EM, Byrnes WC (1993). Walking and running energy expenditure estimated by Caltrac and indirect calorimetry. *Med Sci Sports Exerc; 25:1365-136*
12. Hunter GR, Montoye HJ, Webster JG, Demment R, Ji LL (1989). The validity of a portable accelerometer for estimating energy expenditure in bicycle riding. *J Sport Med Phys Fitness; 29:218-222*
13. Baumgartner TA, Jackson AS (1975). Reliability, validity, and objectivity measurement for evaluation in physical education. *Dallas: Houghton Mifflin; 78-83*
14. Sensormedics (1998). Reference Manual for VMax 29. *Yorba Linda, CA: Sensormedics; 22-29*
15. Bland JM, Altman DG (1986). Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet; 8:307-310*
16. Balogun JA, Martin DA, Clendenin MA (1989). Calorimetric validation of the Caltrac accelerometer during level walking. *Phys Ther; 69:501-509*
17. Swan PD, Byrnes WC, Haymes EM (1997). Energy expenditure estimates of the Caltrac accelerometer for running, race walking, and stepping. *Br J Sports Med; 31:235-239*
18. Melanson EL, Jr., Freedson PS (1995). Validity of the Computer Science and Applications, Inc. (CSA) activity monitor. *Med Sci Sports Exerc; 27:934-940*
19. Nichols JF, Patterson P, Early T (1992). A validation of a physical activity monitor for young and older adults. *Can J Sport Sci; 17:299-303*
20. Ballor DL, Burke LM, Knudson DV, Olson JR, Montoye HJ (1989). Comparison of three methods of estimating energy expenditure: caltrac, heart rate, and video analysis. *Res Q Exerc Sport; 60:362-368*
21. Sallis JF, Buono MJ, Roby JJ, Carlson D, Nelson JA (1990). The Caltrac accelerometer as a physical activity monitor for school-age children. *Med Sci Sports Exerc; 22:698-703*

Cita Original

P.W. Iltis, and M.W. Givens. Validation of the CALTRAC Accelerometer during Simulated Multi-Geared Cycling at Different Work Rates. JEPonline, Volume 3 Number 2, 2000.