

Monograph

# Comparación de Dos Monitores de la Actividad Física durante la Realización de un Test de Caminata de una Milla en Condiciones de Campo

Patricia A Hageman<sup>1</sup>, Joseph F Norman<sup>1</sup>, Kurt L Pfefferkorn<sup>1</sup>, Nicholas J Reiss<sup>1</sup> y Kimberl Riesberg<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Division of Physical Therapy Education, University of Nebraska Medical Center, Omaha, Ne, Estados Unidos.*

## RESUMEN

En este estudio se evaluó la relación de dos acelerómetros diferentes con el consumo de oxígeno ( $VO_2$ ) durante la realización del Test de Aptitud Física de Rockport basado en Caminata en condiciones de campo. En el estudio participaron cuarenta y tres sujetos saludables (28 mujeres y 15 varones) de edades comprendidas entre 40-59 años (media=52±7,7 años). El gasto de energía fue determinado simultáneamente utilizando los acelerómetro *Caltrac* y *BioTrainer*; el consumo de oxígeno fue determinado mediante el sistema AeroSport KB-1. Para establecer la relación entre las medidas se calcularon las correlaciones  $r$  de Pearson. La exactitud de los acelerómetros en comparación con el  $VO_2$  se determinó a través de ANOVA de una vía para mediciones repetidas, de los gráficos de Bland-Altman y del cálculo del error de estimación estándar (SEE). Se obtuvieron correlaciones significativas ( $p < 0,004$ ) entre las determinaciones de gasto de energía obtenidas por 1)  $VO_2$  y el *Caltrac* ( $r=0,67$ ), 2)  $VO_2$  y el *BioTrainer* ( $r=0,43$ ) y 3) los acelerómetros *Caltrac* y *BioTrainer* ( $r=0,70$ ). Sin embargo, ambos acelerómetros sobrestimaron el gasto calórico en aproximadamente un 50%, registrando un gran SEE; 14,0 kcal y 16,9 Kcal para los acelerómetros *Caltrac* y *BioTrainer*, respectivamente. Aunque nuestros resultados muestran correlaciones bajas a moderadas ( $r=0,43-0,67$ ) entre los acelerómetros y el  $VO_2$  durante la caminata en terreno llano en condiciones de campo, la exactitud de los acelerómetros en la estimación del gasto de energía fue deficiente. Los acelerómetros podrían ser considerados medios baratos y confiables para realizar un seguimiento de los avances del cliente, sin embargo hasta que se desarrollen mejores ecuaciones de regresión específicas de la actividad, los profesionales deben ser conscientes de que los acelerómetros podrían no ser exactos en la estimación del gasto de energía.

**Palabras Clave:** consumo de oxígeno, *BioTrainer*, *Caltrac*, acelerometrías, pruebas a campo

## INTRODUCCION

Debido al aumento en la incidencia de obesidad y del estilo de vida sedentario entre la población de los Estados Unidos, la necesidad de poder determinar de un modo exacto y barato el gasto de energía se ha vuelto una prioridad principal para la investigación con el fin de determinar la efectividad de las intervenciones de actividad física (1). Dado que las pautas de

salud pública actuales recomiendan la caminata y otras formas de actividad física relacionadas al estilo de vida como medios para promover la salud, los acelerómetros parecen atractivos como medios para monitorear la actividad física y el seguimiento del progreso del cliente (2). Los acelerómetros utilizan tecnologías avanzadas de sensado de movimiento para registrar el movimiento. Son de tamaño pequeño, baratos, y no interfieren con los movimientos normales. Algunos de estos dispositivos ofrecen opciones de producción de informes detallados del gasto calórico estimado que se produce a lo largo de extensos períodos de tiempo y que pueden ser fácilmente descargados a una computadora personal.

Los investigadores han intentado validar varias unidades de acelerómetros en condiciones de laboratorio, utilizando las mediciones coincidentes de gasto de energía obtenidas de los acelerómetros para compararlas con el consumo de oxígeno. La mayor parte de los estudios de validación de numerosos modelos de acelerómetros ha investigado la caminata en cintas caminadoras. Los resultados sugieren que la relación entre los acelerómetros y el gasto de energía durante la caminata en cintas caminadoras sin inclinación en varias velocidades es lineal ( $r = 0,78-0,92$ ) (3, 4, 5). Sin embargo, dependiendo del tipo y de la intensidad de la actividad física que se está evaluando, los estudios del laboratorio demuestran que los acelerómetros generalmente sobrestiman el gasto de energía durante la caminata, pero subestiman el gasto de energía durante actividades tales como subir escalones, ciclismo o ergometría de brazos (3, 4, 5). Actualmente, las investigaciones que comparan el gasto de energía obtenido por los acelerómetros con el obtenido por calorimetría indirecta en condiciones de campo son limitadas. De los estudios que realizaron que usaron este tipo de comparación, las correlaciones encontradas en diferentes mediciones de campo del gasto de energía durante la actividad física, obtenido con acelerómetros en comparación con la calorimetría indirecta, fueron bajas. Por ejemplo, Bassett et al. (6) informaron correlaciones de  $r = 0,33-0,62$  entre dos sensores de movimiento y calorimetría indirecta durante actividades de la vida diaria tales como jardinería, quehaceres domésticos, y eventos de acondicionamiento y recreativos. Campbell et al. (7) informaron correlaciones entre el acelerómetro *Tritrac* y el gasto de energía, de  $r=0,57$  para caminatas y  $r=0,67$  para trote, realizados en el campo por mujeres jóvenes, pero correlaciones más bajas para ergometrías de brazos ( $r=0,29$ ). Welk et al. (8) también encontraron una correlación de  $r=0,55$  entre tres acelerómetros y el gasto de energía durante la realización de actividades domésticas adentro de la casa y al aire libre.

En éstos estudios de campo, también se observó que los acelerómetros sobrestimaban el gasto de energía en comparación con las medidas obtenidas por calorimetría indirecta en las caminatas (6, 7, 8). Campbell et al. (7) sugirieron que para mejorar la medición del gasto de energía en el campo, es necesario contar con ecuaciones de regresión lineal específicas para la actividad.

El propósito de este estudio fue evaluar la relación de dos acelerómetros diferentes con el consumo de oxígeno obtenido durante la realización del Test de Aptitud Física de Rockport de Caminata en condiciones de campo. Se seleccionó la caminata como actividad física, porque frecuentemente es la actividad más recetada para promover la aptitud cardiovascular y pulmonar. Además la caminata es la actividad más común realizada por los adultos, por diversas razones, entre las que se encuentran la facilidad para realizarla, la oportunidad, y que no requiere ningún equipamiento costoso (9). La hipótesis que planteamos sostiene que el uso de monitores de actividad física basados en acelerometría, sería un método válido para la estimación del gasto de energía en el campo durante la realización del Test de Aptitud Física de Rockport de Caminata.

## METODOS

---

### Sujetos

La población de interés estaba compuesta por adultos de mediana edad o mayores, porque los individuos en dicha categoría de edad son más propensos a presentar disminuciones en la aptitud física y/o síntomas de enfermedades crónicas. Además, a muchos individuos en esta categoría de edad se les recomienda que realicen ejercicio como parte de un programa aptitud física o de rehabilitación que incluye la caminata. Cuarenta y tres sujetos saludables (28 mujeres, 15 varones) de edades comprendidas entre 40 y 69 años del campus universitario y de la comunidad circundante aceptaron voluntariamente participar en este estudio. Este estudio fue aprobado por la Junta de Revisión Institucional de la Universidad, y cada participante presentó por escrito el consentimiento informado antes de la participación en el estudio. Los participantes eran aptos para participar siempre y cuando respondieran "no" a todas las preguntas planteadas en la encuesta de realización de actividad física (PAR-Q), o si obtenían una autorización médica (10, 11).

### Procedimientos

Las mediciones de talla y peso en cada participante fueron registradas utilizando una balanza médica de brazo *Detecto*<sup>®</sup> con escala de altura (*Cardinal Scale Mfg. Co., Webb City, MO*). Los sujetos vistieron ropa ligera y su peso y talla fueron

medidos sin usar calzado. El porcentaje de grasa corporal de cada sujeto se obtuvo a través del método de impedancia bioeléctrica utilizando un Analizador de Composición Corporal *Biodynamics*® Modelo 310e (*Biodynamics Corp., Seattle, WA*). Para reducir los errores de medición asociados con la determinación de la composición corporal por el método de impedancia bioeléctrica se pidió a los sujetos: a) abstenerse de comer o beber cuatro horas antes de la evaluación, b) evitar la actividad física moderada a vigorosa 12 horas antes de la evaluación, c) evacuar completamente antes de la evaluación, d) abstenerse del consumo de alcohol dentro de las 48 horas previas a la valoración, y e) no ingerir ningún diurético antes de la evaluación a menos que estuviera indicado por su médico. Para todos los procedimientos de evaluación se siguieron las recomendaciones y protocolos de evaluación de los fabricantes.

Los sujetos estaban familiarizados con el protocolo del estudio y se les permitió adaptarse al equipamiento de monitoreo antes de las pruebas. A los sujetos se les colocó con un monitor de frecuencia cardíaca Polar (*Electro Inc Polar, Woodbury, NY*) para supervisar las respuestas de la frecuencia cardíaca en reposo y durante la prueba. El consumo de oxígeno ( $VO_2$ ) fue determinado mediante calorimetría indirecta con un sistema metabólico portátil *AeroSport* modelo KB1-C (*AeroSport Inc., Ann Arbor, MI*). Los acelerómetros *Caltrac* (*Muscle Dynamics, Torrance, CA*) y *BioTrainer* (*IM Systems, Baltimore, MD*) fueron sujetos a un cinturón en la cintura y llevados simultáneamente durante la prueba. El *Caltrac* se posicionó en la línea axilar anterior en el lado derecho del sujeto y el *BioTrainer* fue colocado justo al lado del *Caltrac* (Figura 1) ya que previamente se había demostrado que el *BioTrainer* era menos sensible a la ubicación en el cuerpo (8).



**Figura 1.** Fotografía de un participante realizando la prueba de caminata portando la unidad *Aerosport KB1-C* sujeta a la espalda y con los acelerómetros *Caltrac* y *BioTrainer* ceñidos a un cinturón alrededor de la cintura del sujeto.

El procedimiento de prueba comenzó con un período de descanso de siete minutos en el que los sujetos permanecieron sentados. A continuación se determinaron y registraron las mediciones iniciales (línea de base) de frecuencia cardíaca y  $VO_2$  en cada uno de los sujetos. Luego del período de descanso inicial los sujetos realizaron una caminata de 1 milla (1609 m), alrededor de una pista cubierta llana, según las pautas del Test de Aptitud Física de Rockport de Caminata. Se instruyó a los sujetos para caminar tan rápido como pudieran, pero cómodamente, a lo largo de 1 milla de distancia. Antes del comienzo del test, el cronómetro y los dos acelerómetros fueron llevados a cero y se registraron los datos del *AeroSport KB1-C*. Al final de la caminata, se tomaron el tiempo de la caminata y el pulso en 15, de acuerdo a lo establecido en el protocolo del Test de Aptitud Física de Rockport de Caminata. También se registraron las mediciones de los acelerómetros y del *AeroSport KB1-C*.

### **Calorimetría Indirecta**

El consumo de oxígeno (L/min) fue determinado mediante calorimetría indirecta con un sistema metabólico portátil *AeroSport* modelo KB1-C. El *AeroSport KB1-C* fue validado en un estudio previo para realizar mediciones de  $VO_2$  durante ejercicio moderado (12). Este dispositivo también contiene un receptor de frecuencia cardíaca que graba simultáneamente

la frecuencia cardíaca del transmisor del monitor de frecuencia cardíaca Polar utilizado por los sujetos. Los sujetos fueron equipados con una máscara facial y nasal (*Hans-Rudolph Inc., Kansas City, MO*) que fue conectada al *AeroSport KB1-C*. Durante todo el test se utilizó un neumatocóncil fijado en flujo medio. Antes de realizar el test se calibró el gas y el flujo del *AeroSport KB1-C* para cada sujeto siguiendo las recomendaciones del fabricante. La unidad *AeroSport KB1-C* fue asegurada a la espalda de los sujetos con un arnés para que no interfiriera con la caminata.

### Monitores de la Actividad Física

El *Caltrac* es un acelerómetro uniaxial (sensa un eje) que utiliza una cantilever piezocerámico para producir un voltaje en respuesta a las aceleraciones y desaceleraciones verticales. Este voltaje es luego "comparado en una escala" para estimar el gasto de energía de la actividad (13). La determinación de la aceleración se convierte en señales eléctricas que se observan a modo de lectura digital que representa una medición del gasto de energía. Antes de ser utilizado, se ingresaron en el acelerómetro *Caltrac*, el peso, altura, edad y sexo del sujeto según lo establecido en el manual del producto. El *Caltrac* utiliza estos datos para calcular las kilocalorías consumidas durante la actividad.

El *Caltrac* fue seleccionado para el estudio porque es un acelerómetro relativamente barato que ha sido estudiado previamente. Estudios de laboratorio demuestran que el *Caltrac* ofrece una confiabilidad inter-instrumento e inter-sesión excelente (5, 14). En estudios previos de caminata en cinta caminadora realizados en adultos se encontraron correlaciones significativas ( $r=0,91$ ) entre las mediciones obtenidas por el *Caltrac* y el consumo de oxígeno (4, 15). Los investigadores han informado que el *Caltrac* sería sensible a los cambios en la velocidad durante la caminata en cinta, pero no a cambios en la pendiente (4). Gretebeck et al. (16) compararon el gasto de energía obtenido simultáneamente con el *Caltrac* y con el *gold standard*, el método de "agua doblemente marcada", en sujetos adultos de sexo masculino durante un período de 7 días y no encontraron diferencias significativas entre los dos.

El acelerómetro *BioTrainer* contiene un sensor piezoeléctrico que está situado en un ángulo del 45° con respecto a la línea vertical, lo que permite que la unidad detecte una parte, tanto de la aceleración vertical como de la horizontal del cuerpo, durante la actividad física. El método de muestreo de gran velocidad permite lecturas inmediatas en tiempo real. Los datos obtenidos por el *BioTrainer* son informados como "cuentas" de actividad. Las cuentas de actividad son convertidas en kilocalorías (kcal) gastadas utilizando la ecuación proporcionada por el fabricante: dividir el peso corporal del sujeto (en las libras) por 150 y multiplicar por el número de cuentas ( $Kcal = [peso/150] \times \text{cuentas}$ ). El *BioTrainer* fue seleccionado para este estudio porque ofrece opciones de almacenamiento de datos por períodos prolongados de tiempo y permite la descarga de datos a una computadora personal.

Es limitada la información bibliográfica sobre el dispositivo *BioTrainer*. Cuando se compararon las mediciones de gasto de energía entre el *BioTrainer* y el  $VO_2$  en condiciones de laboratorio y de campo, se observó una correlación más alta en la actividad realizada en la cinta caminadora ( $r=0,85-0,88$ ) que en la actividad de la vida diaria ( $r=0,59$ ) (8). Bajo condiciones de laboratorio, el *BioTrainer* mostró una tendencia a sobrestimar significativamente el gasto de energía mientras que subestimó las actividades de la vida diaria realizadas a campo (8).

Un estudio piloto, realizado por los investigadores, demostró que los dos acelerómetros, *Caltrac* y *BioTrainer* presentaron una alta confiabilidad test-retest ( $ICC > 0,96$ ) cuando fueron evaluados en individuos que realizaron una caminata de 1 milla, siguiendo el protocolo del Test de Aptitud Física de Rockport de Caminata, realizados con 1 semana de diferencia.

### Análisis Estadísticos

Sobre la base de cálculos estadísticos preliminares realizados para utilizar un análisis de correlación que tuviera una potencia de 0,80 y un alfa de 0,05, se determinó que la cantidad mínima de sujetos necesarios para este estudio era de 39.

Para recopilar los datos demográficos se usaron estadísticos descriptivos. Se calcularon coeficientes de correlación momento producto de Pearson para determinar las relaciones entre el gasto de energía medido por el *AeroSport KB1-C* ( $VO_2$ ) y los dos acelerómetros. La fuerza de la correlación de Pearson fue determinada calculando el coeficiente de determinación ( $r^2$ ). La precisión de los acelerómetros con las mediciones del  $VO_2$  fue establecida mediante ANOVA de una vía para mediciones repetidas. Por otra parte, se utilizaron los diagramas de Bland-Altman (17) para evaluar la coincidencia entre la estimación del gasto de energía de los acelerómetros y del  $VO_2$  y se calculó el error de estimación estándar (SEE) para evaluar la exactitud predictiva de los acelerómetros con las estimaciones de gasto calórico del  $VO_2$ . Para todas los tests el nivel de significancia fue fijado en  $p < 0,05$ .

## RESULTADOS

En la Tabla 1 se resumen los datos demográficos de los sujetos.

Características	Media $\pm$ SD
Edad (años)	52,0 $\pm$ 7,7
Peso (kg)	75,4 $\pm$ 14,6
Talla (cm)	167,6 $\pm$ 9,1
% de Grasa Corporal	27,2 $\pm$ 6,8

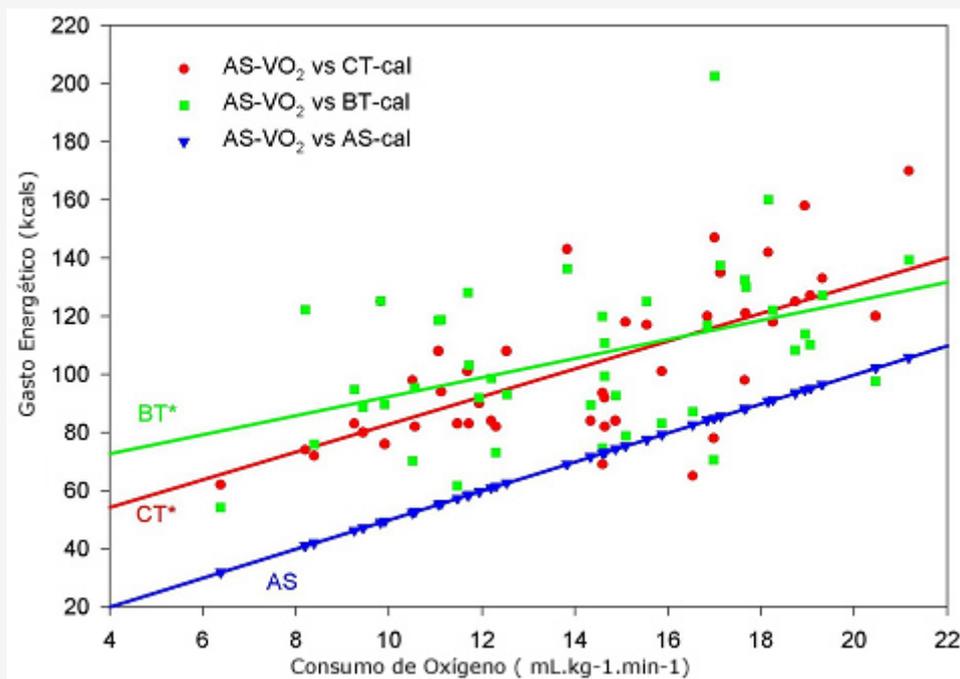
**Tabla 1.** Características de los sujetos (N=43).

La Tabla 2 muestra los resultados de la correlación. Según los valores del coeficiente r de Pearson (18), se encontraron correlaciones leves a moderadas entre las mediciones obtenidas por: 1) VO<sub>2</sub> y *Caltrac*, 2) VO<sub>2</sub> y *BioTrainer*, y 3) entre *Caltrac* y *BioTrainer*. La fuerza de la correlación entre el VO<sub>2</sub> y el *BioTrainer* fue notablemente menor que con el *Caltrac*.

Dispositivos	Coefficiente de Correlación de Pearson (r)	Valor p	Coefficiente de Determinación (r <sup>2</sup> )
AeroSport vs. Caltrac	0,67	<0,001	0,45
AeroSport vs. BioTrainer	0,43	<0,004	0,18
Caltrac vs. BioTrainer	0,70	<0,001	0,49

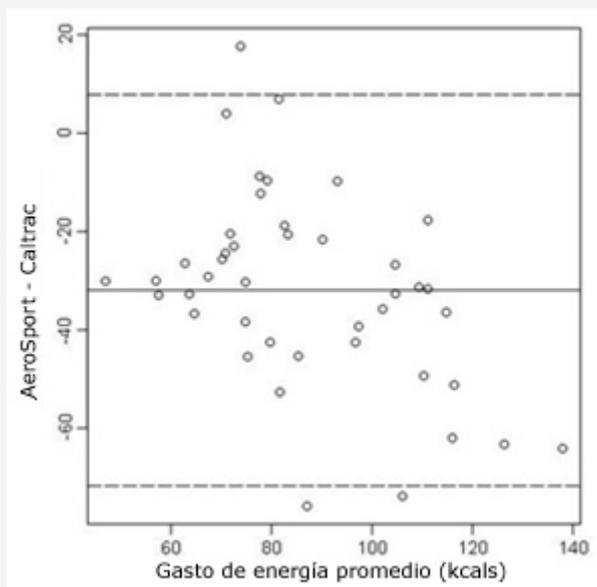
**Tabla 2.** Coeficientes de correlación de las estimaciones del gasto de energía entre los diferentes dispositivos.

El ANOVA de una vía para mediciones repetidas demostró diferencias significativas en las kcal consumidas estimadas entre el *Caltrac* y el VO<sub>2</sub> y entre el *BioTrainer* y el VO<sub>2</sub>. No se observaron diferencias significativas en las estimaciones calóricas entre los dispositivos *Caltrac* y *BioTrainer*. Ambos acelerómetros sobrestimaron el gasto calórico casi en un 50% en comparación con las estimaciones calóricas del VO<sub>2</sub>. Para establecer comparaciones del gasto de energía en kcal con los acelerómetros (Figura 2), el VO<sub>2</sub> obtenido durante a caminata se convirtió a kcal multiplicando el consumo de oxígeno (L/min) por 5,0 kcal/L de O<sub>2</sub> (19).

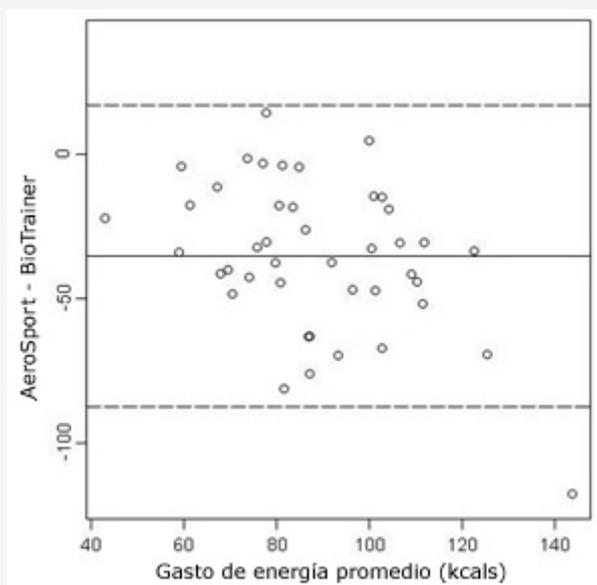


**Figura 2.** Diagrama de dispersión donde se observan las rectas resultantes del mejor ajuste para los acelerómetros Caltrac (CT) y BioTrainer (BT) comparadas con el consumo de oxígeno durante la realización del Test de Aptitud Física de Rockport de Caminata. Los valores del AeroSport (AS) y la línea de mejor ajuste que surgió de los mismos (trazada en azul) se dibujaron como referencia para realizar la comparación. (\* presentó diferencias significativas con AS,  $p < 0,001$ ).

En las Figuras 3 y 4 se observan los diagramas de Bland-Altman para cada acelerómetro. La diferencia promedio entre las mediciones obtenidas por el AeroSport y el Caltrac (Figura 3) fue de -31,9 kcal (línea continua en el gráfico), con una desviación estándar de 19,9 kcal. En caso de que existiera buena concordancia, la diferencia promedio debería estar cerca de cero, y en este caso el 93% de diferencias están por debajo de cero. Un intervalo de confianza de 95% para la diferencia promedio es -37,8 a -26,0 kcal y este intervalo no incluye al cero. Los límites de concordancia de Bland-Altman (línea discontinua) son -71,7 a 7,9 kcal. De esta manera es razonable esperar que las mediciones del AeroSport sean desde 71,7 kcal menores hasta 7,9 kcal mayores con respecto a la medición del Caltrac (intervalo de confianza de 95% para las observaciones). La diferencia promedio entre las mediciones del AeroSport y del BioTrainer (Figura 4) fue -35,2 kcal (línea continua en el gráfico), con una desviación estándar de 26,1 kcal. Nuevamente, si existiera buena concordancia la diferencia promedio debería estar cerca de cero, pero en este caso, 95% de las diferencias están por debajo de cero. Un intervalo de confianza de 95% para la diferencia promedio corresponde a -43,0 a -27,4 kcal, intervalo que no incluye al cero. Los límites de concordancia de Bland-Altman (en líneas discontinuas) son -87,4 a 16,9 Kcal. Por lo tanto, es razonable esperar que las mediciones del AeroSport sean desde 87,4 kcal menores hasta 6,9 kcal mayores con respecto a la medición del BioTrainer (intervalo de confianza de 95% para las observaciones). Estos diagramas de Bland-Altman reflejan la discrepancia entre las mediciones. Además, los valores de SEE para la exactitud predictiva de las determinaciones de gasto calórico de  $VO_2$  con Caltrac y  $VO_2$  con BioTrainer también fueron considerablemente grandes (14,0 y 16,9 kcal, respectivamente). Así, aun cuando las diferencias promedio no fueran inaceptables, el intervalo de estimaciones razonables para la diferencia entre las mediciones es amplio dada la magnitud de las mediciones.



**Figura 3.** Diagrama de Bland-Altman en el que se representan los valores de los errores (AeroSport-Caltrac) para el acelerómetro Caltrac. La línea continua representa la diferencia promedio, y la línea discontinua representa el intervalo de confianza de 95% de las observaciones.



**Figura 4.** Diagrama de Bland-Altman en el que se representan los valores de los errores (AeroSport-BioTrainer) para el acelerómetro BioTrainer. La línea continua representa la diferencia promedio, y la línea discontinua representa el intervalo de confianza de 95% de las observaciones.

## DISCUSION

Esta investigación buscó estudiar la capacidad y exactitud de los acelerómetros *Caltrac* y *BioTrainer* para medir el gasto de energía, en comparación con la calorimetría indirecta durante la realización del Test de Aptitud Física de Rockport de Caminata realizado en condiciones de campo. Varios acelerómetros han sido validados con tests realizados en condiciones de laboratorio que comprendían actividades tales como caminar o trotar en cinta caminadora, ciclismo, o subir escalones.

En las condiciones de laboratorio la relación entre diferentes acelerómetros y el  $VO_2$  parecería ser lineal durante la caminata sin pendiente, siendo registradas altas correlaciones entre las unidades de acelerometría. Sin embargo, el verdadero valor de los acelerómetros implicaría que tengan la capacidad de estimar con precisión el gasto de energía en condiciones campo.

Nuestros resultados, obtenidos bajo condiciones de campo, apoyan la existencia de una correlación entre las estimaciones de gasto energético de la acelerometría y el  $VO_2$ , sin embargo, las correlaciones que encontramos fueron menores a las encontradas en condiciones de laboratorio. Nuestras correlaciones entre el *Caltrac* y  $VO_2$ , y el *BioTrainer* y  $VO_2$  fueron  $r=0,67$  y  $r=0,43$ , respectivamente y fueron obtenidas en adultos de mediana edad y ancianos durante la realización de la caminata. La correlación entre los dos acelerómetros fue  $r=0,70$ , indicando que respondieron de manera bastante similar a las aceleraciones producidas durante la caminata. Aunque los acelerómetros evaluados presentaron correlaciones positivas moderadas con las estimaciones del gasto de energía del  $VO_2$ , nosotros encontramos que la exactitud de estos dos acelerómetros para determinar el gasto de energía asociado con la realización del test de caminata de 1 milla fue bastante pobre. Ambos acelerómetros sobrestimaron el gasto de energía en casi 50%, aunque esto coincidió con resultados previos encontrados tanto en condiciones de campo como de laboratorio con varios modelos de acelerómetros (4,8,15). Las amplias variaciones que se observan en nuestros datos a través de los gráficos de Bland-Altman y los SEE grandes, pone en duda la exactitud de estos dos acelerómetros, para estimar el gasto de energía en la caminata en condiciones a campo si esto se realiza en base a las ecuaciones de regresión de los fabricantes.

Campbell et al. (7) informaron una correlación de  $r=0,57$  en las estimaciones del gasto de energía obtenidas a través del  $VO_2$  y mediante un acelerómetro triaxial, el *Tritrac*, durante una caminata en pista llana realizada por mujeres jóvenes. La correlación que encontraron estos autores no fue diferente a la de nuestros resultados y aunque no se informó el SEE, se registró una diferencia de 31% en el gasto de energía medio (Kcal/min), con el acelerómetro *Tritrac* sobrestimando el gasto de energía en comparación con las estimaciones del  $VO_2$  (7). Bassett et al. (6) realizaron un estudio donde compararon los equivalentes metabólicos calculados (MET) a partir de las mediciones obtenidas con  $VO_2$  y con el dispositivo *Caltrac* durante un ejercicio de caminata rápida en pista. El dispositivo *Caltrac* sobrestimó el gasto de energía en aproximadamente un 32% en comparación con las estimaciones medias del  $VO_2$  y aún así se informó una correlación entre estas dos medidas de  $r=0,58$  (6). Además del acelerómetro *Caltrac*, Bassett et al. compararon otro acelerómetro uniaxial, el CSA modelo 7164, con el mismo procedimiento de evaluación anterior. Para establecer la comparación evaluaron la ecuación de regresión proporcionada por el fabricante y una ecuación de regresión desarrollada por Hendelman et al. (20) para el acelerómetro CSA. Los gastos de energía calculados a partir de ambas ecuaciones de regresión se correlacionaron con las estimaciones de MET calculadas con  $VO_2$  con un  $r=0,62$  para cada dispositivo (6). Sin embargo, usando la ecuación del fabricante el acelerómetro CSA sobrestimó el nivel de MET en un 26% aproximadamente, mientras que usando la ecuación Hendelman et al. no se encontró diferencia media en el gasto de energía calculado entre las estimaciones del acelerómetro CSA y las del  $VO_2$ . Hendelman et al. (20) desarrollaron en su estudio una ecuación de regresión específica de la caminata para el acelerómetro *Tritrac* además de la desarrollada para el acelerómetro CSA. El SEE calculado informado para el CSA fue 0,87 y para el *Tritrac* 0,62. Así parecería que las ecuaciones de regresión específicas de la actividad podrían mejorar significativamente la exactitud de diferentes acelerómetros para estimar el gasto de energía.

Welk et al. (21) publicaron recientemente una ecuación de regresión que ellos desarrollaron para estimar el gasto de energía del acelerómetro *BioTrainer*. Esta ecuación incorporó las cuentas de la unidad *BioTrainer* sin convertir y el peso corporal de los sujetos. El test se realizó con adultos en una cinta rodante en tres velocidades diferentes sin pendiente. El  $r^2$  para la ecuación fue 0,91 y el SEE fue 1,24 (Kcal/min) (21). Sus resultados representan una mejora significativa en el valor de estimación del *BioTrainer*, especialmente en comparación con nuestros resultados que se basaron en las fórmulas del fabricante y fueron realizados en condiciones de campo.

Nuestros resultados muestran que el uso de los acelerómetros *Caltrac* y *BioTrainer* para medir el gasto de energía durante El Test de Aptitud Física de Rockport de Caminata tiene algunas limitaciones, principalmente, los acelerómetros tendieron a sobrestimar el gasto calórico y el grado de error de la medición fue grande. Esto podría estar reflejando parcialmente que los sujetos caminaron con intensidad variable y diferencias en el modo de andar ya que los acelerómetros dependen del movimiento para registrar el gasto de energía. Además, las ecuaciones patentadas utilizadas por los fabricantes de los acelerómetros no son necesariamente específicas de la caminata, lo que podría contribuir a la sobrestimación del gasto de energía durante la realización de los tests de caminata. Nuestro estudio con individuos de mediana edad, si bien es importante para este grupo etario, restringe la aplicación de nuestros resultados en la evaluación de aquellos individuos menores de 40 años o mayores de 69 años de edad que realicen el Test de Aptitud Física de Rockport de Caminata en condiciones de campo. Los resultados de este estudio no corroboraron nuestra hipótesis original que sostenía que los acelerómetros serían un método válido para estimar el gasto de energía en condiciones de campo durante la realización del Test de Aptitud Física de Rockport de Caminata. Claramente para usar los acelerómetros *Caltrac* o *BioTrainer* para estimar el gasto de energía razonablemente durante el Test de Aptitud Física de Rockport de Caminata, es necesario realizar un

estudio de validación mayor específicamente diseñado para desarrollar una ecuación de regresión apropiada para ser utilizada en el mencionado test. Si se lograra desarrollar tal ecuación, la misma permitiría determinaciones más precisas del gasto energético durante la realización de este test en condiciones campo y agregaría una medición objetiva adicional para el seguimiento del progreso de los individuos en sus programas de ejercicio.

## Conclusiones

Nuestros resultados muestran correlaciones leves a moderadas ( $r = 0,43 - 0,67$ ) entre los acelerómetros *Caltrac* y *BioTrainer* y la calorimetría indirecta como se estableció en condiciones de campo. Sin embargo, la exactitud de estimación de los acelerómetros fue pobre. Es necesario desarrollar mejores ecuaciones de regresión específicas de la actividad para estos acelerómetros para aumentar la utilidad de estos dispositivos en la estimación del gasto energético asociado con el Test de Aptitud Física de Rockport de Caminata. Los acelerómetros de actividad física podrían ser un medio alternativo útil y barato para que los profesionales realicen un seguimiento del progreso de los clientes debido a su confiabilidad; sin embargo, los profesionales deben ser conscientes que los acelerómetros pueden no ser exactos para estimar el gasto de energético en condiciones de campo a menos que se desarrollen mejores ecuaciones de regresión específicas de la actividad.

## Agradecimientos

Los autores agradecen a Lynette M. Smith, M.S, Coordinadora de Estadística en el Departamento de Medicina Social y Preventiva, del Centro Médico de la Universidad de Nebraska, por su colaboración con los análisis estadísticos.

## REFERENCIAS

1. Flegal, KM, Carroll MD, Ogden CL, Johnson CL (2000). Prevalence and trends in obesity among US adults. *JAMA* 2002; 288:1723-7
2. Pate RR, Pratt M, Blair SN, Haskell WL, Macera CA, Bouchard C et al (1995). Physical activity and public health. A recommendation from the Centers for Disease Control and Prevention and the American College of Sports Medicine. *JAMA* 273
3. Fehling PC, Smith DL, Warner SE, Dalsky GP (1999). Comparison of accelerometers with oxygen consumption in older adults during exercise. *Med Sci Sports Exerc* 31:171-5
4. Haymes EM, Byrnes WC (1993). Walking and running energy expenditure estimated by Caltrac and indirect calorimetry. *Med Sci Sports Exerc* 25:1365-9
5. Swan PD, Byrnes WC, Haymes EM (1997). Energy expenditure estimates of the Caltrac accelerometer for running, race walking, and stepping. *Br J Sports Med* 31:235-9
6. Bassett DR, Ainsworth BE, Swartz AM, Strath SJ, O'Brien WL, King GA (2000). Validity of four motion sensors in measuring moderate intensity physical activity. *Med Sci Sports Exerc* 32:S471-80.
7. Campbell KL, Crocker PR, McKenzie DC (2002). Field evaluation of energy expenditure in women using Tritrac accelerometers. *Med Sci Sports Exerc* 34:1667-74
8. Welk GJ, Blair SN, Wood K, Jones S, Thompson RW (2000). A comparative evaluation of three accelerometry-based physical activity monitors. *Med Sci Sports Exerc* 32:S489-97
9. U.S. Department of Health and Human Services (1996). Physical activity and health: a report of the surgeon general. Atlanta, GA: U.S. Department of Health and Human Services, Centers for Disease Control and Prevention. *National Center for Chronic Disease Prevention and Health Promotion*
10. Cardinal BJ, Esters J, Cardinal MK (1996). Evaluation of the revised physical activity readiness questionnaire in older adults. *Med Sci Sports Exerc* 28:468-72
11. Thomas S, Reading J, Shephard RJ (1992). Revision of the Physical Activity Readiness Questionnaire (PAR-Q). *Can J Sport Sci* 17:338-45
12. King GA, McLaughlin JE, Howley ET, Bassett DR, Ainsworth BE (1999). Validation of Aerosport KB1-C portable metabolic system. *Int J Sports Med* 20:304-8
13. Servais SB, Webster JG, Montoye HH (1984). Estimation of human energy expenditure using an accelerometer device. *J Clin Eng* 9:159-71
14. Pambianco G, Wing RR, Robertson R (1990). Accuracy and reliability of the Caltrac accelerometer for estimating energy expenditure. *Med Sci Sports Exerc* 22:858-62
15. Balogun JA, Martin DA, Clendenin MA (1989). Calorimetric validation of the Caltrac accelerometer during level walking. *Phys Ther* 69:501-9
16. Gretebeck RM, Montoye M, Porter W (1991). Comparison of the doubly labeled water method for measuring energy expenditure with the Caltrac accelerometer. *Med Sci Sports Exerc* 23:S60
17. Bland JM, Altman DG (1986). Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurements. *Lancet* 8:307-10
18. Berg KE, Latin RW (1994). Essentials of modern research methods in health, physical education, and recreation. *Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall*

19. American College of Sports Medicine (2000). Guidelines for exercise testing and prescription. 6th ed. *Baltimore, MD: Lippincott Williams & Wilkins*
20. Hendelman D, Miller K, Baggett C, Debold E, Freedson P (2000). Validity of accelerometry for the assessment of moderate intensity physical activity in the field. *Med Sci Sports Exerc 32:S442-9*
21. Welk GJ, Almeida J, Morss G (2003). Laboratory calibration and validation of the Biotrainer and Actitrac activity monitors. *Med Sci Sports Exerc 35:1057-64*

### **Cita Original**

Hageman Patricia A., Joseph F. Norman, Kurt L. Pfefferkorn, Nicholas J. Reiss and Kimberly A. Riesberg Comparison of Two Physical Activity Monitors during a 1-Mile Walking Field Test. *JEPonline*; 7 (3): 102-110, 2004