

Article

# Medición e Interpretación de la Actividad Física de los Niños

## The Measurement and Interpretation of Children's Physical Activity

Ann V Rowlands y Roger G Eston

### RESUMEN

---

La valoración precisa y confiable de la actividad física es necesaria en cualquier estudio en donde la actividad física sea la intervención experimental o una medida de los resultados. El propósito de esta revisión es examinar la utilización de técnicas objetivas de medición para la valoración e interpretación de la actividad física en niños. La medición precisa de la actividad física en niños es todo un desafío, debido a que su actividad es característicamente esporádica e intermitente, consistente de períodos cortos y frecuentes. Las medidas objetivas de la actividad física incluyen la frecuencia cardíaca por telemetría, la podometría y la acelerometría, y cada uno de estos métodos tiene sus fortalezas y limitaciones. La frecuencia cardíaca es una medición adecuada para períodos sostenidos de actividad moderada y vigorosa, la podometría es una medida válida de la actividad total, y la acelerometría es una medida válida tanto de la actividad total como también del patrón e intensidad de la actividad. Si bien las debilidades de la frecuencia cardíaca y de la acelerometría para la valoración de la actividad física no están intercorrelacionadas, la combinación de estos métodos puede ser más precisa que uno de estos métodos por sí solos. Evidencia reciente sugiere que el Actiheart, una unidad que combina un acelerómetro y un monitor de frecuencia cardíaca, provee una predicción más precisa del gasto energético de los niños que el monitor de frecuencia cardíaca o el acelerómetro por sí solo. Sin embargo, el costo del Actiheart es prohibitivo para estudios a gran escala. La utilización del podómetro es recomendable solo cuando se está interesado en conocer la cantidad total de actividad física. Cuando se está interesado en conocer el patrón de intensidad de la actividad física, la acelerometría es la herramienta de medición recomendable.

**Palabras Clave:** patrón de actividad, frecuencia cardíaca, podometría, acelerometría

### ABSTRACT

---

The accurate and reliable assessment of physical activity is necessary for any research study where physical activity is either an outcome measure or an intervention. The aim of this review is to examine the use of objective measurement techniques for the assessment and interpretation of children's physical activity. Accurate measurement of children's activity is challenging, as the activity is characteristically sporadic and intermittent, consisting of frequent, short bouts. Objective measures of physical activity include heart rate telemetry, pedometry and accelerometry, and each of these methods has strengths and limitations. Heart rate is suited to the measurement of sustained periods of moderate and vigorous activity, pedometry provides a valid measure of total activity, and accelerometry provides a valid measure of total activity as well as the pattern and intensity of activity. As the weaknesses of heart rate and accelerometry for the assessment of activity are not inter-correlated, a combination of the two methods may be more accurate than either

method alone. Recent evidence suggests that the Actiheart, an integrated accelerometer and heart rate unit, provides a more accurate prediction of children's energy expenditure than either heart rate or accelerometry alone. However, the cost of the Actiheart is prohibitive for large-scale studies. The pedometer is recommended when only the total amount of physical activity is of interest. When the intensity or the pattern of activity is of interest, accelerometry is the recommended measurement tool

**Keywords:** Activity pattern, heart rate, pedometry, accelerometry

## INTRODUCCIÓN

---

La valoración precisa y confiable de la actividad física es necesaria en cualquier estudio en donde la actividad física sea la intervención experimental o una medida de los resultados. Sin embargo, la actividad física es muy difícil de medir y esta dificultad se ve particularmente exacerbada cuando se valora la actividad física en niños. Existen numerosos métodos para medir la actividad física. En forma general las diferentes técnicas pueden agruparse en las siguientes categorías: autoreporte, observación, frecuencia cardíaca por telemetría, y sensores de movimiento. Diversas consideraciones pragmáticas hacen que con frecuencia el autoreporte sea la herramienta de elección, particularmente en estudios epidemiológicos a gran escala (Freedson et al., 2005). Sin embargo, la naturaleza esporádica de la actividad física de los niños (Bailey et al., 1995; Baquet et al., 2007; Berman et al., 1998) hace que sea difícil capturar datos con precisión a través del método de autoreporte. En relación con esto, el problema parece ser complejo, debido a que, por una parte el concepto de tiempo y la capacidad para recordar con precisión son limitados en el nivel cognitivo de los niños y por otra parte encontramos el inconveniente de la emoción asociada con la actividad (Gleitman, 1996). Los desarrollos tecnológicos en los últimos veinte años han resultado en un incremento en la utilización de métodos objetivos para valorar la actividad física habitual de los niños. En la década de los noventa, el monitoreo de la frecuencia cardíaca fue ampliamente utilizado por Armstrong y colaboradores (e.g., Armstrong et al., 1990) y fue el método de elección preferido, pero en los últimos diez años se ha incrementado la popularidad de la podometría y la acelerometría (e.g. Rowlands et al., 1999; Trost et al., 2002). El propósito de esta revisión es examinar el uso de las técnicas objetivas para la valoración e interpretación de la actividad física en los niños.

## EL PATRON DE ACTIVIDAD

---

Bailey et al (1995) destacaron la naturaleza transitoria de la actividad física de los niños utilizando un protocolo comprehensivo de observación con quince niños americanos de entre 6-10 años. Este estudio registró la frecuencia, duración y los intervalos entre las actividades de diferente intensidad y duración (tempo). El protocolo de observación fue laborioso e intensivo; los períodos de observación fueron de cuatro horas de duración y se le indicó a los observadores, mediante una señal auditiva que sonaba cada tres segundos y que fue transmitida mediante un audífono, que registrarán la actividad física de los niños. Se halló que la duración media de las actividades de baja y moderada intensidad fue de apenas 6 segundos, y la duración de las actividades de alta intensidad fue de solo 3 segundos. El re-análisis de los mismos datos con el análisis espectral mostró que los niños realizaron  $83 \pm 11$  períodos de actividad por hora y las niñas realizaron  $89 \pm 12$  períodos de actividad por hora, y además reveló que la duración media de estos períodos fue de  $21 \pm 5$  s en los niños y de  $20 \pm 4$  s en las niñas (Berman et al, 1998).

Más recientemente, los investigadores han utilizado el método de acelerometría de alta frecuencia para valorar el patrón temporal de la actividad de los niños. A pesar de las diferentes metodologías, los resultados fueron muy similares a los reportados con protocolos de observación. Baquet et al (2007) reportaron una duración media de los períodos de actividad física de  $22.1 \pm 3.5$  s en niños franceses de entre 8-10 años y además mostraron que el 80, 93 y 96% de los períodos de actividad de intensidad moderada, alta y muy alta, respectivamente, tenían una duración menor a los 10 segundos. Aunque la proporción del tiempo de los períodos de actividad de muy alta intensidad fue baja (<3%), dio cuenta de más de un tercio de la actividad física total (Baquet et al, 2007). Esto resalta la importancia de cuantificar con precisión estos cortos períodos de actividad de alta intensidad. Muchos métodos de medición de la actividad física son casi insensibles a estos cortos períodos de tiempo. La falta de apreciación y cuantificación de la naturaleza transitoria de los patrones de actividad física en los niños puede haber afectado la capacidad de los estudios para proveer un reflejo preciso de la actividad física de los niños y esto pudo haber tenido un impacto en la determinación de las asociaciones entre la actividad y la salud.

# MÉTODOS DE VALORACION

---

## Frecuencia Cardíaca

La frecuencia cardíaca no es una medida directa de la actividad física. Sin embargo, si provee un indicación del estrés relativo que la actividad física impone sobre el sistema cardiopulmonar (Armstrong, 1998). El monitoreo de la frecuencia cardíaca también permite el registro de los valores a través del tiempo, lo cual facilita la valoración visual del patrón de intensidad de la actividad. Este método fue el primero en ser utilizado ampliamente para medir objetivamente la actividad física de los niños. Solo en el sudoeste de Inglaterra, en un período de diez años Neil Armstrong y colaboradores monitorearon las frecuencias cardíacas de más de 1200 niños de 5-16 años en tres días escolares (Armstrong et al., 1990; 2000; Armstrong and Bray, 1990; 1991; Biddle et al., 1991; McManus and Armstrong, 1995; Welsman and Armstrong, 1997; 1998; 2000).

Sin embargo, la utilización del monitoreo de la frecuencia cardíaca para monitorear la actividad física tiene diversas limitaciones (Armstrong and Welsman, 2006; Rowlands, 2001; Rowlands et al., 1997). La actividad física no es el único factor que provoca cambios en la frecuencia cardíaca. La frecuencia cardíaca puede ser influenciada por otros parámetros, e.g., estrés emocional, ansiedad, nivel de aptitud física, tipo de contracción muscular, grupo muscular activo, hidratación y factores ambientales (Armstrong and Welsman, 2006; Rowlands et al., 1997). Estos factores pueden tener una mayor influencia sobre actividades físicas realizadas a baja intensidad, y por lo tanto, Riddoch y Boreham (1995) recomendaron que el monitoreo de la frecuencia cardíaca debería ser considerada principalmente como una herramienta para la valoración de actividades de intensidad moderada a alta y que las frecuencias cardíacas menores a 120 latidos/min no deberían ser consideradas como estimaciones válidas de la actividad física.

Los métodos para analizar los datos de la actividad de la frecuencia cardíaca son muy numerosos, y Harro y Riddoch (2000) han identificado más de 24 métodos de análisis de los datos de la frecuencia cardíaca. Esta diversidad en los métodos de análisis limita la comparabilidad entre los estudios. Sin embargo, la mayoría de los estudios estiman el gasto energético a partir de una ecuación o un grupo de ecuaciones de regresión, reportan el tiempo de actividad por encima de un umbral de frecuencia cardíaca predeterminado o reportan la frecuencia cardíaca neta (frecuencia cardíaca menos frecuencia cardíaca de reposo). Para explicar los problemas asociados con la estimación del gasto energético a partir de frecuencias cardíacas bajas, los investigadores han utilizado una aproximación denominada "flex", donde los valores de frecuencia cardíaca menores a un determinado umbral son iguales al gasto energético de reposo y a una frecuencia cardíaca individual: la ecuación de regresión del gasto energético es utilizada para estimar el gasto energético por arriba de este umbral (Livingstone et al., 1992). Sin embargo, el trabajo intensivo que se requiere para realizar esta calibración individual limita la utilización de esta técnica (Armstrong and Welsman, 2006) y la mayoría de los estudios han reportado que el tiempo de actividad física por encima del umbral de frecuencia cardíaca es equivalente a una intensidad moderada a alta.

El método seleccionado para el análisis de los datos de la frecuencia cardíaca requiere de una cuidadosa consideración ya que esto puede afectar la interpretación de los datos y por lo tanto las conclusiones referentes a los niveles de actividad habitual y sus asociaciones con las variables relacionadas con la salud. Por ejemplo, Janz et al (1992) reportaron una correlación negativa entre la actividad física de los niños y la adiposidad, cuando expresaron la frecuencia cardíaca como frecuencia cardíaca neta, mientras que cuando expresaron los mismos datos de la frecuencia cardíaca como tiempo por encima del umbral de intensidad la correlación fue baja y no significativa. Un meta-análisis de cincuenta estudios que investigaron la relación entre la actividad física y la grasa corporal en niños y jóvenes mostró que el efecto del tamaño promedio obtenido con estudios que utilizaron la frecuencia cardíaca para valorar el nivel de actividad, la mayoría de los cuales utilizaron el tiempo de actividad por encima de intensidades moderadas a altas, fue significativamente menor que el efecto del tamaño promedio obtenido con aquellos estudios que utilizaron un método diferente de valoración de la actividad física (cuestionarios, observación, sensores de movimiento) (Rowlands et al, 2000). Es posible que el incremento en la adiposidad corporal provoque el incremento en el estrés cardiovascular, y por lo tanto la frecuencia cardíaca, durante actividades normales (Rowlands et al, 1999).

Los monitores de frecuencia cardíaca generalmente son configurados para registrar valores de frecuencia cardíaca a cada minuto. Sin embargo, tal como lo sugirieran Armstrong y Welsman (2006), para capturar los cortos períodos de actividad característicos de la actividad física de los niños, sería óptimo establecer un intervalo de muestreo menor. Debido a que la respuesta de la frecuencia cardíaca tiende a retrasarse respecto de los cambios en el movimiento (Rowlands et al., 1997) y debido a que hay una rápida transición entre las actividades asociadas con el comportamiento de los niños (Bailey et al., 1995) es improbable que la respuesta de la frecuencia cardíaca pueda proveer una imagen comprehensiva del patrón temporal de actividad física característico de los niños.

A pesar de las limitaciones previamente mencionadas, el monitoreo de la frecuencia cardíaca ha provisto una estimación

válida y confiable de la actividad física de los niños, particularmente durante períodos sostenidos de actividad de intensidad moderada a alta, y la vasta cantidad de datos recolectados ha provisto a los investigadores, en los pasados veinte años, un mayor conocimiento de la naturaleza de la actividad física de los niños.

## Podometría

Leonardo da Vinci diseñó el podómetro aproximadamente hace unos 500 años (Gibbs-Smith, 1978); el cual es un simple sensor mecánico del movimiento que registra las aceleraciones y desaceleraciones en una sola dirección de movimiento. En general el podómetro provee una medida de la actividad física total, o de los movimientos, en un período de tiempo determinado, aunque en la actualidad hay disponibles modelos más sofisticados. Las bien documentadas desventajas de este método incluyen la incapacidad del podómetro de medir la intensidad, registrar cuentas durante actividades tales como el ciclismo y registrar incrementos en el gasto energético producidos por el transporte de objetos o por caminar/correr cuesta arriba (Rowlands, 2001; Rowlands et al., 1997) Los primeros estudios que utilizaron podómetros mecánicos concluyeron que eran imprecisos para contar pasos o medir la distancia caminada (Gayle et al., 1977; Kemper and Verschuur, 1977; Saris and Binkhorst, 1977; Washburn et al., 1980). Sin embargo, durante los últimos diez a quince años, los estudios han provisto evidencia de la confiabilidad y validez de los podómetros electrónicos para la cuantificación de la distancia caminada, número de pasos (Bassett et al., 1996), valoración de la actividad física total (Sequeira et al., 1995) y estimación de la intensidad y duración de la actividad física (Tudor-Locke et al., 2005; Rowlands and Eston, 2005). La confiabilidad y validez difieren entre las marcas y por lo tanto es importante consultar algunos estudios comparativos (e.g. Schneider et al., 2004; Tudor-Locke et al., 2006) y evaluar la precisión de los podómetros con la población de interés antes de comenzar un estudio.

Kilanowski et al. (1999) investigaron la validez de la podometría como medida de la actividad física diaria de niños de entre 10-12 años utilizando mediciones contemporáneas de podometría (Yamax Digi-walker SW-200, Yamasa, Tokyo, Japan), acelerometría triaxial (Tritrac Professional Products, Reining International, Madison, WI, USA) y observación. Las cuentas del podómetro se correlacionaron significativamente tanto con la observación como con la acelerometría triaxial durante actividades recreacionales de alta y baja intensidad. En el mismo año, un estudio llevado a cabo en nuestro laboratorio mostró que la actividad física medida mediante podometría o mediante un acelerómetro triaxial Tritrac, se correlacionaron positivamente con la aptitud física (Tritrac  $r = -0.42$ ; Podómetro =  $-0.42$   $p < 0.05$ ) en 34 niños y niñas de entre 8-10 años de edad (Rowlands et al., 1999). Es destacable que un simple podómetro exhibiera las mismas relaciones con la aptitud física y la adiposidad que el relativamente sofisticado Tritrac. En contraste, las medidas contemporáneas del tiempo de actividad por sobre umbrales de intensidad moderada y alta no se correlacionaron con la adiposidad corporal.

En los últimos diez años, ha habido un creciente número de estudios que han utilizado la podometría para valorar la actividad física de los niños. El método es objetivo, poco costoso, no obstructivo e ideal para grandes poblaciones, o en cualquier situación en donde se requiera solo la medición de la actividad física total y donde no se requiera de un patrón de actividad física. Recientes estudios han mostrado correlaciones positivas entre la cantidad de pasos diarios de los niños y la aptitud aeróbica (Le Masurier and Corbin, 2006), la densidad ósea (Rowlands et al., 2002), el bienestar psicológico (Parfitt and Eston, 2005) y correlaciones negativas con la adiposidad corporal (Duncan et al., 2006).

Existe una posibilidad de que el acto de llevar un monitor de actividad física cause que un niño tenga un comportamiento reactivo. Esto es definido como "un cambio en los niveles normales de actividad física debidos al conocimiento del participante de que se están monitoreando sus niveles de actividad física" (Welk et al., 2000, p.59). La probabilidad de un comportamiento reactivo es potencialmente mayor cuando la actividad física es valorada utilizando podómetros ya que los niños pueden conocer los valores arrojados por los mismos y/o pueden constatar sus valores a lo largo del día. Esto puede llevar a que los investigadores "escondan" los valores de los niños sellando los podómetros. Los resultados pueden ser controlados de diversas formas. Si se desea el máximo nivel de control, los investigadores pueden visitar los colegios todos los días y registrar los valores de los podómetros en cada niño y resellar el podómetro una vez que se ha efectuado la lectura. Sin embargo, esto es un problema los fines de semana, y algunos investigadores prefieren proveer un podómetro para cada día de medición (bien marcado) y el niño simplemente utiliza el podómetro indicado cada día y devuelve todos los podómetros al final del estudio. Alternativamente, se pueden hacer participar a los padres/tutores para que registren los valores de los podómetros y resellen el podómetro una vez que el niño se ha ido a dormir. Otros protocolos no intentan esconder los valores arrojados por el podómetro a los niños. La investigación mostrada que hay poca evidencia que indique comportamiento reactivo ya sea que los niños conozcan (Ozdoba et al., 2004) o no (Vincent and Pangrazi, 2002) los valores arrojados por el podómetro. Nosotros hemos evaluado las diferencias entre la utilización de podómetros sellados y no sellados utilizados simultáneamente por niños de entre 9-11 años y no hallamos una discrepancia consistente entre los podómetros (datos no publicados). Al parecer se pueden obtener mediciones válidas de la actividad física diaria de los niños tanto con podómetros sellados como con podómetros no sellados, sin embargo los investigadores prefieren sellar los podómetros durante el día para minimizar el riesgo de que el podómetro se accidentalmente puesto en cero y perder la información del día.

El podómetro también parece ser una herramienta motivacional que regula los niveles de actividad física. Los estudios en donde se han utilizado podómetros han demostrado un incremento en los pasos/día en adultos con objetivos establecidos o individualizados (e.g. Chan et al., 2004; Tudor-Locke et al., 2004). Los estudios con niños han mostrado que la combinación de recompensas tales como el acceso a la televisión y objetivos basados en los resultados arrojados por el podómetro, es efectiva para incrementar los niveles de actividad física de los niños (et al., 2000; Roemmich et al., 2004), pero que los objetivos basados en los resultados arrojados por el podómetro por si solos, sin las recompensas no son tan efectivos (Goldfield et al., 2006). Nosotros hemos mostrado que las intervenciones basadas en las recompensas, el ejemplo entre pares (pequeños juguetes, e.g., balones y frisbees) y retroalimentación mediante podómetros son exitosas para incrementar la actividad física en niños de entre 9-11 años de edad (datos no publicados). Por lo tanto, existe evidencia de la utilización del podómetro no solo como herramienta de medición sino también como una herramienta para provocar cambios en el comportamiento.

## **Acelerometría**

Desde el 2001, se ha producido un dramático incremento en el número de estudios que utilizan acelerómetros para valorar la actividad física en niños (Rowlands, 2007). Al igual que la podometría, la acelerometría es una medida objetiva y mide el movimiento en forma directa, lo cual es un factor importante cuando se valora la relación entre salud y actividad física. Críticamente, los acelerómetros también tienen la capacidad de tomar muestras en el tiempo permitiendo la valoración del patrón temporal de actividad así como también la intensidad y la actividad total acumulada. Sin embargo, hay una falta de estandarización respecto de cómo se deberían utilizar los acelerómetros, de que resultados deben utilizarse y como deben interpretarse los mismos. Esto limita la comparación entre los estudios y la acumulación de conocimientos relativos a la actividad física de los niños. Hacia finales del año 2004, los expertos en acelerometría se reunieron en un simposio denominado "Los Objetivos de Monitorear la Actividad Física: Cerrando las Brechas en la Ciencia de la Acelerometría" llevada a cabo en la Universidad de Carolina del Norte, Estados Unidos. La revista científica *Medicine and Science in Sports and Exercise*, subsiguientemente publicó un número especial (Noviembre del 2005) que contenía los artículos presentados en este simposio. Esta colección de artículos provee un excelente y minucioso análisis de la literatura relativa a la acelerometría y las áreas en donde no hay un consenso claro y se requiere de investigación adicional. Algunos de los temas actuales de discusión respecto del uso de la acelerometría se discuten a continuación: elección del acelerómetro, frecuencia de recolección de datos (intervalo de muestreo o momento del muestreo) y traducción de los resultados del acelerómetro en unidades significativas.

Los acelerómetros miden la aceleración en uno a tres planos ortogonales (vertical, mediolateral y anteroposterior). Los acelerómetros uniaxiales son utilizados de manera tal que el eje al que son sensibles se oriente en el plano vertical. Los acelerómetros omnidireccionales son más sensibles en el plano vertical, pero también son sensibles al movimiento en otras direcciones, siendo el resultado una composición de señales (Chen and Bassett, 2005). En contraste, los acelerómetros triaxiales consisten de tres acelerómetros ortogonales y proveen resultados para cada plano así como también una medida compuesta. Los acelerómetros comercialmente disponibles y más frecuentemente utilizados en la investigación son el acelerómetro uniaxial ActiGraph (ActiGraph, Fort Walton Beach, FL, el cual también ha sido llamado CSA, MTI y WAM), los acelerómetros omnidireccionales Actical (Mini Mitter Co., Inc., Bend OR) y Actiwatch (Mini Mitter Co., Inc., Bend, OR) y el acelerómetro triaxial RT3 (Stayhealthy, Inc., Monrovia, CA) que fue reemplazado por el acelerómetro Tritrac.

La evidencia sugiere que los acelerómetros triaxiales pueden proveer una estimación de la actividad física de los niños de mayor validez que los acelerómetros uniaxiales (Eston et al., 1998; Louie et al., 1999; Ott et al., 2000; Welk, 2005). Sin embargo, la diferencia parece ser pequeña y las altas correlaciones entre los resultados obtenidos con acelerómetros triaxiales y uniaxiales indican que ambos proveen información similar (Troost et al, 2005). Evidencia más reciente en adultos y niños indica que la acelerometría uniaxial se estabiliza o incluso comienza a declinar con velocidades de carrera mayores a 10 km/h (Brage et al., 2003a; 2003b; Rowlands et al., 2007). Esto se debe mayormente a la dominancia de la aceleración horizontal a altas velocidades de carrera, más que a la aceleración vertical. La incorporación de tres vectores en la acelerometría triaxial explica la varianza en la dominancia relativa de los vectores en las diferentes velocidades. La relevancia de esto para la valoración de la actividad física habitual de los niños, en donde son comunes períodos cortos de actividad de alta intensidad (Bailey et al, 1995) todavía debe ser investigada.

La señal proveniente del acelerómetro es integrada a través de un intervalo de tiempo dado, o período y luego se suma y se guarda. Dependiendo del modelo de acelerómetro, el período de tiempo puede ser tan corto como 1 segundo o tan largo como varios minutos. En el pasado, la vasta mayoría de los estudios establecían el período en 1 minuto, aunque se sabe que esta duración subestima los períodos de actividad de intensidad vigorosa y alta (Nilsson et al., 2002; Rowlands et al., 2006). Debido a que se ha incrementado la apreciación de la naturaleza esporádica de la actividad física de los niños, los estudios han comenzado a utilizar períodos de medición de 10 segundos (e.g. Hasselstrom et al., 2007). La selección arbitraria de períodos de 1 minutos probablemente se debió al tamaño de la memoria de los acelerómetros. Por ejemplo, los acelerómetros ActiGraph (Modelo 7164) y Triaxial RT3 son capaces de recolectar datos en períodos de 1 segundo hasta un máximo de solo nueve horas. Si se requieren los resultados de cada uno de los tres vectores del RT3, así como también

la magnitud del vector compuesto, el tiempo de registro se reduce a tres horas. Sin embargo, la última versión del ActiGraph (GT1M) tiene una memoria de 1Mb y puede recolectar datos en períodos de 1 segundo por casi seis días. Esto hace factible utilizar períodos que van desde 1 a 15 segundos para valorar objetivamente el patrón temporal de actividad física de los niños durante varios días. Se debería señalar que, en la actualidad, solo el acelerómetro RT3 puede ser utilizado en períodos de 1 s durante nueve horas a la vez. Se requieren de investigaciones adicionales para determinar si hay una subestimación de los períodos de actividad de alta intensidad, como por ejemplo carreras rápidas, con la acelerometría uniaxial.

Básquet et al (2007) y Chu et al (2005) utilizaron acelerometría de alta frecuencia, monitoreando la actividad física con los acelerómetros ActiGraph y RT3, respectivamente, para valorar el patrón de actividad física de los niños. Los patrones de actividad física fueron muy similares a aquellos obtenidos en un previo estudio de observación (Bailey et al., 1995). Además, Chu et al, demostraron que la intensidad de los períodos de actividad física estaba positivamente correlacionada con la aptitud física ( $r > 0.4$ ,  $p < 0.05$ ) y que el intervalo entre los períodos de actividad estaban positivamente correlacionados con la adiposidad corporal ( $r > 0.6$ ,  $p < 0.01$ ) en 24 niños de nueve años de la ciudad de Hong Kong, China. Sin embargo, la duración de los períodos de actividad física no estuvo correlacionada con la aptitud física o con la adiposidad. Este novel estudio destaca la potencial importancia del patrón de actividad. Los estudios futuros deberían investigar si los aspectos temporales de los patrones de actividad física pueden explicar la varianza en la salud y la aptitud física además de explicar las variables compuestas (e.g., actividad total, duración total de las actividades de intensidad moderada a alta). Por ejemplo, la investigación ha mostrado que el tiempo total acumulado en actividades físicas vigorosas está relacionada con la adiposidad en niños de entre 4-6 años (Janz et al., 2002), 5-11 años (Abbott and Davies, 2004), 8-11 años (Ekelund et al., 2004; Rowlands et al., 1999; Rowlands et al., 2006) y adolescentes (Gutin et al., 2005). ¿Hasta que punto es importante la combinación de la frecuencia, intensidad y duración de los períodos de actividad, si la actividad global es la misma?

Los resultados de los acelerómetros son unidades adimensionales comúnmente denominadas “cuentas del acelerómetro”. Estas cuentas son arbitrarias y dependen de las especificaciones de los acelerómetros y por lo tanto no pueden ser comparadas entre los diferentes tipos de acelerómetros (Chen and Bassett, 2005). Para darle un significado biológico a estos resultados, estas cuentas han sido calibradas con el gasto energético (Freedson et al., 2005). Como resultado, se han publicado umbrales de cuentas que relacionan diferentes categorías de gasto energético (incluyendo el sedentarismo) para el acelerómetro ActiGraph (e.g. Freedson et al., 1997, Puyau et al., 2002, Treuth et al., 2004, Trost et al., 2002), Actical (Heil, 2006, Puyau et al., 2004), Actiwatch (Puyau et al., 2004), Tritrac (McMurray et al., 2004, Rowlands et al., 1999) y RT3 (Rowlands et al., 2004) y que permiten a los investigadores calcular la duración de los períodos de actividad física de diferentes intensidades. Freedson et al (2005) han realizado una minuciosa discusión acerca del desarrollo de estos umbrales. El número de umbrales disponibles destaca la falta de acuerdo respecto de la interpretación de los resultados de los acelerómetros y destaca un problema actual relativo a la investigación con acelerómetros y la compatibilidad entre los estudios.

Los estudios sobre calibración tienden a tener lugar en laboratorios debido a la dificultad de utilizar una medida de criterio del gasto energético en el campo. Algunos estudios hacen foco en actividades de caminata/carrera (Freedson et al., 1997; Trost et al., 1998), mientras que otros estudios incorporan actividades de “juego libre” (Eston et al., 1998; Pfeiffer et al., 2006, Puyau et al., 2002; 2004; Rowlands et al., 2004) a la calibración. El conocimiento de las actividades utilizadas para determinar puntos de corte es importante ya que las actividades utilizadas para desarrollar el umbral de cuenta del acelerómetro tienen un importante impacto sobre los umbrales desarrollados. Por ejemplo, Eisenmann et al (2004) demostraron que la utilización de una ecuación de predicción basada en ejercicios en cinta ergométrica (Trost et al, 1998) para estimar el gasto energético con el acelerómetro ActiGraph subestima el costo energético en actividades tales como caminatas largas a ritmo individual, bowling y básquetbol en niños y niñas de 11 años. Sin embargo, las actividades fueron correctamente clasificadas como de intensidad baja o moderada a nivel grupal de acuerdo con los umbrales basados en actividades estructuradas (Puyau et al, 2002).

A pesar de los aparentes errores al estimar el gasto energético a partir de las cuentas del acelerómetro, estas tienen una correlación moderada a alta con el gasto energético evaluado con un método de criterio y en un amplio rango de actividades. Además, la precisión es entre buena y excelente para la clasificación de la intensidad de una actividad en las categorías de ligera, moderada o vigorosa. Esto puede ser suficiente para algunas cuestiones de investigación. Actualmente, la investigación está intentando determinar métodos para analizar los datos de la acelerometría que permitan identificar el modo de actividad física y clasificar la intensidad, una vez que se conoce el modo de actividad (e.g Crouter et al., 2006; Pober et al., 2006). Esto podría no solo mejorar la precisión de la estimación de la intensidad, sino también aumentar el grado de información cualitativa relativa a los patrones de actividad física del que siempre han carecido los acelerómetros.

## METODOS MULTIPLES

---

La actividad física es un comportamiento complejo y hay limitaciones asociadas con todos los métodos de medición descritos previamente. Las limitaciones asociadas con el monitoreo de la frecuencia cardíaca pueden deberse a la varianza biológica, mientras que las limitaciones asociadas con la acelerometría son mayormente biomecánicas (Brage et al, 2004). Debido a que los errores asociados con estas dos técnicas son independientes, la combinación de ambos métodos puede proveer una estimación más precisa de la actividad física que cada método por separado. El dispositivo Actiheart (Cambridge Neurotechnology, Papworth, UK) es un pequeño (10 g) monitor de frecuencia cardíaca con un acelerómetro omnidireccional integrado. Está adherido a dos electrodos de ECG que se colocan sobre el pecho. Corder et al (2005) han reportado que este dispositivo tiene una mayor precisión en la predicción del gasto energético de los niños durante caminatas y carreras en cinta ergométrica en comparación con la acelerometría y el monitoreo de la frecuencia cardíaca por si solos. En la actualidad, el costo del Actiheart prohíbe su utilización en estudios que no sean a pequeña escala. Sin embargo, el dispositivo Actiheart podría proveer una medida de criterio válida de la actividad física para su utilización en el campo.

## CONCLUSIONES

---

En resumen, la actividad física de los niños está caracterizada por períodos cortos y frecuentes de actividad. Este patrón ha sido identificado utilizando protocolos de observación y técnicas de monitoreo con acelerometría de alta frecuencia. Debido a la naturaleza de la actividad de los niños y a la limitada capacidad de los niños para recordar las actividades realizadas, se recomienda la utilización de métodos objetivos para la valoración de su actividad física. El monitoreo de la frecuencia cardíaca fue ampliamente utilizado como una medición objetiva de la actividad física de los niños. Sin embargo, si bien refleja con precisión la actividad en períodos sostenidos de intensidad moderada a alta, no es adecuado para reflejar la actividad física a intensidades bajas o para reflejar rápidos cambios en la actividad física. Los podómetros proveen una valoración válida, confiable y poco costosa de la actividad física total, pero no proveen ninguna información referente al patrón o intensidad de la actividad. Los pasos diarios totales realizados por los niños han mostrado correlacionar con diversos aspectos de la salud. Además, el podómetro parece ser una herramienta motivacional para incrementar los niveles de actividad física además de ser una herramienta de medición. La acelerometría provee una valoración válida y confiable del patrón de actividad física así como también de la actividad física total, y su utilización se ha incrementado desproporcionadamente desde 2001. Ninguna medición está libre de limitaciones, no obstante el dispositivo Actiheart, que combina un acelerómetro con un monitor de frecuencia cardíaca, parece proveer una estimación más precisa del gasto energético que cualquier método por separado. Si bien el costo de esta unidad lo hace prohibitivo para estudios a gran escala, podría proveer una medida de criterio para la validación de otras medidas de campo.

### Puntos Clave

- Se recomienda la utilización de medidas objetivas para valorar la actividad física en los niños
- Los podómetros proveen una medida objetiva y poco costosa de la actividad física total que tiene una alta correlación con técnicas más sofisticadas, e.g., acelerometría; y ha sido utilizada para identificar relaciones entre la salud y la actividad física en los niños.
- La acelerometría permite la examinación de los patrones temporales y de la intensidad de la actividad física de los niños, incluyendo la actividad física esporádica y los períodos de actividad física.

## REFERENCIAS

---

1. Abbott R.A., Davies P.S. (2004). Habitual physical activity and physical activity intensity: their relation to body composition in 5. 0-10.5-y-old children. *European Journal of Clinical Nutrition* 58, 285-291 [PubMed]
2. Armstrong N. (1998). Young people's physical activity patterns as assessed by heart rate. *Journal of Sports Sciences*. 16, S9-S16 [PubMed]
3. Armstrong N., Balding J., Gentle P, Kirby B., (1990). Patterns of physical activity among 11-16 year old British children. *British Medical Journal*, 301, 203-205 [PMC free article] [PubMed]
4. Armstrong N., Bray S. (1990). Primary schoolchildren's physical activity patterns during autumn and summer. *Bulletin of Physical Education* 26, 23-26

5. Armstrong N., Bray S. (1991). Physical activity patterns defined by continuous heart rate monitoring. *Archives of Disease in Childhood* 66, 245-247 [PMC free article] [PubMed]
6. Armstrong N., Welsman J.R. (2006). The physical activity patterns of European youth with reference to methods of assessment. *Sports Medicine* 36, 1067-1086 [PubMed]
7. Armstrong N., Welsman J.R., Kirby B.J. (2000). Longitudinal changes in 11-13-year-olds' physical activity. *Acta Paediatrica* 89, 775-780 [PubMed]
8. Bailey R.C., Olson J., Pepper S.L., Porszasz J., Barstow T.J., Cooper D.M. (1995). The level and tempo of children's physical activities: an observational study. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 27, 1033-1041 [PubMed]
9. Bassett D.R., Ainsworth B.E., Leggett S.R., Matian C.A., Main J.A., Hunter D.C., Dunacan G.E. (1996). Accuracy of five electronic pedometers for measuring distance walked. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 28, 1071-1077
10. Baquet G., Stratton G., Van Praagh E., Berthoin S. (2007). Improving physical activity assessment in children with high-frequency accelerometry monitoring: a methodological issue. *Preventive Medicine* 44, 143-147 [PubMed]
11. Berman N., Bailey R., Barstow T.J., Cooper D.M. (1998). Spectral and bout detection analysis of physical activity patterns in healthy, prepubertal boys and girls. *American Journal of Human Biology* 10, 289-297
12. Biddle S., Mitchell J., Armstrong N. (1991). The assessment of physical activity in children: a comparison of continuous heart rate monitoring, self-report and interview techniques. *British Journal of Physical Education Research Suppl.* 10, 4-8
13. Brage S., Brage N., Franks P.W., Ekelund U., Wong, M., Anderson L.B., Froberg K., Wareham N.J. (2004). Branched equation modelling of simultaneous accelerometry and heart rate monitoring improves estimate of directly measured physical activity energy expenditure. *Journal of Applied Physiology* 96, 343-351 [PubMed]
14. Brage S., Wedderkopp N., Anderson L.B., Froberg K. (2003a). Influence of step frequency on movement intensity predictions with the CSA accelerometer: A field validation study in children. *Pediatric Exercise Science* 15, 277-287
15. Brage S., Wedderkopp N., Franks P.W., Anderson L.B., Froberg K. (2003b). Reexamination of validity and reliability of the CSA monitor in walking and running. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 35, 1447-1454, 2003b [PubMed]
16. Chan C.B., Ryan D.A.J., Tudor-Locke C. (2004). Health benefits of a pedometer-based physical activity intervention in sedentary workers. *Preventive Medicine* 39, 1215-1222 [PubMed]
17. Chen K.Y., Bassett D.R. (2005). The technology of accelerometry-based activity monitors: Current and future. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 37, S490-S500 [PubMed]
18. Chu E.Y.W., Hu Y., Tsang A.M.C., McManus A.M. (2005). The influence of the distinguished pattern of locomotion to fitness and fatness in prepubertal children. *Children and Exercise XXII, 23rd Pediatric Work Physiology Meeting Conference Book, P-B-39*
19. Corder K., Brage S., Wareham N.J., Ekelund U. (2005). Comparison of PAEE from combined and separate heart rate and movement models in children. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 37, 1761-1767 [PubMed]
20. Crouter S.E., Clowers K.G., Bassett Jr D.R. (2006). A novel method for using accelerometer data to predict energy expenditure. *Journal of Applied Physiology* 100, 1324-1331 [PubMed]
21. Duncan J.S., Schofield G., Duncan E.K. (2006). Pedometer-determined physical activity and body composition in New Zealand children. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 38, 1402-1409 [PubMed]
22. Ekelund U., Sardinha L.B., Anderssen S.A., Harro M., Franks P.W., Brage S., Cooper A.R., Anderson L.B., Riddoch C., Froberg K. (2004). Associations between objectively assessed physical activity and indicators of body fatness in 9- to 10-y-old European children: a population-based study from 4 distinct regions in Europe (the European Youth Heart Study). *American Journal of Clinical Nutrition* 80, 584-590 [PubMed]
23. Eisenman J.C., Strath S.J., Shadrick D., Rigsby P., Hirsch N., Jacobson L. (2004). Validity of uniaxial accelerometry during activities of daily living in children. *European Journal of Applied Physiology* 91, 259-263 [PubMed]
24. Eston R.G., Rowlands A.V., Ingledew D.K. (1998). Validity of heart rate, pedometry and accelerometry for predicting the energy cost of children's activities. *Journal of Applied Physiology* 84, 362-371 [PubMed]
25. Freedson P.S., Melanson E., Sirad J. (1997). Calibration of the Computer Science and Applications, Inc. *accelerometer*. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 29, S45
26. Freedson P.S., Pober D., Janz K.F. (2005). Calibration of accelerometer output for children. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 37, S523-S530 [PubMed]
27. Gayle R., Montoye H.J., Philpot J. (1977). Accuracy of pedometers for measuring distance walked. *Research Quarterly for Exercise and Sport* 48, 632-636 [PubMed]
28. Gibbs-Smith C. (1978). The Inventions of Leonardo da Vinci. *London: Phaidon Press Ltd.* 31-43
29. Gleitman H. (1996). Basic Psychology. 4th ed. *New York: Norton and Company*
30. Goldfield G.S., Kalakanis L.E., Ernst M.M., Epstein L.H. (2000). Open-loop feedback to increase physical activity in obese children. *International Journal of Obesity and Related Metabolic Disorders* 24, 888-892 [PubMed]
31. Goldfield G.S., Mallory R., Parker T., Cunningham T., Legg C., Lumb A., Parker K., Prud'homme D., Gaboury I., Adamo K.B. (2006). Effects of open-loop feedback on physical activity and television viewing in overweight and obese children: a randomized, controlled trial. *Pediatrics* 118, e157-166 [PubMed]
32. Gutin B., Yin Z., Humphries M.C., Barbeau P. (2005). Relations of moderate and vigorous physical activity to fitness and fatness in adolescents. *American Journal of Clinical Nutrition* 81, 746-750 [PubMed]
33. Harro M., Riddoch C. (2000). Physical activity. *Paediatric Exercise science and Medicine*. Armstrong N., editor. and van Mechelen, W. *Oxford: Oxford University Press*; 77-84
34. Hasselstrøm H., Karlsson K.M., Hansen S.E., Grønfjeldt V., Froberg K., Andersen L.B. (2007). Peripheral Bone Mineral Density and Different Intensities of Physical Activity in Children 6-8 Years Old: The Copenhagen School Child Intervention Study. *Calcified Tissue International* 80, 31-38 [PubMed]
35. Heil D. (2006). Predicting activity energy expenditure using the Actical activity monitor. *Research Quarterly for Exercise and Sport* 77, 64-80 [PubMed]



36. Janz K.F., Levy S.M., Burns T.L., Torner J.C., Willing M.C., Warren J.J. (2002). Fatness, physical activity and television viewing in children during the adiposity rebound period: The Iowa bone development study. *Preventive Medicine* 35, 563-571 [PubMed]
37. Janz K.F., Golden J.C., Hansen J.R., Mahoney L.T. (1992). Heart rate monitoring of physical activity in children and adolescents: The Muscatine study. *Pediatrics* 89, 256-261 [PubMed]
38. Kemper H.C.G., Verschuur R. (1977). Validity and reliability of pedometers in habitual activity research. *European Journal of Applied Physiology* 37, 71-82 [PubMed]
39. Kilanowski C.K., Consalvi A.R., Epstein L.H. (1999). Validation of an electronic pedometer for measurement of physical activity in children. *Pediatric Exercise Science* 11, 63-68
40. Le Masurier G.C., Corbin C.B. (2006). Step counts among middle school students vary with aerobic fitness level. *Research Quarterly for Exercise and Sport* 77, 14-22 [PubMed]
41. Livingstone M.B.E., Coward A.W., Prentice A.M., Davis P.S., Strain J.J., McKenna P.G., Mahoney C.A., White J.A., Stewart C.M., Kerr M.J. (1992). Daily energy expenditure in free-living children: comparison of heart rate monitoring with the doubly labelled water method. *American Journal of Clinical Nutrition* 56, 343-352 [PubMed]
42. Louie L.R.G., Eston A.V., Rowlands K.K., Tong D.K., Ingledew H.F. Fu. (1999). Validity of heart rate, pedometry, and accelerometry for estimating the energy cost of activity in Chinese boys. *Pediatric Exercise Science* 11, 229-239
43. McManus A., Armstrong N. (1995). Patterns of physical activity among primary schoolchildren. *Children in Sport. Ring FJ., editor. Bath: University Press; 17-23*
44. McMurray R.G., Baggett C.D., Harrell J.S., Pennell M.L., Bangdiwala S.I. (2004). Feasibility of the Tritrac R3D accelerometer to estimate energy expenditure in youth. *Pediatric Exercise Science* 16, 219-230
45. Nilsson A., Ekelund U., Yngve A., Sjostrom M. (2002). Assessing physical activity among children with accelerometers using different time sampling intervals and placements. *Pediatric Exercise Science* 14, 87-96
46. Ott A.E., Pate R.R., Trost S.G., Ward D.S., Saunders R. (2000). The use of uniaxial and triaxial accelerometers to measure children's free play physical activity. *Pediatric Exercise Science* 12, 360-370
47. Ozdoba R., Corbin C., Le Masurier G. (2004). Does reactivity exist in children when measuring activity levels with unsealed pedometers. *Pediatric Exercise Science* 16, 158-166
48. Parfitt G., Eston R.G. (2005). The relationship between children's habitual activity level and psychological well-being. *Acta Paediatrica* 94, 1791-1797 [PubMed]
49. Pfeiffer K.A., McIver K.L., Dowda M., Almeida M.J., Pate R.R. (2006). Validation and calibration of the Actical accelerometer in preschool children. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 38, 152-157 [PubMed]
50. Pober D.M., Staudenmayer J., Raphael C., Freedson P.S. (2006). Development of novel techniques to classify physical activity mode using accelerometers. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 38, 1626-1634 [PubMed]
51. Puyau M.R., Adolph A.L., Vohra F.A., Butte N.F. (2002). Validation and calibration of physical activity monitors in children. *Obesity Research* 10, 150-157 [PubMed]
52. Puyau M.R., Adolph A.L., Vohra F.A., Zakeri I., Butte N.F. (2004). Prediction of activity energy expenditure using accelerometers in children. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 36, 1625-1631 [PubMed]
53. Ridloch C.J., Boreham C.A.G. (1995). The health-related physical activity of children. *Sports Medicine* 19, 86-102 [PubMed]
54. Roemmich J.N., Gurgol C.M., Epstein L.H. (2004). Open-loop feedback increases physical activity of youth. *Medicine Science in Sports and Exercise* 36, 668-673 [PubMed]
55. Rowlands A.V. (2007). Accelerometer assessment of physical activity in children: an update. *Pediatric Exercise Science* 19, 252-266 [PubMed]
56. Rowlands A.V. (2001). Field measures of assessing physical activity and energy balance. *Exercise Physiology and Kinanthropometry Laboratory Manual: Tests, Procedures and Data. Volume 1 Anthropometry 2nd edition. Eston R.G., Reilly T., editors. Routledge, London: 151-170*
57. Rowlands A.V., Eston R.G. (2005). Comparison of accelerometer and pedometer measures of physical activity in boys and girls, aged 8-10 yrs. *Research Quarterly for Exercise and Sport* 76, 251-257 [PubMed]
58. Rowlands A.V., Eston R.G., Ingledew D.K. (1997). Measurement of physical activity in children with particular reference to the use of heart rate and pedometry. *Sports Medicine* 24, 258-272 [PubMed]
59. Rowlands A.V., Eston R.G., Ingledew D.K. (1999). The relationship between activity levels, aerobic fitness, and body fat in 8- to 10-yr-old children. *Journal of Applied Physiology* 86, 1428-1435 [PubMed]
60. Rowlands A.V., Eston R.G., Powell S.M. (2006). Total physical activity, activity intensity and body fat in 8 to 11 year old boys and girls. *Journal of Exercise Science and Fitness*, 4, 97-103
61. Rowlands A.V., Ingledew D.K., Eston R.G. (2000). The effect of type of activity measure on the relationship between body fatness and habitual physical activity in children: A meta-analysis. *Annals of Human Biology* 27, 479-497 [PubMed]
62. Rowlands A.V., Powell S.M., Eston R.G., Ingledew D.K. (2002). Relationship between bone mass, objectively measured physical activity and calcium intake in 8-11 year old children. *Pediatric Exercise Science* 14, 358-368
63. Rowlands A.V., Powell S.M., Humphries R., Eston R.G. (2006). The effect of accelerometer epoch on physical activity output measures. *Journal of Exercise Science and Fitness* 4, 51-57
64. Rowlands A.V., Stone M.R., Eston R.G. (2007). Influence of speed & step frequency during walking & running on motion sensor output. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 39, 716-727 [PubMed]
65. Rowlands A.V., Thomas P.W.M., Eston R.G., Topping R. (2004). Validation of the RT3 triaxial accelerometer for the assessment of physical activity. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 36, 518-524 [PubMed]
66. Saris W.H.M., Binkhorst R.A. (1977). The use of pedometer and actometer in studying daily physical activity in man. *Part I. Reliability of pedometer and actometer. European Journal of Applied Physiology* 37, 219-228 [PubMed]
67. Schneider P.L., Crouter S.E., Bassett D.R. (2004). Pedometer measures of free-living physical activity: comparison of 13 models. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 36, 331-335 [PubMed]

68. Sequeira M.M., Rickenbach M., Wietlisbach V., Tullen B., Schutz Y. (1995). Physical activity assessment using a pedometer and its comparison with a questionnaire in a large population survey. *American Journal of Epidemiology* 142, 989-999 [PubMed]
69. Treuth M.S., Schmitz K., Catellier D.J., McMurray R.G., McMurray D.M., Almeida M.J., Going S., Norman J.E., Pate R. (2004). Defining accelerometer thresholds for activity intensities in adolescent girls. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 36, 1259-1266 [PMC free article] [PubMed]
70. Trost S.G., Pate R.R., Sallis J.F., Freedson P.S., Taylor W.C., Dowda M., Sirad J. (2002). Age and gender differences in objectively measured physical activity in youth. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 34, 350-355 [PubMed]
71. Trost S.G., McIver K.L., Pate R.R. (2005). Conducting accelerometer-based activity assessments in field-based research. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 37, S531-S543. [PubMed]
72. Trost S.G., Ward S.S., Moorehead S.M., Watson P.D., Riner W., Burke J.R. (1998). Validity of the computer science and applications (CSA). *activity monitor in children. Medicine and Science in Sports and Exercise* 30, 629-633 [PubMed]
73. Tudor-Locke C., Bell R.C., Myers A.M., Harris S.B., Ecclestone S.A., Lauson N., Rodger N.W. (2004). Controlled outcome evaluation of the First Step Program: a daily physical activity intervention for individuals with type II diabetes. *International Journal of Obesity and Related Metabolic Disorders* 28, 113-119 [PubMed]
74. Tudor-Locke C., Sisson S.B., Collova T., Lee S.M., Swan P.D. (2005). Pedometer-determined step guidelines for classifying walking intensity in a young ostensibly healthy population. *Canadian Journal of Applied Physiology* 30, 666-676 [PubMed]
75. Tudor-Locke C., Sisson S.B., Lee S.M., Craig C.L., Plotnikoff R.C., Bauman A. (2006). Evaluation of quality of commercial pedometers. *Canadian Journal of Public Health* 97, S10-S15 [PubMed]
76. Vincent S., Pangrazi R.P. (2002). Does reactivity exist in children when measuring activity level with pedometers. *Pediatric Exercise Science* 14, 56-63
77. Washburn R., Chin M.K., Montoye H.J. (1980). Accuracy of pedometer in walking and running. *Research Quarterly for Exercise and Sport* 51, 695-702 [PubMed]
78. Welk G.J., Corbin C.B., Dale D. (2000). Measurement issues in the assessment of physical activity in children. *Research Quarterly for Exercise and Sport* 71, 59-73 [PubMed]
79. Welk G.J. (2005). Principles of design and analyses for the calibration of accelerometry-based activity monitors. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 37, S501-511 [PubMed]
80. Welsman J.R., Armstrong N. (1997). Physical activity patterns of 5 to 11-year-old children. *Children and Exercise XIX: promoting health and well-being. Armstrong N., Kirby B.J., Welsman J.R., editors. London: E & FN Spon; 139-144*
81. Welsman J.R., Armstrong N. (1998). Physical activity patterns of 5-to-7-year-old children and their mothers. *European Journal of Physical Education* 3, 145-155
82. Welsman J.R., Armstrong N. (2000). Physical activity patterns in secondary schoolchildren. *European Journal of Physical Education* 5, 147-157

### Cita Original

Ann V. Rowlands and Roger G. Eston (2009). The Measurement And Interpretation Of Children is Physical Activity. *Journal of Sports Science and Medicine* 6, 270 - 276