

Article

Valoración de la Actividad Física en Niños

Physical Activity Assessment in Children

Alyssa D Stookey¹, Lisa M Mealey² y Marianne Shaughness¹¹Baltimore VA Medical Center. R&D Maryland Exercise and Robotics Center of Excellence (MERCE).²Salisbury University, Salisbury, MD.

RESUMEN

En los Estados Unidos, la incidencia de sobrepeso y obesidad en los niños se ha incrementado en proporciones alarmantes, lo que sugiere que los niños están experimentando un balance de energía positivo crónico, con ingestas de energía que exceden el gasto de energía. Para conocer bien la contribución de la actividad física con el gasto de energía diario, es fundamental implementar con precisión las técnicas para evaluar la actividad física en los niños. La aplicación de tales técnicas facilitaría el establecimiento de pautas de actividad física más específicas para los niños y aumentaría la capacidad de los investigadores de supervisar los efectos de intervenciones de actividad físicas en los jóvenes. Esta revisión de la literatura describe la evolución histórica de los instrumentos diseñados para medir el gasto de energía en los jóvenes y describe varias limitaciones asociadas con cada herramienta de valoración. Para localizar artículos que validaran monitores de actividad objetivamente en los niños se realizó una búsqueda en PubMed. En esta revisión sólo se incluyeron métodos validados contra los métodos de referencia de calorimetría indirecta y de agua doblemente marcada. La variable principal fue el gasto de energía estimado por las diferentes herramientas de valoración de actividad. Cuando se tiene en cuenta la relación lineal de la frecuencia cardiaca y el consumo de oxígeno para estimar el gasto de energía, los errores van de -16,7% a +18,8%. El gasto de energía estimado mediante acelerometría arroja correlaciones relativamente altas en comparación con los métodos de referencia en un ambiente de laboratorio controlado ($r = 0,62$ a $0,93$), pero tiende a variar en la exactitud al analizar la actividad de los juegos de los niños en el ambiente natural. Los dispositivos que incorporan múltiples parámetros son prometedores para mejorar la exactitud de la estimación del costo de energía de varias actividades típicas de los jóvenes. Sin embargo, es necesario realizar más investigaciones para refinar los algoritmos para aumentar la exactitud y la utilidad de estos dispositivos.

Palabras Clave: Gasto de energía, niñez, obesidad, sobrepeso

ABSTRACT

In the United States, the prevalence of overweight and obesity in children has increased at alarming rates, which suggests that children are experiencing a chronic positive energy balance, with energy intake exceeding energy expenditure. To better understand the contribution of physical activity to daily energy expenditure, it is critical to implement techniques to accurately assess physical activity in children. Implementation of such techniques would facilitate the establishment of more specific physical activity guidelines for children and increase researchers' ability to monitor the effects of physical activity interventions in youth. This literature review reports the historical evolution of instruments designed to measure

energy expenditure in youth and addresses various limitations associated with each assessment tool. A PubMed search was used to locate articles that validated objective activity monitors in children. Only methods validated against criterion methods of indirect calorimetry and doubly labeled water were included in this review. The main outcome was energy expenditure predicted by various activity assessment tools. When relying on the linear relationship of heart rate and oxygen consumption to estimate energy expenditure, errors range from -16.7% to +18.8%. Energy expenditure predicted by accelerometry yields relatively high correlations when compared to criterion methods in a controlled laboratory setting ($r = 0.62$ to 0.93), but tend to vary with accuracy when analyzing children's free-play activity. Devices that incorporate multiple parameters are promising for improving the accuracy of predicting the energy cost of various activities typical of youth. However, more research is needed to refine algorithms to increase the accuracy and utility of these devices.

Keywords: Energy Expenditure, Childhood, Obesity, Overweight

INTRODUCCIÓN

En los Estados Unidos, la incidencia del sobrepeso y la obesidad en los niños se ha incrementado en proporciones alarmantes y se ha vuelto una preocupación significativa de la salud pública (14). El porcentaje de niños (6 a 11 años de edad) que son considerados con sobrepeso se ha duplicado en las últimas dos décadas, y algunas estimaciones indican que uno de cada cinco niños en los Estados Unidos es obeso (7). Tener sobrepeso o ser obeso durante la niñez aumenta el riesgo de padecer muchos problemas de salud adversos entre los que se incluyen la hipertensión, el colesterol alto, Diabetes de tipo II, problemas en articulaciones y huesos, asma, apnea de sueño y consecuencias psicológicas (9). Además, aproximadamente 60% de niños con sobrepeso tienen un factor de riesgo por lo menos para enfermedades cardíacas y ACV. El riesgo está directamente relacionado con la dieta y la actividad física.

Las proporciones crecientes de jóvenes con sobrepeso y obesos sugieren que los niños están experimentando un balance de energía positivo crónico, donde la ingesta de energía excede el gasto de energía (EE) (23). La actividad física explica el 20% a 30% de gasto de energía diario total (TDEE), y es el componente más variable del gasto de energía (EE) (30). Lamentablemente, el TDEE ha disminuido en los niños, como resultado directo de una disminución en la actividad física y de un aumento simultáneo en las actividades sedentarias como jugar a los juegos de video, mirar la televisión y usar internet (1). En promedio, los niños destinan 5 o 6 horas por día a algún tipo de actividad sedentaria, y aproximadamente 25% de los niños en los Estados Unidos destinan 4 o más horas por día a mirar la televisión (13). Adicionalmente, los niños que miran más de 3 horas de televisión por día tienen un 50% más de probabilidades de ser obesos en comparación con los niños que miran menos de 2 horas por día (26,30). La actividad sedentaria produce una reducción en el tiempo destinado a la realización de actividad física lo que provoca una reducción en el TDEE (9). Así, para entender mejor la contribución de la actividad física al TDEE, es fundamental implementar técnicas para evaluar el EE con precisión y, más específicamente, la actividad física en los niños. La aplicación de tales técnicas también facilitaría el establecimiento de pautas de actividad física más específicas para los niños y aumentaría la capacidad de los investigadores para supervisar los efectos de intervenciones de actividad física en los jóvenes.

Lamentablemente, la valoración exacta del EE de la actividad física en los niños, ha sido y todavía sigue siendo un desafío para los investigadores. Concretamente, los mismos enfrentan desafíos asociados con la complejidad de la actividad de los niños, la cual se caracteriza por patrones de movimientos esporádicos e intermitentes. Entre los métodos de referencia para evaluar la actividad física en niños podemos incluir la calorimetría indirecta (IC) y el agua doblemente marcada (DLW). Sin embargo, debido a que estas técnicas son costosas, y a la especialización que se necesita para realizar tales mediciones, el uso de IC y DLW es poco práctico para la población general (25,27). Como resultado, es una práctica común en los investigadores confiar en los métodos menos costosos para evaluar el EE en niños, entre los que se incluyen los datos fisiológicos, podómetros, sensores de movimiento y una combinación de estos métodos, con el fin de determinar el método más exacto y confiable para medir el EE en los niños (25). Sin embargo, cada una de estas técnicas tiene limitaciones que pueden afectar la validez, fiabilidad y/o utilidad clínica de los datos de EE obtenidos. Esta revisión de la bibliografía: (a) informa la evolución histórica de varios instrumentos diseñados para medir el EE en una población de jóvenes; (b) aborda las limitaciones asociadas con cada herramienta de valoración; y (c) sugiere investigaciones futuras en el área.

SISTEMAS PORTÁTILES PARA MEDIR EL GASTO DE ENERGÍA

Método de la Frecuencia Cardíaca

El monitoreo de la frecuencia cardíaca (HR) se basa en relación lineal entre HR y el consumo de oxígeno (VO_2) como medio para estimar el EE (24,27). En las actividades típicas de baja intensidad frecuentemente realizadas por los niños (sentarse, pintar con crayones, jugar a la mancha, jugar a la rayuela, caminar a 4 y 6 $km\ h^{-1}$), el monitoreo de la frecuencia cardíaca (HR) es poco exacto para estimar el EE (13,31). Sin embargo, durante las actividades de intensidad más alta, el monitoreo de HR se vuelve un método más exacto para evaluar el EE (31). Por lo tanto, en los niños, la relación lineal entre HR y VO_2 puede ser una medición válida de EE durante la actividad de mayor intensidad. Esto resalta una limitación del método de HR para estimar el EE en los niños, dado que a menudo sus patrones de actividad se caracterizan por transiciones rápidas entre diferentes niveles de intensidad.

Varios factores pueden afectar la exactitud del método de HR para estimar el EE en niños. Por ejemplo, aunque la HR está relacionada con el movimiento corporal, los factores de estrés ambientales y psicológicos, la cafeína y ciertos medicamentos influyen en la HR (19,21). Estos factores pueden producir un aumento en HR sin un aumento significativo en VO_2 y, en consecuencia, proporcionar una valoración inexacta del EE. Adicionalmente, los diferentes niveles de aptitud física de niños pueden limitar la capacidad para estimar el EE a partir de la HR (5), en donde los niños con mejor aptitud física tienen una menor HR para un cierto EE en comparación con sus pares con menor aptitud física (12). La respuesta de frecuencia cardíaca también puede ir por detrás de los cambios en el movimiento físico (15), especialmente en transiciones rápidas en los patrones de movimiento durante el juego de los niños que no pueden captarse mediante el monitoreo de la frecuencia cardíaca. Estas limitaciones han hecho que los investigadores cuestionen la validez de la HR para estimar el EE con precisión en los niños.

Acelerometría

Los acelerómetros son dispositivos electrónicos que detectan la aceleración producida por una porción/miembro del cuerpo a medida que el mismo se mueve a través del espacio (15). Los transductores eléctricos y microprocesadores detectan este movimiento y convierten la aceleración en señales digitales utilizadas para estimar el EE. Esta técnica se basa en el concepto teórico que la aceleración es directamente proporcional a la fuerza muscular, la cual representa el EE. Los acelerómetros pueden ser clasificados como uniaxiales o triaxiales. Los acelerómetros uniaxiales registran el movimiento en un solo plano vertical de movimiento. Los acelerómetros triaxiales detectan el movimiento en tres planos: el mediolateral, anteroposterior y vertical.

Los acelerómetros tienen numerosas ventajas que los transforman en herramientas útiles para evaluar la actividad física en los niños. Estos dispositivos son pequeños, lo que permite que los niños los lleven durante períodos más largos de tiempo sin interferir con el movimiento normal (17). Los acelerómetros son herramientas objetivas y reutilizables, capaces de almacenar los datos continuamente durante largos períodos de tiempo. Por lo tanto es posible registrar y analizar patrones de actividad durante varios días o semanas.

Acelerómetros Uniaxiales

El *Caltrac* (*Muscle Dynamics Fitness Network, Torrence, GA*) y el *Computer Science and Applications Actigraph* (*CSA; Shalimar, FL*) son acelerómetros uniaxiales utilizados en investigaciones sobre actividad física (10). La validez y exactitud de estos monitores en niños se han evaluado en el ámbito de laboratorio controlado, así como también en condiciones de la vida diaria. Las investigaciones que se centraron en la validez de los acelerómetros uniaxiales para estimar el EE durante caminatas y carrera en cinta rodante en niños han arrojado resultados prometedores (22,29). Maliszewski et al. (22) y Trost et al. (29) demostraron que los valores medios de EE estimados mediante *Caltrac* y *CSA* se correlacionaban fuertemente con el EE medio determinado mediante el método de referencia; la calorimetría indirecta (IC). Esta investigación tampoco demostró diferencias significativas entre el EE medido por IC y EE medido con *Caltrac* y *CSA* durante las diferentes velocidades de caminata y carrera en cinta rodante en los niños (22,29). Estos resultados resaltan el hecho que los acelerómetros cuantifican con precisión actividades de diferentes intensidades en niños, lo que no siempre se logra con monitoreo de la frecuencia cardíaca.

Muchos estudios de validación de los acelerómetros en los niños se han centrado en la caminata y la carrera en cinta rodante. Por lo tanto, es razonable que las ecuaciones actuales para predecir el EE se basen en los ejercicios en cinta rodante, en un ambiente de laboratorio controlado (22,29). Sin embargo, dado el hecho que las actividades de los niños son a menudo esporádicas y no continuas, es importante determinar la exactitud de estos dispositivos durante otras formas de actividad que son típicas de niños en los juegos de la vida diaria. Los diferentes investigadores han examinado la validez de

las ecuaciones de estimación basadas en cinta rodante utilizadas por los acelerómetros uniaxiales para estimar el EE en los niños durante actividades diferentes a las realizadas en cinta rodante (5,12,19). Eisenmann et al. (16) estudiaron la validez del *Caltrac* para estimar el EE durante las actividades diarias (barrer, jugar a los bolos y básquetbol) en comparación con la IC portátil. En promedio, el *Caltrac* subestimó el EE significativamente en $2.80 \text{ kcal} \cdot \text{min}^{-1}$ durante estas actividades. De manera similar, Bray et al. (5) analizaron la validez del *Caltrac* para estimar el TDEE durante 24 hrs en niños. Al efectuar la comparación con la calorimetría de sala completa, se observaron correlaciones moderadas a fuertes entre el TDEE ($r = 0,80$), el EE diario en condiciones sedentarias ($r = 0,84$) y el EE de la caminata ($r = 0,85$) estimados mediante el acelerómetro y el medido directamente por IC; sin embargo, los acelerómetros subestimaron significativamente el TDEE en un 13,3%, el EE diario en condiciones sedentarias en un 6.8% y el EE de caminata en un 30.4%. Johnson y colegas (19) examinaron la exactitud del EE de 24-hr estimado mediante el acelerómetro *Caltrac* y utilizaron el agua doblemente marcada (DLW) como criterio de referencia. Durante tres días consecutivos, el método de *Caltrac* sobrestimó significativamente el EE diario (956 kcal d^{-1} vs. 469 kcal d^{-1} ; $P < 0.001$).

Estos estudios demuestran las limitaciones de los acelerómetros uniaxiales para estimar el EE en un amplio espectro de actividades. Esto puede deberse en parte a las ecuaciones de regresión basadas en la cinta rodante usadas por los acelerómetros uniaxiales para estimar el EE de las actividades diarias de los niños, que van más allá de simplemente caminar y correr. Los resultados inexactos también pueden ser el resultado de la capacidad de la acelerometría unidimensional para detectar solamente el movimiento en un solo plano en lugar de múltiples planos, lo que puede ser necesario para cuantificar con precisión las actividades típicas de niños en las condiciones de la vida diaria. Como resultado, los investigadores han cambiado su enfoque hacia los acelerómetros triaxiales.

Acelerómetros Triaxiales

Los acelerómetros triaxiales se desarrollaron para evaluar la aceleración del cuerpo en múltiples planos del espacio (mediolateral, anteroposterior y las dimensiones verticales), asumiendo que registrando el movimiento en más de un plano aumentará la exactitud en la estimación de EE (28). Se pensaba que esto era importante para superar la limitación de los acelerómetros uniaxiales, sobre todo en cuanto al desafío de evaluar con precisión la actividad física esporádica típica de los niños durante sus juegos habituales. Eston y colegas (13) buscaron comparar de manera directa la exactitud de los monitores de HR, los acelerómetros uniaxiales (*WAM; Computer Science applications, Shalimar, FL*), y los acelerómetros triaxiales (*TriTrac-R3D; Hemokinetics, Inc. Madison, WI*) durante las actividades típicas de los niños, entre las que se incluyeron pintar con crayones, jugar a la mancha y a la rayuela, así como también caminata y carrera en cinta rodante en diferentes velocidades. Como método de referencia se utilizó la calorimetría indirecta. Se observó una relación relativamente baja entre el EE estimado por el monitor de HR ($r = 0,64$) y por WAM ($r = 0,61$) en comparación con IC (13). Además, tanto el monitor de HR y como los acelerómetros uniaxiales no estimaron el EE con precisión (error estándar de $14,91 \text{ mL kg}^{-1} \text{ min}^{-1}$ y $15,71 \text{ mL kg}^{-1} \text{ min}^{-1}$, respectivamente). Sin embargo, el *TriTrac-R3D* ($r = 0,83$) pudo estimar mejor el EE durante la variedad de actividades analizadas, con un error estándar promedio de $10,3 \text{ mL kg}^{-1} \text{ min}^{-1}$. Al analizar cada dimensión del *TriTrac-R3D* por separado, durante actividades que requieren movimiento (caminata, carrera y jugar a la rayuela), las aceleraciones fueron mayores en el plano vertical. Sin embargo, en las actividades como pintar con lápices de colores y jugar a la mancha, las mayores aceleraciones se registraron en el plano anteroposterior. La última aceleración no habría podido ser establecida mediante un acelerómetro uniaxial y por consiguiente, podría explicar parcialmente la incapacidad de los acelerómetros uniaxiales para estimar el EE con precisión durante estas actividades de los niños.

Eston y colegas (13) también estaban interesados en determinar si combinando dos técnicas de medición aumentaría la exactitud de la estimación del EE. Las ecuaciones de regresión múltiples demostraron que combinando el acelerómetro triaxial y el método de HR aumenta la exactitud de la estimación de EE ($r = 0,85$, error estándar de $9,7 \text{ mL kg}^{-1} \text{ min}^{-1}$) en comparación con cualquier otra técnica de medición sola. Por lo tanto, los acelerómetros triaxiales, que consideran tres planos de aceleración, son los que proveen las mediciones de la actividad física de los niños más apropiadas durante sus juegos diarios en comparación con los acelerómetros de un solo plano (13). Esta investigación también destacó la ventaja de combinar varios parámetros de medida para conocer la actividad de los niños durante sus juegos habituales.

Los acelerómetros globales, tridimensionales proporcionan una valoración exacta de la actividad física de los jóvenes en comparación con los acelerómetros unidimensionales, ya que estiman sólidamente el EE durante actividades de juego libre (13,25,28). Sin embargo, la acelerometría no está exenta de limitaciones. La validez predictiva de los algoritmos específicos o puntos de corte utilizados para convertir los datos del acelerómetro a EE, deben ser analizados con más detalle, sobre todo en condiciones de la vida diaria. Durante un periodo de tiempo de un minuto, estas ecuaciones de predicción asumen ejercicio en estado estable. Esto es problemático cuando se evalúa la actividad física en los niños, ya que muchas veces un niño alternará entre diferentes niveles de intensidad en el lapso de un minuto. Así, la acumulación de puntos en 1-min representa el nivel medio de actividad sin dar crédito a la actividad vigorosa. Este factor limita la utilidad de estos dispositivos para cuantificar el EE durante los períodos de actividad física estructurada y actividad física libre.

Método para Combinar Múltiples Parámetros

Con los resultados prometedores de combinar varios métodos de valoración, los dispositivos que miden múltiples parámetros mejoran la exactitud en la estimación del EE en los niños. Los dos dispositivos más investigados y ampliamente comercializados son el Brazaletes *SenseWear Pro* (*BodyMedia, Inc., Pittsburgh, PA*) y el Dispositivo Inteligente para EE y Actividad (*Minisun LLC, Fresno, CA*). El propósito de medir múltiples parámetros en un solo dispositivo de valoración de actividad física, es superar las limitaciones que poseen los otros dispositivos de valoración (16) y permitir una valoración más exacta del EE de los niños. El Brazaletes *SenseWear Pro* (SWA) es un dispositivo portátil que se lleva en la parte posterior del antebrazo. Emplea múltiples parámetros para estimar EE, entre los que se incluyen acelerometría de dos ejes, flujo de calor, respuesta galvánica de la piel, temperatura de la piel y temperatura ambiental cerca de la piel (8). Por otra parte, en los algoritmos propietarios para estimar el EE, además de estos datos, se utilizan características demográficas como edad, género, peso, altura, si el sujeto es derecho o zurdo, fumador o no fumador.

Los estudios de validación en adultos han proporcionado resultados prometedores sobre la exactitud del SWA para estimar el EE (16,18,20). El algoritmo de SWA fue diseñado para individuos entre 18 y 75 años de edad. Los individuos menores de 18 años poseen una fisiología diferente y pueden requerir algoritmos diferentes (2). Crawford y colegas (8) examinaron la validez del SWA en ejercicios de caminata y de ciclismo en sujetos con una edad media de $13,8 \pm 1,8$ años. Sus resultados demuestran que cuando se aplicaban los algoritmos para adultos, había una subestimación significativa en el EE en comparación con la calorimetría indirecta (IC) utilizada como metodología de medición de referencia. Éste fue el primer estudio en demostrar que los algoritmos para el SWA pueden no ser apropiados para los individuos menores de 18 años de edad. Dos años después, Arvidsson et al. (3) examinaron la exactitud del SWA en 21 niños saludables con una edad media de $12,1 \pm 0,9$ años durante diferentes actividades típicas de los juegos habituales de los niños (por ejemplo recostarse, jugar juegos en un teléfono celular, saltar hacia arriba y hacia abajo, andar en bicicleta en una bicicleta fija, saltar en un trampolín, jugar al basquetbol y caminar y correr en una cinta rodante a 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 y 10 km hr⁻¹). El EE de los niños se midió con el SWA y con IC portátil simultáneamente (*Oxycon Mobile; VIASYS Healthcare, Conshohocken PA*). El SWA subestimó significativamente el EE en todas las actividades excepto en el salto en trampolín y en la caminata a 2 y 3 km hr⁻¹ (29). Un punto de interés fue que la subestimación del SWA era directamente proporcional a la intensidad de la actividad de los niños.

Dorminy et al. (11) estudiaron la exactitud del SWA para estimar el EE en 24 hr en 21 niños afroamericanos con una edad media de $11,6 \pm 0,9$ años. El EE de los niños fue medido simultáneamente por el SWA y por calorimetría indirecta de la habitación (IRC). Durante el periodo de tiempo de 24-hr, los niños participaron en una variedad de actividades que incluyeron caminata en cinta rodante y lectura, escritura, hacer crucigramas, jugar juegos en computadora, mirar la televisión, usar la computadora portátil, escuchar música y dormir. El SWA sobrestimó el EE significativamente durante el ejercicio en cinta rodante ($p = 0,004$), durante el descanso antes y después del ejercicio en cinta rodante ($p = 0,007$, $p = 0,0001$, respectivamente), durante las actividades sedentarias ($p = 0,0004$), sueño ($p = 0,0007$), la tasa metabólica en reposo ($p = 0,007$) y el EE total en 24-hr ($p = 0,0001$). La relación entre EE obtenido con SWA versus el EE medido por IRC varió de 116% durante el sueño a 143% durante el descanso después del ejercicio. Estos resultados contradicen el estudio anterior (3). El SWA sobrestimó el EE durante actividades similares. El uso de versiones diferentes del software de la interfaz para analizar los datos minuto por minuto del SWA puede explicar esta diferencia. Dorminy et al. (11) utilizaron una versión anterior del Software de Investigación *InnerView de BodyMedia* (versión 4.1); mientras que, Arvidsson (3) utilizaron la versión 5.1.

A medida que los nuevos datos están disponibles, *BodyMedia* integra esta información en sus algoritmos propietarios para aumentar la exactitud del SWA para estimar EE, a partir de los patrones de movimiento propios de los niños. Calabro y colegas (6) analizaron la validez de los algoritmos recientemente actualizados (versión 6.1) en 22 niños (15 varones, 7 niñas, edad media = $9,4 \pm 1,2$ años) mientras descansaban, pintaban con lápices de colores, jugaban en la computadora, caminaban en una cinta rodante a 2, 2,5 y 3 mph y mientras pedaleaban en una bicicleta fija. Para determinar si las modificaciones en los algoritmos eran eficaces para mejorar la exactitud del SWA, se estimaron los costos energéticos usando una versión más vieja del software (versión 4.2) y se compararon las estimaciones de EE proporcionadas por la versión más nueva (versión 6.1). El gasto de energía se midió de manera simultánea con el SWA y con IC (*TrueMax 2400; ParvoMedics, Sandy, UT*). Aunque el algoritmo más viejo sobrestimó EE en un 32%, el error promedio fue sólo 1,7% cuando se aplicaba el nuevo algoritmo (6). No se observaron diferencias significativas ($P < 0,01$) entre el nuevo algoritmo e IC durante las actividades de descanso ($0,2 \pm 0,26$ kcal min⁻¹), pintar con lápices de colores ($0,05 \pm 0,95$ kcal·min⁻¹), jugar en la computadora ($0,05 \pm 0,41$ kcal min⁻¹) y caminar a 2 mph ($0,02 \pm 0,7$ kcal·min⁻¹), 2,5 mph ($-0,02 \pm 0,90$ kcal min⁻¹) y 3 mph ($-0,09 \pm 0,83$ kcal min⁻¹). La única actividad que no se cuantificó con precisión fue el ejercicio en bicicleta. El SWA subestimó el EE significativamente ($2,99 \pm 0,82$ kcal min⁻¹) en comparación con la IC ($3,99 \pm 1,35$ kcal min⁻¹).

Claramente, la investigación inicial sobre el SWA proporcionó resultados contradictorios que demostraron la necesidad de ajustar el algoritmo con el fin de aumentar la exactitud de este dispositivo para medir el EE en los jóvenes (3,6,8,11). Cuando los algoritmos fueron actualizados y adaptados para niños, sobre la base de los resultados de investigaciones

previas, el SWA pudo predecir el EE con mayor precisión en los niños. No hay ninguna duda de que se ha transformado en un dispositivo muy prometedor para cuantificar la actividad en los juegos habituales de los niños.

El Dispositivo Inteligente para el Gasto de Energía y Actividad (IDEEA) es otro dispositivo que ha combinado varios parámetros en un esfuerzo por aumentar la exactitud de la estimación del EE (4). Este dispositivo consiste en cinco sensores separados colocados en la parte anterior de cada muslo, bajo cada pie y en el esternón, y están todos conectados con cables suaves a una unidad de microprocesador/almacenamiento colocada en un cinturón. Estos sensores detectan patrones de movimientos corporal y de conducta para estimar el EE durante 24-hr en condiciones de la vida diaria. El IDEEA puede detectar una multitud de actividades (como permanecer recostado, sentarse, reclinarse, estar de pie, apoyarse, caminar, correr, subir escalones, bajar escalones y saltar en un trampolín). Este dispositivo también puede determinar la frecuencia, intensidad y duración de la actividad.

Arvidsson y colegas (4) compararon la exactitud del SWA (Versión 5.1) y de IDEEA versus IC (*Oxycon Mobile*; *VIASYS Healthcare*) para evaluar el EE en los niños durante períodos de descanso y de actividad física. Este fue el primer estudio que analizó la validez y exactitud de medir el costo de energía en los niños utilizando un monitor de actividad multisensorial. Catorce niños con una edad media de $12,3 \pm 1,0$ años participaron en su estudio. Los SWA, IDEEA e IC fueron sincronizados y llevados simultáneamente por los niños en todas las actividades. El protocolo empezó con un periodo de descanso de 10-min seguido por una serie de cinco actividades diferentes: a) permanecer sentados y callados; (b) andar en bicicleta fija; (c) saltar en un trampolín; (d) jugar al básquetbol y (e) subir escalones. Cada actividad estaba separada por un período de descanso de 5 min donde permanecieron sentados. Luego de estas actividades, los sujetos descansaron sentados en silencio durante 10 min seguidos y luego caminaron a tres velocidades diferentes y corrieron a dos velocidades diferentes alrededor de una pista marcada de 50 metros.

Durante el descanso, mientras permanecieron sentados y callados y durante el juego de basquetbol, el SWA subestimó significativamente el EE en $0,01 \pm 0,01 \text{ kJ kg}^{-1} \text{ min}^{-1}$ ($P = 0,003$), $0,01 \pm 0,02 \text{ kJ kg}^{-1} \text{ min}^{-1}$ ($P = 0,008$), y $0,03 \pm 0,02 \text{ kJ kg}^{-1} \text{ min}^{-1}$ ($P < 0,001$), respectivamente, en comparación con IC (4). El IDEEA sobrestimó el costo energético durante el descanso ($0,01 \pm 0,03 \text{ kJ kg}^{-1} \text{ min}^{-1}$; $P = 0,13$) y en la condición sentados y callados ($0,02 \pm 0,03 \text{ kJ kg}^{-1} \text{ min}^{-1}$; $P = 0,08$) y subestimó significativamente el gasto de energía de jugar al basquetbol ($0,24 \pm 0,17 \text{ kJ kg}^{-1} \text{ min}^{-1}$; $P < 0,001$). Sin embargo, el IDEEA fue el único dispositivo que estimó con precisión el gasto de energía de subir escalones. El SWA demostró la existencia de un efecto de la intensidad. Este dispositivo fue preciso en la caminata lenta, pero cuando la intensidad aumentó, también se incrementó el error de subestimación. El IDEEA no presentó tal efecto. De hecho, proporcionó una mejor estimación del EE durante las intensidades más altas de ejercicio. Cuando se analiza el gasto de energía total para todas las actividades combinadas, el IDEEA fue el más exacto aunque subestimó significativamente el gasto de energía total. El SWA y el IDEEA fueron similares en la evaluación del EE durante el descanso y cuando los sujetos permanecieron sentados y ambos dispositivos fueron mejores para estimar el EE durante la caminata y carrera, que durante los ejercicios en bicicleta, los ejercicios con saltos o al jugar al básquetbol.

En conjunto, el IDEEA proporcionó la mejor estimación del gasto de energía total ya que fue más exacto en detectar el EE durante la caminata y la carrera (4). Sin embargo, hay limitaciones asociadas con ambos dispositivos que influyen en la detección de varias actividades en los niños en condiciones de la vida diaria. El IDEEA puede ser un dispositivo incomodo para llevar con todos sus sensores y cables, lo que puede hacerlo menos útil para las condiciones de todos los días. Este punto también plantea interrogantes sobre su viabilidad para el uso en los niños. El SWA puede ser una opción más factible, sobre todo para los niños, ya que es fácil de colocar y llevar en el brazo. Es una interfaz más amigable para el usuario, para transmitir, bajar y analizar los datos. Es necesario realizar investigaciones adicionales para determinar si es necesario desarrollar algoritmos más apropiados para aumentar la exactitud del SWA y el IDEEA.

CONCLUSIONES

El desarrollo de herramientas de valoración del EE diseñadas para detectar la complejidad de las actividades de la vida diaria en los niños, ha sido y seguirá siendo un desafío para los investigadores. Las metodologías de referencia como el DLW e IC proporcionan datos limitados sobre patrones de actividad física específicos y no son factibles de utilizar en los ambientes naturales (27). Los dispositivos portátiles proporcionan un método alternativo para evaluar el EE en los niños, pero no carecen de limitaciones. El monitoreo de la frecuencia cardíaca es una manera fácil y simple de supervisar la intensidad del ejercicio, pero su dependencia estricta en la relación lineal entre HR y VO_2 para estimar el EE durante los juegos habituales de los niños proporciona estimaciones inexactas (24,27). Sin embargo, cuando HR se combina con la acelerometría, la estimación del EE mejora (13). Los acelerómetros unidimensionales, diseñados para detectar el movimiento en un solo, plano vertical, son muy útiles en los niños para evaluar la actividad física durante caminata y

carrera. Pero, estos dispositivos tienen limitaciones cuando los niños realizan sus actividades lúdicas más típicas (22,29). Los acelerómetros triaxiales fueron diseñados para detectar el movimiento en tres planos, lo que refuerza su habilidad para detectar las diferentes actividades, algo que los acelerómetros uniaxiales no pueden realizar. Este punto es muy importante cuando se desean captar los diferentes patrones de movimiento de los niños.

Más recientemente, se ha incorporado una combinación de múltiples parámetros a los dispositivos, como el SWA y el IDEEA, para mejorar la exactitud global de la estimación del EE en los niños (3,6,8,11). Aunque estos dispositivos parecen ser más exactos en la predicción del gasto de energía de varias actividades típicas de los jóvenes, es necesario realizar más investigaciones para refinar los algoritmos para aumentar su exactitud y utilidad. Además, es difícil comparar las investigaciones que existen debido a las actualizaciones constantes en el software del análisis utilizado en cada investigación. Se necesitan más investigaciones para analizar los algoritmos actuales usados por la versión más nueva del software para determinar la validez, exactitud y utilidad clínica de estos dispositivos.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer a VA RR&D Maryland Exercise and Robotics Center of Excellence (MERCE) y al Departamento de Asuntos de Veteranos y del Centro de Investigaciones de Asuntos Médicos, GRECC de Baltimore.

REFERENCIAS

1. Anderson PM, Butcher KE (2006). . Childhood obesity: trends and potential causes. *Future Child Spring*;16(1):19-45
2. Andre D, Pelletier R, Farrington J, et al (2006). The development of the SenseWear armband, a revolutionary energy assessment device to assess physical activity and lifestyle, in White Papers Body Media. www.bodymedia.com. Pittsburgh
3. Arvidsson D, Slinde F, Larsson S, Hulthen L (2007). Energy cost of physical activities in children: validation of the SenseWear Armband. *Med Sci Sports Exerc*; 39(11):2076-84
4. Arvidsson D, Slinde F, Larsson S, Hulthen L (2009). Energy cost in children assessed by multisensory activity monitors. *Med Sci Sports Exerc*; 41(3):603-11
5. Bray MS, Wong WW, Morrow 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(12):1524-1530
6. Calabro MA, Welk GJ, Eisenmann JC (2009). Validation of the SenseWear Pro Armband algorithms in children. *Med Sci Sports Exerc*; 41(9):1714-20
7. Center for Disease Control and Prevention (2003). Physical Activity Levels Among Children Aged 9-13 Years - United States, 2002. Retrieved from <http://www.cdc.gov/mmwr/preview/mmwrhtml/mm5233a1.htm>
8. Crawford K, Robertson RJ, Burdett R, Goss FL, Jakicic JM, Nagel-Stilley E (2005). Validation of SenseWear Armband to assess energy expenditure of adolescents during various modes of activity. *Med Sci Sports Exerc*; 37(5) Supplement:S337
9. Crespo CJ, Smit E, Troiano RP, Bartlett SJ, Macera CA, Andersen RE (2001). Television watching, energy intake, and obesity in US children. *Arch of Ped Adol Med*; 155:360-365
10. de Vries SI, Bakker I, Hopman-Rock M, Hirasings RA, van Mechelen W (2006). Clinimetric review of motion sensors in children and adolescents. *J Clin Epidem*; 59:670-680
11. Dorminy CA, Choi L, Akohoue SA, Chen KY, Buchowski MS (2008). . Validity of a multisensory armband in estimating 24-h energy expenditure in children. *Med Sci Sports Exerc*; 40(4):699-706
12. Eisenmann JC, Strath SJ, Shadrick D, Rigsby P, Hirsch N, Jacobson L (2004). Validity of uniaxial accelerometry during activities of daily living in children. *Eur J Appl Physiol*; 91:259-263
13. Eston R, Rowlands AV, Ingledew DK (1998). Validity of heart rate, pedometry, and accelerometry for predicting the energy cost of children's activities. *J Appl Physiol*; 84(1):362-371
14. Flegal KM, Ogden CL, Yanovski JA, Freedman DS, Shepherd JA, Graubard BI, Borrud LG (2010). High adiposity and high body mass index-for-age in US children and adolescents overall and by race-ethnic group. *Am J Clin Nutr*; 91(4): 1020-26
15. Freedson PS, Miller L (2000). Objective monitoring of physical activity using motion sensors and heart rate. *Res Q Exerc Sport*; 71(2):21-29
16. Fruin ML, Rankin JW (2004). Validity of a multi-sensor armband in estimating rest and exercise energy expenditure. *Med Sci Sports Exerc*; 36(6):1063-1069
17. 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(9 Suppl):S442-9
18. Jakicic JM, Marcus M, Gallagher KI, Randall C, Thomas E, Goss FL, Robertson R (2004). Evaluation of the SenseWear Pro Armband to assess energy expenditure during exercise. *Med Sci Sports Exerc*; 36(5):897-904
19. Johnson RK, Russ J, Goran MI (1998). Physical activity related energy expenditure in children by doubly labeled water as

- compared with the Caltrac accelerometer. *Int J Obes Relat Metab Disord*; 22(11):1046-1052
20. King GA, Torres N, Potter C, Brooks TJ, Coleman KJ (2004). Comparison of activity monitors to estimate energy cost of treadmill exercise. *Med Sci Sports Exerc*; 36(7):1244-1251
 21. Maffeis C, Pinelli L, Zaffanello M, Schena F, Iacumin P, Schutz Y (1995). Daily energy expenditure in free-living conditions in obese and non-obese children: comparison of doubly labeled water (2H2(18)O) method and heart rate monitoring. *Int J Obes Relat Metab Disord*; 19(9):671-677
 22. Maliszewski AF, Freedson PS, Ebbeling CJ, Crusemeyer J, Kastango KB (1991). Validity of the Caltrac accelerometer in estimating energy expenditure and activity in children and adults. *Pediatric Exercise Science*; 3:141-151
 23. Ogden CL, Flegal KM, Carroll MD, Johnson CL (2002). Prevalence and trends in overweight among US children and adolescents, 1999-2000. *JAMA*; 288(14):1728-1732
 24. Sarton-Miller I (2006). Noninvasive assessment of energy expenditure in children. *Am J Hum Biol*; 18:600-609
 25. Sirard JR, Pate RR (2001). Physical activity assessment in children and adolescents. *Sports Med*; 31(6):439-454
 26. Tremblay MS, Willams JD (2003). Is the Canadian child obesity epidemic related to physical inactivity?. *Int J Obes*; 27:1100-1105
 27. Treuth MS, Adolph AL, Butte NF (1998). Energy expenditure in children predicted from heart rate and activity calibrated against respiration calorimetry. *Am J Physiol Endocrinol Metab*; 275:12-18
 28. Trost SG (2001). Objective measurement of physical activity in youth: Current issues, future directions. *Exerc Sport Sci Rev*; 29(1):32-36
 29. Trost SG, Ward DS, Moorehead SM, Watson PD, Riner W, Burke JR (1998). Validity of the computer science and applications (CSA) activity monitor in children. *Med Sci Sports Exerc*; 30(4):629-633
 30. 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; S/N 017-023-00196-5
 31. Welk GJ, Corbin CB, Kampert JB (1998). The validity of the TrictracR3D activity monitor for the assessment of physical activity II: Temporal relationships among objective assessments. *Res Q Exerc*; 69:395-399

Cita Original

Stookey AD, Mealey LM, Shaughnessy, M. Physical Activity Assessment in Children. *JEPonline*.14(5):75-84. 2011