



Revisión

Actividad física y acelerometría; orientaciones metodológicas, recomendaciones y patrones

Fernando Calahorra Cañada^{1,2}, Gema Torres-Luque^{1,2}, Iván López-Fernández³, Alejandro Santos-Lozano⁴, Nuria Garatachea⁵ y Elvis Álvarez Carnero³

¹Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación. Universidad de Jaén. ²Grupo de investigación Ciencia y Deporte SEJ470. ³Laboratorio de Biodinámica y Composición Corporal. Universidad de Málaga. ⁴Facultad de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte. Universidad de León. ⁵Facultad de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte. Universidad de Zaragoza. España.

Resumen

Introducción: En los últimos años, ha cobrado especial importancia el empleo de acelerómetros para valorar la actividad física de niños y jóvenes. La metodología utilizada en el uso de la acelerometría determina los resultados obtenidos y condiciona la posibilidad de comparar diferentes estudios.

Objetivo: El objetivo de esta revisión, se centra en aspectos metodológicos relacionados con la evaluación de la actividad física en escolares utilizando la acelerometría.

Metodología: Se realizó una revisión de la literatura de los artículos incluidos en las bases de datos Medline/Pubmed y Scielo que utilizaran acelerómetros con participantes en edad escolar entre Enero de 2002 y Agosto de 2013, seleccionándose 133 artículos científicos.

Resultados: Parece existir un cierto consenso respecto a la elección del lugar de colocación, el tiempo de registro y el empleo de epochs cada vez más reducidos; sin embargo, se encuentra una gran variabilidad respecto al modelo de acelerómetro empleado y los puntos de corte seleccionados.

Discusión y Conclusiones: Los diferentes criterios empleados, dificultan la comparación en la metodología empleada entre estudios a pesar de que existan ciertos puntos en común entre ellos.

(Nutr Hosp. 2015;31:115-128)

DOI:10.3305/nh.2015.31.1.7450

Palabras clave: Escuelas. Promoción. Educación Física y Entrenamiento. Adolescente.

PHYSICAL ACTIVITY AND ACCELEROMETER; METHODOLOGICAL TRAINING, RECOMMENDATIONS AND MOVEMENT PATTERNS IN SCHOOL

Abstract

Introduction: Over the last years, the use of accelerometers has become relevant to quantify physical activity among youth. Methods used with accelerometers might modify the results and the possibility to compare different papers. These devices have been proved to be effective and valid quantifying long periods of physical activity compared to other methods.

Objective: To show methodological criteria regarding physical activity assessed by accelerometry with schoolars.

Methodology: It was conducted a review of the literature related to accelerometers and scholar-aged subjects at PubMed from January 2002 to August 2013, selecting 133 papers.

Results: As far as it is shown, it appears to be some tendencies related to the choice of attachment of the device, wearing time and a shorter epoch-length; however, it has been found a wide variability regarding the model of accelerometer and cutoff points used.

Discussion and Conclusions: The different criterion used makes it difficult to compare methodological aspects among studies in spite of some papers carried out similar methods.

(Nutr Hosp. 2015;31:115-128)

DOI:10.3305/nh.2015.31.1.7450

Key words: Schools. Promotion. Physical Education and Training. Adolescent.

Correspondencia: Dra. Gema Torres-Luque.
Universidad de Jaén.
Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación.
Campus de las lagunillas (Edificio D2).
23071 Jaén
E-mail: gtluque@ujaen.es

Recibido: 24-III-2014.
1.ª Revisión: 6-V-2014.
2.ª Revisión: 13-VII-2014.
Aceptado: 21-IX-2014.

Abreviaturas

AF: Actividad física.
ACL: Acelerómetro.
EF: Educación Física.
MV: Intensidad desde Moderada a Vigorosa

Introducción

La relación entre la práctica regular de actividad física (AF) y la salud, ha sido reconocida en diversos estudios que destacan la práctica físico-deportiva como una variable esencial asociada a una vida saludable. En este sentido, se han observado beneficios de carácter físico y psicológico, tales como la mejora de la *salud metabólica*, la prevención de la obesidad y *el control de los factores de riesgo de las enfermedades cardiovasculares*¹⁻⁴. Es por estos motivos, que la AF ha sido estudiada con el fin de entender los patrones y características del movimiento humano y las relaciones con enfermedades crónicas, cardiovasculares y relacionadas con la obesidad^{3,5}. Una valoración precisa y detallada de la AF es un requisito fundamental para entender la relación entre salud y enfermedad⁵⁻⁸. Desde la década de los años 50 y posteriormente en los 80 del siglo XX, se han encontrado estudios que hacen referencia a la evaluación de la AF medida de manera directa, además de la evaluación de parámetros cardiorespiratorios como un indicador de la práctica de AF⁹⁻¹². Posteriormente, alrededor de la década de los 90, han sido utilizados principalmente cardio-frecuencímetros^{13,14} y podómetros¹⁵ para la evaluación de la AF. En la actualidad, y a pesar de que éstos últimos instrumentos siguen empleándose para valorar la AF, los acelerómetros (ACLs) han comenzado a ser utilizados con más frecuencia en poblaciones escolares respecto a los anteriores instrumentos descritos, fundamentalmente desde el año 2000^{6,8,16-20}. El objetivo principal de los mismos ha sido cuantificar los parámetros fundamentales de la AF: Tiempo total, intensidad y frecuencia²¹. La posibilidad de recopilar la información objetiva de la carga de la AF, ha llevado a sustituir los métodos clásicos indirectos como cuestionarios, auto-informes e informes paternos por el uso de la acelerometría^{8,22}. Estos métodos no proporcionan una medición directa del estrés fisiológico y/o mecánico; y además están sujetos a gran subjetividad, pudiendo inducir a errores al estar influenciados por la capacidad para recordar la AF de manera retrospectiva, así como la percepción personal de los sujetos^{6,23-26}. El ACL resuelve los problemas de la subjetividad, y además tiene como ventajas, su reducido tamaño, la facilidad de transporte y una mínima interferencia en la vida diaria; adicionalmente, poseen una alta capacidad de almacenamiento de datos (desde días a semanas), una gran precisión y la posibilidad de cuantificar la intensidad del movimiento^{6-8,17}. Todo ello permite el registro objetivo de la carga asociada a la mayoría de la AF realizada por niños, jóvenes y adultos. Sin embargo, aunque su aplicación es simple y rápida, el tratamiento de los datos, su validez y su reproductibilidad son aspectos sensibles, los cuales necesitan cumplir unos criterios metodológicos precisos para obtener datos de calidad. Por lo tanto, el objetivo de esta revisión, es conocer la metodología utilizada en el uso de los acelerómetros para estimar la actividad física en población escolar.

Metodología

Se revisaron los artículos originales en inglés y castellano registrados en las bases de datos MEDLINE/Pubmed y SciELO, introduciéndose las siguientes palabras clave en sus motores de búsqueda: “accelerometers”, “children”, “adolescents”, “physical activity”, “physical activity levels”, “recess”, “physical education”, “after-school”, “school”, “high school”, “intervention”, “patterns”, “bouts”, “epoch”, “calibration”, “validation”, “accuracy”, “precision”, “cut-offs”, “cut-points”, “data analysis”. Se emplearon las conjunciones “and” y “or”. Como criterios de selección adicionales, se tuvieron en cuenta las investigaciones donde la edad de la muestra de estudio oscilase entre 3 y 19 años y que estuviesen publicados entre Enero del año 2002 y Agosto de 2013. Se excluyeron los estudios de casos, conferencias, artículos en prensa, artículos repetidos, opiniones y estudios en los que participaban personas con algún tipo de patología. En un segundo nivel de concreción, se seleccionaron los que indicasen claramente aspectos metodológicos y técnicos en el empleo de acelerómetros, como edad, población de estudio, modelo, tiempo de exposición, lugar de colocación y puntos de corte. En total se seleccionaron 133 artículos científicos.

Resultados

Se destacan a continuación los resultados más representativos de la revisión sistemática llevada a cabo, en diferentes apartados metodológicos.

Tipo de ACL

Los ACLs son pequeños instrumentos electrónicos que miden la magnitud de los cambios de la aceleración del centro de masas del cuerpo durante el movimiento²². Su resultado es expresado en una unidad adimensional denominada “counts”, que es el sumatorio de los valores absolutos de cambios de aceleración en un período o intervalo de tiempo específico, que va desde 1 a 60 segundos (este tiempo es conocido como Epoch)^{22,27}. Este nivel de aceleración respecto al movimiento, puede ser registrado en cada uno de sus tres ejes de referencia. Al respecto, en el mercado existen una variada gama de ACLs, uniaxiales, que registran aceleraciones en un solo eje, generalmente el vertical; los biaxiales, que miden dos ejes; y los triaxiales, los cuales registran el cambio de aceleración en los tres ejes en tres planos ortogonales, midiendo por separado en cada uno de ellos, así como un sumatorio total del movimiento en los 3 ejes^{5,6,17,22,28}. Hasta el 2009, los modelos de ACLs que han sido usados con mayor asiduidad en la literatura con escolares, son los uniaxiales de la marca ActiGraph (el cual también ha sido llamado CSA, MTI y WAM), Actical y Actiwatch, y el ACL triaxial RT3 que fue reemplazado por el ACL Tritrac^{6,17}. El modelo Actigraph GT1M se ha validado

con éxito para diferentes poblaciones y los datos de movimiento en su eje vertical siguen siendo los más utilizados^{2,29}. El avance de la tecnología permitió que a partir de 2010, apareciera un nuevo modelo, el ACL triaxial Actigraph GT3X, el cual almacena el movimiento en los tres ejes ortogonales, vertical (y), horizontal izquierda y derecha (x) y, horizontal adelante y atrás (z), incluyendo además el vector magnitud de los tres ejes³⁰.

A pesar de que la tecnología y el paradigma del acelerómetro son aspectos ampliamente conocidos, la validación de los nuevos modelos para la medición fiable y válida de los parámetros de la AF es un aspecto fulcral en la investigación. El objetivo de la validación, consiste según Strath y colaboradores³¹ en establecer una relación entre las señales generadas por el ACL y la cantidad de movimiento realizado. Por ello, se precisa validar la mecánica de los ACLs que se utilizan comúnmente para la evaluación de la AF en los seres humanos^{16,32}, pues la complejidad de los movimientos implica equipos que consigan registrar movimiento en 3 dimensiones, además de establecer umbrales máximos y mínimos de sensibilidad acordes con las aceleraciones de los seres humanos. Actualmente el ACL triaxial Actigraph GT3X, ya ha sido validado con niños, adultos y mayores^{30,33,34}. Adicionalmente, este equipo registra los datos en bruto (raw data) a una frecuencia de 30 a 100 Hz³⁵, lo cual aumenta las posibilidades del procesamiento de los datos; en este sentido, la gran evolución que ha experimentado el “software” permite un tratamiento de los registros mucho más rápido, simple y variable que en el pasado. Es por estos motivos que representa un instrumento de elección en la investigación con niños.

Son diversos los autores^{8,17,31,32,36,37} que indican que de manera general, no aparecen diferencias respecto a la validez y fiabilidad entre modelos para estimar AF en niños y jóvenes. Por ello, la selección del mismo depende fundamentalmente del motivo del estudio, de las características de interés respecto a la población a estudiar, del grado de aplicación, la comparación de datos con otros estudios, o si se pretende calibrar y/o validar otras herramientas de evaluación de la AF (Tabla I).

Lugar de colocación

Los ACLs pueden ser colocados en diferentes localizaciones del cuerpo del sujeto a través de una banda elástica. Trost y colaboradores³⁶ indican que deberían estar colocados lo más cerca posible del centro de masas del cuerpo. Entre los lugares más comunes destacan: la cintura, cadera derecha, la parte baja de la espalda y, en menor medida, la muñeca, el tobillo y el muslo^{8,22,36,38}. El análisis de la literatura indica que el lugar ideal con niños sería la intersección de la cadera derecha con la cintura (encima de la cresta ilíaca), ya que es el lugar más próximo al centro de gravedad, y es más cómodo que la espalda, que podría molestar al sentarse o al estar en una posición de espalda pegada a la pared o a un compañero

Tiempo de exposición/registro

El tiempo de exposición/registro del ACL hace referencia al volumen de días que el ACL estará recopilando información (normalmente se coloca el día antes de comenzar la grabación, la cual se programa/activa mediante un reloj interno desde el software). Este tiempo puede variar en función de los objetivos del estudio, desde 4 a 7 días (Tabla 1), no obstante, en jóvenes se recomienda su uso durante 7 días⁸, donde existan días lectivos y fin de semana³⁹⁻⁴⁶. Una vez descargados los datos, el registro se considera adecuado si, el niño tiene lecturas válidas de como mínimo 5 días, 4 de contexto escolar y uno de fin de semana, lo cual permitirá conocer el comportamiento general del chico. Sin embargo, este no es el único requisito temporal para tener registros válidos, también es importante el cómputo total de tiempo que se tiene puesto el ACL a lo largo de un día. Para que los valores sean válidos, se debe tener puesto un mínimo de 10 horas en días lectivos y 8 horas los días no lectivos (fiesta y/o fin de semana), lo que equivale a un 41,1% y 33,1% de todo el día respectivamente^{25,47}. Como el ACL se quita para actividades acuáticas o ducha y para dormir, en ocasiones, los niños olvidan colocarlo. Por ello, quienes no cumplan estos parámetros, no deben ser considerados como sujetos válidos, ni incluirse dentro de los sujetos de estudio en el posterior análisis de los datos. Dentro de las soluciones prácticas para informar de estos problemas, la utilización de un simple diario de registro es la más utilizada, en este se anota la hora a la que se lo quita y se lo pone, y el motivo (como puede ser dormir y realizar alguna actividad acuática); así, algunos de los registros pueden resultar válidos después de corregir los mismos (por ejemplo, un niño que haya pasado 2 horas en la piscina un fin de semana, puede no llegar a las 8 horas; u otro, que se ha pasado 6 horas en la playa).

Epochs

Los epochs hacen referencia al intervalo de tiempo en que el ACL almacena la información, que puede ir de 1 a 60 s²⁷. Según el tipo de ACL o población al que se administra se recomienda una u otra medida. Por ejemplo, en poblaciones jóvenes o niños el epoch debe ser corta duración²². Durante años, el epoch más empleado ha estado en torno a los 5 – 15 s, basado en que al ser la AF de los niños mas intermitente, si fuese mayor, se perderían datos significativos^{17,48}. Los alumnos de Infantil y Primaria (de 3 a 9 años), obtienen muchos picos de actividad a lo largo de un día, clasificada entre Moderada y Vigorosa, aunque estos no suceden de manera continua⁴⁹, por lo que es racional considerar un epoch próximo a 5 s. No obstante, esta recomendación ha cambiado desde que los nuevos ACLs permiten registrar con un epoch de 1 s⁵⁰. La elección del epoch al igual que el punto de corte adecuado es fundamental, ya que pueden influenciar significativamente los niveles de AF, en este sentido la frecuencia de almacenamiento recomendada es de 1 segundo (Tabla 1).

Tabla I
Metodología de los estudios con acelerómetros en escolares

<i>Autor</i>	<i>n</i>	<i>Edad</i>	<i>Población</i>	<i>Tipo</i>	<i>Colocación</i>	<i>Días</i>	<i>Epoch</i>	<i>Puntos de Corte</i>
Trost y cols. (2002)	375	De 7 a 15	P y S	CSA 7164 1X	CD	7D	60 s	----
Guerra et al. (2003)	157	De 8 a 16	P y S	CSA 7164 1X	CND	3D	60 s	Freedson et al. (1998)
Ekelund et al. (2004)	1292	De 9 a 10	P	CSA WAM 7164	CD	2DS y 2DFM	----	Propios
Riddoch et al. (2004)	2906	De 9 a 15	P y S	CSA MTI 7164	C	2DS y 2DFM	60 s	Trost et al. (2002)
Stewart y cols. (2004)	71	De 6 a 11	P	CSA	C	1DS	60 s	----
Treuth et al. (2004)	74	De 13 a 14	S	Actigraph MTI 7164	CD y CI	1D	30 s	Propios
Catellier et al. (2005)	436	De 13 a 14	S	---	----	Varios D	30 s	
Ekelund et al. (2005b)	481	De 16 a 17	S	MTI Actigraph	CD	7D	15 s	Propios
Mota et al. (2005)	22	De 8 a 10	P	CSA 7164 1X	CND	3DS	60 s	----
Ridgers et al. (2005)	228	De 5 a 10	P	Actigraph MTI 7164 1X	CD	1DS	5 s	Nilsson y cols. (2002)
Schmitz y cols. (2005)	74	De 13 a 14	S	2 Actigraph MTI 7164	CD y CI	1DS	30 s	----
Andersen y cols. (2006)	1732	De 9 a 15	P y S	Actigraph 7164	C	2DS y 2DFS	60 s	
Ekelund y cols. (2006)	1921	De 9 a 16	P y S	CSA WAM 7164	CD	2DS y 2DFS	60 s	----
Rowlands et al. (2006)	25	De 7 a 11	P	RT3X	CD	1DS	1 y 60 s	Propios
Ruiz et al. (2006)	780	De 9 a 10	P	MTI WAM 7164	CD	2-3DS y 1-2DFM	----	Trost y cols. (2002)
Verstraete et al. (2006)	235	De 10 a 11	P	Actigraph MTI 7164 1X	CD	1D	60 s	Trost y cols. (2002)
Wilkin et al. (2006)	522	De 6 a 10	P y Pre	CSA 1X	----	7D	60 s	----
Baquet y cols. (2007)	13	De 8 a 10	P	Actigraph 7164 1X	CD	7D	2 s	----
Nees y cols. (2007)	5500	De 11 a 12	----	MTI Actigraph 7164	---	3D	---	Propios, similares a Guinhouya y cols. (2006)
Ortega y cols. (2007)	472	De 12 a 16	S	MTI WAM 7164	E	4DS y 2DFS	60 s	Trost y cols. (2002)
Troiano et al. (2007)	6329	De 6 a 19	P y S	Actigraph 7164	CD	7D	60 s	----
Trost y cols. (2007)	147	De 6 a 10	P	Actigraph GT1M	CD	----	30 s	Freedson et al. (2005)
Wickel et al. (2007)	119	De 6 a 12	P	GT1M ActiGraph 1X	C	1DS	30 s	----

Tabla I (cont.)
Metodología de los estudios con acelerómetros en escolares

<i>Autor</i>	<i>n</i>	<i>Edad</i>	<i>Población</i>	<i>Tipo</i>	<i>Colocación</i>	<i>Días</i>	<i>Epoch</i>	<i>Puntos de Corte</i>
Evenson et al. (2008)	35	De 5 a 8	P y Pre	Actical y ActiGraph 1X AM 7164	Cint	2D	15 s	Propios
Frömel et al. (2008)	315	De 6 a 8	P	Caltrac 1X	CI	7D	----	----
Hagstömer et al. (2008)	248	De 12 a 17	S	Actigraph MTI, GT1M (1X)	E	7D	15 s	----
Moeller y cols. (2008)	902	De 8 a 16	P y S	Actigraph MTI, 7164 1X	----	5D	60 s	----
Roemmich y cols. (2008)	36	De 8 a 12	P	Biotrainer-Pro	C	7D	60 s	Guinhouya y cols. (2006) y Freedson y cols. (1998)
Rowlands y cols. (2008)	84	De 9 a 11	P	Actigraph GT1M 1X	CD	4DS y 2DFM	2 s	Trost y cols. (1998)
Sardinha y cols. (2008)	293	De 9 a 10	P	CSA Wam 6471 1X	CD	2DS y 2DFM	60 s	Ekelund y cols. (2004)
Corder y cols. (2009)	82	De 4 a 17	Prees y S	Actigraph MTI, 7164 1X y CSA	C	11D	60 s	Freedson et al. (1998)
Grontved et al. (2009)	146	De 3 a 6	Pre	Actigraph 7164	CD	5D	15 s	Pate y cols. (2006)
Mark y cols. (2009)	2498	De 8 a 17	P y S	Actigraph 7124 1X	CD	7D	60 s	Treuth y cols. (2004)
Martínez-Gómez et al. (2009a)	61	De 14 a 15	S	Actigraph MTI, GT1M 1X	----	3D	15 s	----
Martínez-Gómez et al. (2009b)	61	De 14 a 15	S	Actigraph MTI, GT1M 1X	----	3D	60 s	----
Metcalf et al. (2009)	307	De 5 a 8	P	Actigraph	Cint	7D	60 s	Modificado de Schmitz y cols. (2005)
Moliner-Urdiales et al. (2009)	365	De 12 a 18	S	ActiGraph MTI 1X	E	7D	15 s	Puyau y cols. (2002)
Rowlands y cols. (2009)	64	De 9 a 11	P	GT1M Actigraph 1X	CD	6D	2 s	Trost y cols. (1998)
Steele et al. (2009)	1862	De 9 a 10	P	Actigraph GT1M	CD	12 Semanas	5 s	Propios
Stone y cols. (2009a)	47	De 8 a 10	P	Actigraph GT1M	----	7D	2 s	Mattocks y cols. (2007) y Rowlands y cols. (2008)
Stone y cols. (2009b)	32	De 8 a 10	P	Actigraph GT1M	----	4DS y 2DFS	2 s	Mattocks et al. (2007) y Stone y cols. (2009a)
Sveinsson et al. (2009)	270	De 9 a 15	P y S	Actigraph MTI, 7164 1X	CD	6D	60 s	----
De Bock et al. (2010)	33	De 3 a 6	Prees	Actiheart	Torax subesternal	1DS	15 s	Propios

Tabla I (cont.)
Metodología de los estudios con acelerómetros en escolares

<i>Autor</i>	<i>n</i>	<i>Edad</i>	<i>Población</i>	<i>Tipo</i>	<i>Colocación</i>	<i>Días</i>	<i>Epoch</i>	<i>Puntos de Corte</i>
España-Romero y cols. (2010)	3528	De 12 a 18	S	Actigraph GT1M 1X	---	---	---	Ekelund y cols. (2007) y Nilsson y cols. (2009)
Martínez-Gómez y cols. (2011)	1808	De 12 a 18	S	ActiGraph GT1M 1X	C	7D	15 s	Ekelund y cols. (2007) y Nilsson y cols. (2009)
Ortega y cols. (2010)	1075	De 9 a 15	P y S	MTI WAM 7164	CD	3D	60 s	Trost y cols. (2002)
Moliner-Urdiales et al. (2010)	363	De 12 a 18	S	ActiGraph MTI 1X	E	7D	15 s	Modificados de Andersen et al. (2006)
Ridgers y cols. (2010)	98	De 9 a 12	P	Actigraph 7164 1X	C	3D	5 s	---
Silva et al. (2010)	208	De 12 a 18	S	ActiGraph MTI 7164	CD	7D	60 s	Freedson et al. (2005)
Aznar y cols. (2011)	221	De 9 a 15	P y S	ActiGraph MTI GT1M	Cint	4D (2FS y 2DS)	15 s	Andersen y cols. (2006)
Bornstein et al. (2011)	419	De 3 a 6	Prees	ActiGraph 7146	CD	14D	15 s	Pate et al. (2006); Sirard y cols. (2005); Puyau y cols. (2002); VanCauwengerghe et al. (2011); Freedson et al. (1998; 2005)
Bundy et al. (2011)	216	De 5 a 7	Pre y P	GT3X ActiGraph 3X	CD	5DS	5 s	---
Escalante et al., (2011)	783	De 6 a 11	P	Caltrac 1X	C	1 Recreo	---	---
García-Marco y cols. (2011)	373	De 12 a 18	S	Actigraph GT1M	E	7D	15 s	Andersen y cols. (2006)
Holman y cols. (2011)	2754	De 6 a 19	P y S	Actigraph 7164 1X	CD	7D	60 s	Freedson y cols. (2005)
Huberty et al. (2011)	93	De 8 a 11	P	GT1M ActiGraph 1X	---	5DS	5 s	---
Janssen et al. (2011)	1200	De 6 a 12	P	ActiGraph ActiTrainer 3X	---	15D	1 s	---
Laguna y cols. (2011)	438	Alrededor de 9	P	MTI GT1M CSA ActiGraph	CD	2DS y 2DFM	15 s	Propios
Martínez-Gómez y cols. (2011)	1808	De 12 a 18	S	ActiGraph GT1M	C	7D	15 s	Ekelund y cols. (2007)
Moliner-Urdiales et al. (2011)	363	De 12 a 18	S	ActiGraph MTI 1X	E	7D	15 s	---
Meyer y cols. (2011)	676	De 9 a 10	P	MTI/CSA 7164 y GT1M Actigraph 1X	C	4-7D	15 y 60 s	Ekelund et al. (2004)

Tabla I (cont.)
Metodología de los estudios con acelerómetros en escolares

<i>Autor</i>	<i>n</i>	<i>Edad</i>	<i>Población</i>	<i>Tipo</i>	<i>Colocación</i>	<i>Días</i>	<i>Epoch</i>	<i>Puntos de Corte</i>
Nielsen et al. (2011)	594	De 6 a 10	Pre y P	Actigraph MTI 7164	----	2DS y 2DFM	10 s	Mattocks y cols. (2007); Puyau et al. (2002); Sirard y cols. (2005); Treuth y cols. (2004); Trost et al. (1998)
Ottevaere et al. (2011)	2018	De 12,5 a 17,5	S	Actigraph MTI	E	7D	15 s	Sardinha et al. (2008)
Pulsford et al. (2011)	55	De 7 a 8	P	Actigraph GT1M 1X	CD	1D	15 s	Propios
Rigders et al. (2011)	210	De 8 a 11	P	GT1M ActiGraph 1X	Cint	7D	5 s	Freedson y cols. (1997)
Ruiz y cols. (2011)	2200	De 12 a 17	S	ActiGraph MTI GT1M	E	7D	15 s	Andersen et al. (2006)
Trost et al. (2011)	206	De 5 a 15	P y S	ActiGraph GT1M	CD	1D	1 s	Freedson y cols. (2005); Puyau y cols. (2002); Treuth y cols. (2004); Mattocks y cols. (2007); Evenson y cols. (2008)
Zaragoza y cols. (2011)	67	De 12 a 14	S	MTI 7164	Cint	7D	15 s	Treuth y cols. (2004)
Aibar y cols. (2012)	401	De 13 a 15	S	GT3X	CD	7D	15 s	Evenson y cols. (2008)
Aelterman (2012)	739	De 11 a 19	S	Actigraph 7164 1X, GT1M 3X y GT3X	C	46 clases EF	60 s	Puyau y cols. (2002)
Augustin et al. (2012)	6567	De 12 a 14	S	ActiGraph MTI GT1M	----	7D	60 s	Mattocks et al. (2007)
Bailey y cols. (2012)	100	De 10 a 14	P y S	RT3X	----	7D	----	Rowlands y cols. (2004)
Baptista y cols. (2012)	818	De 10 a 17	P y S	ActiGraph GT1M	CD	2DS y 2FS	15 s	Troiano y cols. (2008)
Ceroni et al. (2012)	100	De 10 a 16	S	ActiGraph MTI GT1M	CD	10D	60 s	Ekelund et al. (2004)
Fairclough y cols. (2012)	223	De 10 a 11	P	ActiGraph MTI GT1M	CD	7D	---	---
Kremer et al. (2012)	272	De 14 a 15	P y S	ActiGraph GT1M	Cint	218 clases EF	60 s	Propios
Martínez-Martínez et al. (2012)	32	De 11 a 12	P	ActiGraph GT1M	Cint D	7D	5 s	Andersen et al. (2006)
Perlman (2012)	69	---	S	GT1M ActiGraph 1X	CD	----	30 s	Trost et al. (2002)
Raustorp y cols. (2012)	50	De 4 a 6	Prees	GT1M ActiGraph 7164	Cint	5D	15 s	Sirard y cols. (2005)

Tabla I (cont.)
Metodología de los estudios con acelerómetros en escolares

Autor	n	Edad	Población	Tipo	Colocación	Días	Epoch	Puntos de Corte
Van Cauwenberghe et al. (2012)	573	De 5 a 6	Prees	GT1M ActiGraph 1X	CD	35 clases EF	15 s	Van Cauwenberghe et al. (2011)
Verloigne et al. (2012)	686	De 10 a 12	P y S	GT1M 1X, GT3X 3X y Actitrainer 3X	CD	4DS y 2 DFS	15 s	Treuth et al. (2004)
Adams y cols. (2013)	2217	De 6 a 17	P y S	ActiGraph 7164 1X	CD	7D	60 s	Freedson y cols. (2000); Evenson y cols (2008)
Denker et al. (2013)	167	De 7 a 13	P y S	ActiGraph MTI 7164	CD	4D	10 s	Propios
Denton y cols. (2013)	135	De 11 a 13	P	RT3X	---	7D	60 s	Rowlands y cols. (2004)
Janssen et al. (2013)	745	De 6 a 19	P y S	Actical	CD	7D	---	Puyau et al. (2000)
Jiménez-Pavón y cols. (2013)	2025	De 6 a 9	P	Actigraph 1x, MTI GT1M	CD	Al menos 3 D (2DS y 1DFS)	15 s	Propios
Lee y cols. (2013)	4069	Mayores de 6	P	ActiGraph 7164	CD	7D	60 s	---
Morris y cols. (2013)	378	De 7 a 11	P	ActiGraph 1X GT1M	---	7D	5 s	Freedson y cols. (1997)
O'Connor et al. (2013)	15	De 3 a 5	Pre	GT3X	C	1D	30 s	---
Santos y cols. (2013)	2506	De 10 a 18	P y S	Actigraph GT1M	CD	2DS y 1 FS	15 s	Trost y cols. (2002)
Santos-Lozano et al. (2013)	31	De 12 a 16	P y S	GT3X	CD	1D	1 s	Propios

AF: Actividad Física; s: Segundos; S: Intensidad Sedentaria; L: Intensidad Ligera; M: Intensidad Moderada; V: Intensidad Vigorosa; MV: Intensidad desde Moderada a Vigorosa; Pre: Preescolares; P: Primaria; S: Secundaria; 1X:Uniaxial; 3X:Triaxial; C: Cadera; CD: Cadera Derecha; CI: Cadera Izquierda; E: Parte baja de Espalda; Cintura: Cint; CND: Cadera no dominante; D: Días; DS: Días semanales; DFS: Días Fin de semana; EF: Educación Física; s: segundos.

Puntos de corte o Cutoffs Points

La información que aporta el ACL sobre la intensidad de la AF se realiza por medio de la unidad "Counts" por minuto, que permite clasificar la actividad del sujeto (*Cutoffs Points*) en Sedentaria, Ligera, Moderada y Vigorosa, siendo menos empleado el nivel Muy Vigoroso⁶. Esta clasificación va a depender del tipo de población en concreto, siendo los valores numéricos muy diferentes si se trata de adultos, jóvenes y/o niños. Sin embargo, la selección de estos valores de corte continúa en debate, pues la utilización de unos u otros puede condicionar sustancialmente los resultados del estudio. Concretamente, en el cumplimiento de las recomendaciones de AF, los valores pueden verse influenciados por el punto de corte y

epoch empleado⁴⁶. Por ejemplo, no todos los autores definen la opción de Muy Vigorosa, a pesar de ser una zona muy recomendada cuando se llevan a cabo estudios con niños, por el carácter propio de su actividad diaria. En otro estudio, comparando los diferentes puntos de corte más empleados en niños, se indica que las ecuaciones de Freedson/Trost y Evenson muestran mejor precisión que las otras, siendo especialmente interesante la propuesta por Evenson para el modelo ActiGraph en escolares⁵¹. Aunque la investigación con acelerometría en los últimos años³⁰, ha podido generar una falta de consenso⁵¹, no es menos cierto que también ha provocado que los puntos de corte se hayan definido mejor según edades concretas^{44,52-54}. En la tabla II, se indican los puntos de corte establecidos para uso en escolares.

Tabla II
Puntos de Corte empleados con escolares Puntos de Corte empleados con escolares

<i>Autor</i>	<i>AF S</i>	<i>AF L</i>	<i>Freestyle</i>	<i>AF M</i>	<i>AF V</i>	<i>AF MV</i>	<i>Unidad</i>
Freedson y cols. (1998)	0 - 99	100 - 759	760 - 1951	1952 - 5724	5725 - 9498	9498	counts·min ⁻¹
Steele y cols. (2009)	0 - 100	101 - 1999		2000 - 3999	4000		counts·min ⁻¹
Pate y cols. (2006)	0 - 799	800 - 1679		1680 - 3367	3368		counts·min ⁻¹
Nilsson y cols. (2002)				1956 - 5759	5760 - 9479	9480	counts·min ⁻¹
Puyau et al. (2002)	0 - 799	800 - 3199		3200 - 8199	8120		counts·min ⁻¹
Ekelund et al. (2004)	0 - 499	500 - 1999		2000 - 2999	3000		counts·min ⁻¹
Treuth y cols. (2004)		0 - 100		101 - 2999	3000 - 5200	5200	counts·min ⁻¹
Freedson y cols. (2005)	0 - 149	150 - 499		500 - 3999	4000 - 8000		counts·min ⁻¹
Sirard y cols. (2005) ^{*1}	0 - 1592	1593 - 3560		3561 - 5016	5017		counts·min ⁻¹
Mattocks y cols. (2007)	0 - 100	101 - 3580		3581 - 6129	6130		counts·min ⁻¹
Evenson y cols. (2008)	0 - 100	100 - 2295		2296 - 4012	4013		counts·min ⁻¹
Pulsford y cols. (2011)	0 - 100	101 - 2240		2241 - 3840	3841		counts·min ⁻¹
Trost y cols. (2011)	0 - 195	196 - 1672		1673			counts·min ⁻¹
Van Cauwenberghe y cols. (2011) ^{*1}	0 - 1488	1489 - 2336		2337 - 3520	3521		counts·min ⁻¹
Kremer y cols. (2012)	0 - 100	101 - 2000		2001 - 4999	5000 - 7999	8001	counts·min ⁻¹
Denker y cols. (2013)		0 - 1000		101 - 3499	3500		counts·min ⁻¹
Media	0 - 471	409 - 1928	760 - 1951	1949 - 4537	4533 - 8035	8045	

AF: Actividad Física; min: minutos; s: Segundos; S: Intensidad Sedentaria; L: Intensidad Ligera; M: Intensidad Moderada; V: Intensidad Vigorosa; MV: Intensidad desde Moderada a Vigorosa.

*1: Estas unidades fueron inicialmente descritas en counts·15 s⁻¹ y transformadas a counts·min⁻¹.

Discusión

La revisión de los diferentes estudios revisados ha posibilitado tener una perspectiva más concreta de la medición objetiva de la AF con acelerómetros con sujetos en edad escolar. A nivel general, no se observa unos criterios metodológicos uniformes a la hora de planificar la puesta de acelerómetros, recoger o analizar los datos a través de las diferentes investigaciones³¹. No obstante, sí que aparecen ciertas tendencias o criterios similares durante los mismos. A pesar de que no exis-

te una evidencia contrastada respecto a que una marca y modelo de acelerómetro sea más válida y fiable que otra³⁶, los estudios han seleccionado fundamentalmente el modelo Actigraph; apareciendo una gran gama de modelos en los estudios analizados, además del empleo de uniaxiales y triaxiales. Si, parece coherente que el acelerómetro triaxial GT3X va ser el más utilizado en un futuro a corto plazo, ya que registra la AF en los tres ejes cartesianos, aumentando la precisión en la valoración de la AF. Para el lugar de colocación del mismo, a pesar de que unos pocos estudios lo han empleado, se

indica que los acelerómetros no han de colocarse en la muñeca o tobillo³⁶. Los estudios indican que suele colocarse en la cintura mediante una banda elástica ajustable, en la cadera derecha, ya que parece ser un sitio adecuado para registrar las aceleraciones del centro de masas, y no impide una AF habitual. Respecto al tiempo de registro de la AF, se indica que este tipo de población necesita un mayor tiempo de exposición respecto adultos³⁶. La mayoría de estudios indican que están al menos 5 días con el acelerómetro puesto (4 durante la semana y 1 de fin de semana). La idea más sensata al respecto en la mayoría de estudios, ha sido registrar la AF durante 7 días, para contemplar la AF total de la semana. De esta manera, es posible conocer patrones de AF durante la semana (contemplando la AF escolar y extraescolar) y fin de semana (posibles competiciones), permitiendo comparar entre ambos. Por otro lado, se ha sugerido que un epoch de 1 minuto de duración pueden subestimar los niveles de AFMV³⁶. Al respecto, la mayoría de los estudios analizados tienden a seleccionar un epoch de 15 s o inferior, este hecho probablemente esté condicionado por el tipo de AF desarrollada por esta población, que suele ser esporádica e intermitente, registrando de manera más precisa estos cambios en los niveles de AF. No se observan estos puntos en común con los puntos de corte empleados, se aprecia una gran heterogeneidad en los mismos, llegando incluso muchos estudios a plantear sus propios puntos de corte. El motivo principal para la elección de unos u otros puntos, debería estar fundamentada en la edad concreta de la muestra de estudio.

A pesar de los avances en la medición objetiva de la AF, sería interesante incluir en futuros estudios las siguientes propuestas, ya que hay elementos que no han sido analizados de manera suficiente en las publicaciones. Entre ellos, se destacan los factores que influyen en el tiempo que los participantes llevan puesto los acelerómetros y el sesgo que puede aparecer en la muestra por la eliminación de participantes durante el procesamiento de los datos de los acelerómetros. Las futuras actuaciones deben ir enfocadas a evitar en la medida de lo posible la pérdida de sujetos por no llevar el acelerómetro o no cumplir con los criterios mínimos establecidos. Además, indagar en lo relativo al por qué esos sujetos no han cumplido con estos criterios mínimos para evitar el sesgo puede ser también interesante y no se ha contemplado en la literatura. Para ello, estudiar aspectos socioculturales y ambientales podría arrojar algo de información y ayuda al respecto. Además, en determinadas situaciones podría ser interesante combinar los acelerómetros con la observación directa con el fin de conocer el contexto y tipo de actividad realizada (si el sujeto está sentado, corriendo, etc), lo cual ha sido tenido en cuenta en algunos estudios. Adicionalmente, la literatura demanda el establecer unos criterios uniformes respecto a los puntos de corte; y en menor medida el resto de aspectos metodológicos. Para finalizar, se indica que es necesaria una planificación cuidadosa y utilizar estrategias adecuadas en fun-

ción de los objetivos de estudio. Al respecto, podría ser interesante que los grupos de investigación trabajasen de manera conjunta, en vez de unilateral, para así impulsar el progreso y el uso objetivo de acelerómetros en diversas poblaciones³¹.

Conclusiones

La acelerometría se presenta como una herramienta sencilla y práctica para cuantificar y conocer de una manera más detallada estos niveles y patrones de AF con sujetos en edad escolar. Durante la última década ha mejorado de forma significativa la tecnología y las aplicaciones de “software” del ACL, lo cual posibilita una mayor precisión y volumen de datos; esto ha ampliado las posibilidades de análisis pero también la necesidad de un conocimiento más profundo. Se ha observado a lo largo de los estudios analizados, que parece existir unos ciertos parámetros comunes en la metodología empleada para cuantificar la AF mediante acelerometría con escolares. Los investigadores tienen a usar acelerómetros Actigraph (en un futuro próximo el modelo triaxial), con un epoch de 15 s o menos, que se suele colocar en la cadera derecha durante al menos 5 días hasta una media de 7, incluyendo el fin de semana. No hubo criterios uniformes respecto a los puntos de corte, los cuales van a depender fundamentalmente de edad de la muestra escolar. En base a lo anterior, no existe uniformidad en los criterios técnicos empleados en cada uno de los apartados metodológicos en el uso de acelerómetros.

Referencias

1. Andersen LB, Harro M, Sardinha LB, Froberg K, Ekelund U, Brage S, et al. Physical activity and clustered cardiovascular risk in children: a cross-sectional study (The European Youth Heart Study). *The Lancet* 2006;368(9532):299-304.
2. Kozey SL, Lyden K, Howe CA, Staudenmayer JW, Freedson PS. Accelerometer output and MET values of common physical activities. *Medicine and science in sports and exercise* 2010;42(9):1776-84.
3. Janssen I, LeBlanc AG. Systematic review of the health benefits of physical activity and fitness in school-aged children and youth. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity* 2010;7(40):1-16.
4. Janssen I, Wong SL, Colley R, Tremblay MS. The fractionalization of physical activity throughout the week is associated with the cardiometabolic health of children and youth. *BMC public health* 2013;13(554):1-8.
5. Chen KY, Bassett Jr DR. The technology of accelerometry-based activity monitors: current and future. *Medicine and science in sports and exercise* 2005;37(11 Suppl):S490.
6. Freedson PS, Pober D, Janz KF. Calibration of accelerometer output for children. *Medicine and science in sports and exercise* 2005;37(11 Suppl):S523.
7. Butte NF, Ekelund U, Westerterp KR. Assessing physical activity using wearable monitors: measures of physical activity. *Medicine and science in sports and exercise* 2012;44(1):S5-S12.
8. Plasqui G, Bonomi A, Westerterp K. Daily physical activity assessment with accelerometers: new insights and validation studies. *Obesity Reviews* 2013;14:451-62.

9. Taylor HL, Buskirk E, Henschel A. Maximal oxygen intake as an objective measure of cardio-respiratory performance. *J Appl Physiol* 1955;8(1):73-80. Epub 1955/07/01.
10. Ramsbottom R, Brewer J, Williams C. A progressive shuttle run test to estimate maximal oxygen uptake. *Br J Sports Med* 1988;22(4):141-4. Epub 1988/12/01.
11. Leger L, Mercier D, Gadoury C, Lambert J. The multistage 20 metre shuttle run test for aerobic fitness. *Journal of sports sciences* 1988;6(2):93-101.
12. Raven PB, Gettman LR, Pollock ML, Cooper KH. A physiological evaluation of professional soccer players. *Br J Sports Med* 1976;10(4):209-16. Epub 1976/12/01.
13. Armstrong N, Bray S. Physical activity patterns defined by continuous heart rate monitoring. *Archives of disease in childhood* 1991;66(2):245-7.
14. Simons-Morton BG, Taylor WC, Snider SA, Huang IW. The physical activity of fifth-grade students during physical education classes. *American Journal of Public Health* 1993;83(2):262-4.
15. Kilanowski CK, Consalvi AR, Epstein LH. Validation of an electronic pedometer for measurement of physical activity in children. *Pediatric Exercise Science* 1999;11:63-8.
16. Welk G, McClain J, Ainsworth B. Protocols for evaluating equivalency of accelerometer-based activity monitors. *Medicine and science in sports and exercise* 2012;44(1 Suppl 1):S39.
17. Rowlands AV. Accelerometer assessment of physical activity in children: an update. *Pediatric Exercise Science* 2007a;19(3):252.
18. Dollman J, Okely AD, Hardy L, Timperio A, Salmon J, Hills AP. A hitchhiker's guide to assessing young people's physical activity: Deciding what method to use. *Journal of science and medicine in sport / Sports Medicine Australia* 2009;12(5):518-25. Epub 2008/11/29.
19. Bornstein DB, Beets MW, Byun W, Welk G, Bottai M, Dowda M, et al. Equating accelerometer estimates of moderate-to-vigorous physical activity: In search of the Rosetta Stone. *Journal of Science and Medicine in Sport* 2011;14(5):404-10.
20. Kim Y, Beets MW, Welk GJ. Everything you wanted to know about selecting the "right" Actigraph accelerometer cut-points for youth, but...: A systematic review. *Journal of Science and Medicine in Sport* 2012;15:311-21.
21. Intille S, Lester J, Sallis J, Duncan G. New horizons in sensor development. *Medicine and science in sports and exercise* 2012;44(1 Suppl 1):S24.
22. Cliff DP, Reilly JJ, Okely AD. Methodological considerations in using accelerometers to assess habitual physical activity in children aged 0-5 years. *Journal of Science and Medicine in Sport* 2009;12(5):557-67.
23. Reilly JJ, Penpraze V, Hislop J, Davies G, Grant S, Paton JY. Objective measurement of physical activity and sedentary behaviour: review with new data. *Arch Dis Child* 2008;93(7):614-9. Epub 2008/02/29.
24. Corder K, Ekelund U, Steele R, Wareham N, Brage S. Assessment of physical activity in youth. *Journal of applied physiology* 2008;105(3):862-70.
25. Stratton G. Children's heart rates during physical education lessons: a review. *Pediatric Exercise Science* 1996;8:215-33.
26. Fairclough S, Stratton G. Physical activity levels in middle and high school physical education: a review. *Pediatric Exercise Science* 2005;17(3):217-36.
27. Heil D, Brage S, Rothney M. Modeling physical activity outcomes from wearable monitors. *Medicine and science in sports and exercise* 2012;44(1 Suppl 1):S50.
28. Den Hoed M, Westertep KR. Body composition is associated with physical activity in daily life as measured using a triaxial accelerometer in both men and women. *International Journal of Obesity* 2008;32(8):1264-70.
29. Ceroni D, Martin X, Lamah L, Delhumeau C, Farpour-Lambert N, De Coulon G, et al. Recovery of physical activity levels in adolescents after lower limb fractures: a longitudinal, accelerometer-based activity monitor study. *BMC Musculoskeletal Disorders* 2012;13(1):131-9.
30. Baptista F, Santos DA, Silva AM, Mota J, Santos R, Vale S, et al. Prevalence of the Portuguese population attaining sufficient physical activity. *Med Sci Sports Exerc* 2012;44(3):466-73.
31. Strath SJ, Pfeiffer KA, Whitt-Glover MC. Accelerometer use in children, older adults, and adults with functional limitations. *Med Sci Sports Exerc* 2012;44(1 suppl):S77-85.
32. Garatachea N, Torres Luque G, González Gallego J. Physical activity and energy expenditure measurements using accelerometers in older adults. *Nutrición Hospitalaria* 2010;25(2):224-30.
33. Santos-Lozano A, Marín PJ, Torres-Luque G, Ruiz JR, Lucia A, Garatachea N. Technical variability of the GT3X accelerometer. *Medical engineering & physics* 2012a;34(6):787-90.
34. Santos-Lozano A, Santín-Medeiros F, Cardon G, Torres-Luque G, Bailón R, Bergmeir C, et al. Actigraph GT3X: Validation and Determination of Physical Activity Intensity Cut Points. *International journal of sports medicine* 2013;34(11):975-82.
35. Rowlands A, Stiles V. Accelerometer counts and raw acceleration output in relation to mechanical loading. *Journal of biomechanics* 2012;45(3):448-54.
36. Trost SG, McIver KL, Pate RR. Conducting accelerometer-based activity assessments in field-based research. *Medicine and science in sports and exercise* 2005;37(11 Suppl):S531.
37. Robusto KM, Trost SG. Comparison of three generations of ActiGraph™ activity monitors in children and adolescents. *Journal of sports sciences* 2012;30(13):1429-35.
38. Matthews CE, Hagströmer M, Pober DM, Bowles HR. Best practices for using physical activity monitors in population-based research. *Med Sci Sports Exerc* 2012;44(1 suppl):S68-76.
39. Ridgers ND, Stratton G, McKenzie TL. Reliability and validity of the system for observing children's activity and relationships during play (SOCARP). *Journal of physical activity & health* 2010;7(1):17-25.
40. Ottevaere C, Huybrechts I, De Bourdeaudhuij I, Sjöström M, Ruiz JR, Ortega FB, et al. Comparison of the IPAQ-A and actigraph in relation to VO2max among European adolescents: the HELENA study. *Journal of science and medicine in sport / Sports Medicine Australia* 2011;14(4):317-24. Epub 2011/03/30.
41. Ruiz JR, Ortega FB, Martínez-Gómez D, Labayen I, Moreno LA, De Bourdeaudhuij I, et al. Objectively Measured Physical Activity and Sedentary Time in European Adolescents The HELENA Study. *American journal of epidemiology* 2011a;174(2):173-84.
42. Aadland E, Steene-Johannessen J. The use of individual cut points from treadmill walking to assess free-living moderate to vigorous physical activity in obese subjects by accelerometry: is it useful? *BMC medical research methodology* 2012;12(1):172-80.
43. Augustin NH, Mattocks C, Cooper AR, Ness AR, Faraway JJ. Modelling fat mass as a function of weekly physical activity profiles measured by Actigraph accelerometers. *Physiological measurement* 2012;33(11):1831-9.
44. Kremer MM, Reichert FF, Hallal PC. Intensity and duration of physical efforts in Physical Education classes. *Revista de Saúde Pública* 2012;46(2):320-6.
45. Verloigne M, Van Lippevelde W, Maes L, Yıldırım M, Chinapaw M, Manios Y, et al. Levels of physical activity and sedentary time among 10-to 12-year-old boys and girls across 5 European countries using accelerometers: an observational study within the ENERGY-project. *The International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity* 2012;9:34-42.
46. Ojiambo R, Cuthill R, Budd H, Konstabel K, Casajus JA, González-Agüero A, et al. Impact of methodological decisions on accelerometer outcome variables in young children. *International Journal of Obesity* 2011;35:S98-S103.
47. Yıldırım M, Verloigne M, De Bourdeaudhuij I, Androustos O, Manios Y, Felsó R, et al. Study protocol of physical activity and sedentary behaviour measurement among schoolchildren by accelerometry-Cross-sectional survey as part of the ENERGY-project. *BMC public health* 2011;11(1):182.
48. Dorsey K, Herrin J, Krumholz H, Irwin M. The utility of shorter epochs in direct motion monitoring. *Research quarterly for exercise and sport* 2009;80(3):460-8. Epub 2009/10/02.
49. (NASPE) NAFSPE. Active start: a statement of physical activity guidelines for children birth to five years. Reston, VA: NASPE Publications; 2002.

50. Sallis JF, McKenzie TL, Kolody B, Lewis M, Marshall S, Rosingard P. Effects of health-related physical education on academic achievement: Project SPARK. *Research quarterly for exercise and sport* 1999;70(2):127-34.
51. Trost SG, Loprinzi PD, Moore R, Pfeiffer KA. Comparison of accelerometer cut points for predicting activity intensity in youth. *Medicine and science in sports and exercise* 2011;43(7):1360-8.
52. Treuth M, Schmitz K, Catellier D, McMurray R, Murray D, Almeida M, et al. Defining accelerometer thresholds for activity intensities in adolescent girls. *Medicine and science in sports and exercise* 2004;36(7):1259.
53. Evenson KR, Catellier DJ, Gill K, Ondrak KS, McMurray RG. Calibration of two objective measures of physical activity for children. *Journal of sports sciences* 2008;24(14):1557-65.
54. Laguna MLN, Hernández MTL, Lafn SA. Patronos de Actividad Física en función del género y los niveles de obesidad en población infantil española. Estudio EYHS1. *Revista de Psicología del Deporte* 2011;20(2):621-36.
55. Ekelund U, Sardinha LB, Anderssen SA, Harro M, Franks PW, Brage S, et al. Associations between objectively assessed physical activity and indicators of body fatness in 9- to 10-year-old European children: a population-based study from 4 distinct regions in Europe (the European Youth Heart Study). *Am J Clin Nutr* 2004;80(3):584-90. Epub 2004/08/24.
56. Guerra S, Santos P, Ribeiro J, Duarte J, Mota J. Assessment of children's and adolescents' physical activity levels. *European Physical Education Review* 2003;9(75):75-85.
57. Ekelund U, Neovius M, Linné Y, Brage S, Wareham NJ, Rössner S. Associations between physical activity and fat mass in adolescents: the Stockholm Weight Development Study. *The American journal of clinical nutrition* 2005b;81(2):355-60.
58. Schmitz K, Treuth M, Hannan P, McMurray R, Ring K, Catellier D, et al. Predicting energy expenditure from accelerometry counts in adolescent girls. *Medicine and science in sports and exercise* 2005;37(1):155-61.
59. Rowlands AV, Powell SM, Humphries R, Eston RG. The effect of accelerometer epoch on physical activity output measures. *Journal of Exercise Science and Fitness* 2006;4(1):52-8.
60. Frömel K, Stelzer J, Groffik D, Ernest J. Physical activity of children ages 6–8: The beginning of school attendance. *Journal of Research in Childhood Education* 2008;23(1):29-40.
61. Moeller N, Korsholm L, Kristensen P, Andersen L, Wedderkopp N, Froberg K. Unit-specific calibration of Actigraph accelerometers in a mechanical setup—Is it worth the effort? The effect on random output variation caused by technical inter-instrument variability in the laboratory and in the field. *BMC medical research methodology* 2008;8(19):1-8.
62. De Bock F, Menze J, Becker S, Litaker D, Fischer J, Seidel I. Combining accelerometry and HR for assessing preschoolers' physical activity. *Medicine and science in sports and exercise* 2010;42(12):2237-43.
63. Bundy A, Naughton G, Tranter P, Wyver S, Baur L, Schiller W, et al. The sydney playground project: popping the bubblewrap—unleashing the power of play: a cluster randomized controlled trial of a primary school playground-based intervention aiming to increase children's physical activity and social skills. *BMC public health* 2011;11(680):1-14.
64. Janssen M, Toussaint HM, Van Willem M, Verhagen EALM. PLAYgrounds: Effect of a PE playground program in primary schools on PA levels during recess in 6 to 12 year old children. Design of a prospective controlled trial. *BMC public health* 2011;11(282):1-8.
65. Nielsen G, Pfister G, Andersen LB. Gender differences in the daily physical activities of Danish school children. *European Physical Education Review* 2011;17(1):69-90.
66. Pulsford R, Cortina-Borja M, Rich C, Kinnafick F, Dezateaux C, Griffiths L. Actigraph Accelerometer-Defined Boundaries for Sedentary Behaviour and Physical Activity Intensities in 7 Year Old Children. *PLOS ONE* 2011;6(8):1-9.
67. Perlman D. The influence of the Sport Education Model on unmotivated students' in-class physical activity. *European Physical Education Review* 2012;18(3):335-45.
68. Stewart JA, Dennison DA, Kohl HW, Doyle JA. Exercise level and energy expenditure in the TAKE 10! in-class physical activity program. *The Journal of school health* 2004;74(10):397-400. Epub 2005/02/24.
69. Puyau MR, Adolph AL, Vohra FA, Butte NF. Validation and calibration of physical activity monitors in children. *Obesity research* 2002;10(3):150-7.
70. Freedson PS, Melanson E, Sirard J. Calibration of the Computer Science and Applications, Inc. accelerometer. *Medicine and science in sports and exercise* 1998;30(5):1-5.
71. Nilsson A, Ekelund U, Yngve A, Sjoström M. Assessing physical activity among children with accelerometers using different time sampling intervals and placements. *Pediatric Exercise Science* 2002;14(1):87-96.
72. Sirard JR, Trost SG, Pfeiffer KA, Dowda M, Pate RR. Calibration and evaluation of an objective measure of physical activity in preschool children. *Journal of physical activity & health* 2005;9:85-96.
73. Mattocks C, Leary S, Ness A, Deere K, Saunders J, Tilling K, et al. Calibration of an accelerometer during free-living activities in children. *International Journal of Pediatric Obesity*. 2007;2(4):218-26.
74. Van Cauwenberghe E, Labarque V, Trost S, de Bourdeaudhuij I, Cardon G. Calibration and comparison of accelerometer cut points in preschool children. *International journal of pediatric obesity: IJPO: an official journal of the International Association for the Study of Obesity* 2011;6(2-2):e582.
75. Catellier DJ, Hannan PJ, Murray DM, Addy CL, Conway TL, Yang S, et al. Imputation of missing data when measuring physical activity by accelerometry. *Medicine and science in sports and exercise* 2005;37(11 Suppl):S555.
76. Moeller N, Korsholm L, Kristensen P, Andersen L, Wedderkopp N, Froberg K. Unit-specific calibration of Actigraph accelerometers in a mechanical setup—Is it worth the effort? The effect on random output variation caused by technical inter-instrument variability in the laboratory and in the field. *BMC medical research methodology* 2008;8(19):1-8.
77. Raustorp A, Söderström M, Boldemann C. Accelerometer Measured Level of Physical Activity Indoors and Outdoors During Preschool time in Sweden and United States. *Journal of physical activity & health* 2012; 9:801-808.
78. Lee PH. Data imputation for accelerometer-measured physical activity: the combined approach. *The American journal of clinical nutrition* 2013; 9:965-71.
79. Adams MA, Johnson WD, Tudor-Locke C. Steps/day translation of the moderate-to-vigorous physical activity guideline for children and adolescents. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity* 2013;10(49):1-8.
80. Sardinha LB, Baptista F, Ekelund U. Objectively measured physical activity and bone strength in 9-year-old boys and girls. *Pediatrics* 2008;122(3):e728-e36.
81. Denton SJ, Trenell MI, Plötz T, Savory LA, Bailey DP, Kerr CJ. Cardiorespiratory fitness is associated with hard and light intensity physical activity but not time spent sedentary in 10–14 year old schoolchildren: the HAPPY study. *Plos One* 2013;8(4):e61073.
82. Aibar A, Bois JE, Generelo E, Zaragoza Casterad J, Paillard T. A cross-cultural study of adolescents' physical activity levels in France and Spain. *European Journal of Sport Science* 2013a;13(5):551-8.
83. Aibar A, Bois JE, Zaragoza Casterad J, Generelo E, Paillard T, Fairclough S. Weekday and weekend physical activity patterns of French and Spanish adolescents. *European Journal of Sport Science* 2013b(ahead-of-print):1-10.
84. Zaragoza Casterad J, Generelo E, Aznar S, Abarca-Sos A, Julián JA, Mota J. Validation of a short physical activity recall questionnaire completed by Spanish adolescents. *European Journal of Sport Science* 2012;12(3):283-91.
85. Morris JG, Gorely T, Sedgwick MJ, Nevill A, Nevill ME. Effect of the Great Activity Programme on healthy lifestyle behaviours in 7–11 year olds. *Journal of sports sciences* 2013;31(12):1280-93.
86. Janssen M, Toussaint HM, Van Willem M, Verhagen EALM. PLAYgrounds: Effect of a PE playground program in primary

- schools on PA levels during recess in 6 to 12 year old children. Design of a prospective controlled trial. *BMC public health* 2011;11(282):1-9.
87. Fairclough S, Hilland T, Stratton G, Ridgers N. 'Am I able? Is it worth it?' Adolescent girls' motivational predispositions to school physical education: Associations with health-enhancing physical activity. *European Physical Education Review* 2012;18(2):147-58.
 88. Rowlands AV, Pilgrim EL, Eston RG. Seasonal changes in children's physical activity: an examination of group changes, intra-individual variability and consistency in activity pattern across season. *Annals of human biology* 2009;36(4):363-78.
 89. Rowlands AV, Pilgrim EL, Eston RG. Patterns of habitual activity across weekdays and weekend days in 9-11-year-old children. *Preventive Medicine* 2008;46(4):317-24.
 90. Bailey DP, Boddy LM, Savory LA, Denton SJ, Kerr CJ. Associations between cardiorespiratory fitness, physical activity and clustered cardiometabolic risk in children and adolescents: the HAPPY study. *European journal of pediatrics* 2012;171(9):1317-23.
 91. Moliner-Urdiales D, Ruiz JR, Vicente-Rodriguez G, Ortega FB, Rey-Lopez JP, España-Romero V, et al. Associations of muscular and cardiorespiratory fitness with total and central body fat in adolescents: The HELENA Study. *British Journal of Sports Medicine* 2011;45(2):101-8.
 92. Martinez-Gomez D, Ruiz JR, Ortega FB, Casajús JA, Veiga OL, Widhalm K, et al. Recommended levels and intensities of physical activity to avoid low-cardiorespiratory fitness in European adolescents: The HELENA study. *American Journal of Human Biology* 2010;22(6):750-6.
 93. Martinez-Gomez D, Ortega FB, Ruiz JR, Vicente-Rodriguez G, Veiga OL, Widhalm K, et al. Excessive sedentary time and low cardiorespiratory fitness in European adolescents: the HELENA study. *Archives of disease in childhood* 2011;96:240-6.
 94. España-Romero V, Ortega F, Ruiz J, Artero E, Martínez-Gómez D, Vicente-Rodriguez G, et al. Role of Cardiorespiratory Fitness on the Association Between Physical Activity and Abdominal Fat Content in Adolescents: The HELENA Study. *International journal of sports medicine* 2010;31(10):679-82.
 95. Ekelund U, Brage S, Froberg K, Harro M, Anderssen SA, Sardinha LB, et al. TV viewing and physical activity are independently associated with metabolic risk in children: the European Youth Heart Study. *PLoS medicine* 2006;3(12):e488.
 96. Aelterman N, Vansteenkiste M, Van Keer H, Van den Berghe L, De Meyer J, Haerens L. Students' objectively measured physical activity levels and engagement as a function of between-class and between-student differences in motivation toward physical education. *Journal of sport & exercise psychology* 2012;34(4).
 97. Gracia-Marco L, Vicente-Rodriguez G, Casajús J, Molnar D, Castillo M, Moreno L. Effect of fitness and physical activity on bone mass in adolescents: the HELENA Study. *European journal of applied physiology* 2011;111(11):2671-80.
 98. Aznar S, Naylor P, Silva P, Pérez M, Angulo T, Laguna M, et al. Patterns of physical activity in Spanish children: a descriptive pilot study. *Child: care, health and development* 2011;37(3):322-8.
 99. Sveinsson T, Arngrimsson SA, Johannsson E. Association between aerobic fitness, body composition, and physical activity in 9-and 15-year-olds. *European Journal of Sport Science* 2009;9(3):141-50.
 100. Roemmich JN, Barkley JE, Lobarinas CL, Foster JH, White TM, Epstein LH. Association of liking and reinforcing value with children's physical activity. *Physiology & behavior* 2008;93(4):1011-8.
 101. Ortega FB, Ruiz JR, Hurtig-Wennlöf A, Vicente-Rodriguez G, Rizzo NS, Castillo MJ, et al. Cardiovascular fitness modifies the associations between physical activity and abdominal adiposity in children and adolescents: the European Youth Heart Study. *British Journal of Sports Medicine* 2010;44(4):256-62.
 102. Ortega FB, Ruiz JR, Hurtig-Wennlöf A, Sjöström M. Physically active adolescents are more likely to have a healthier cardiovascular fitness level independently of their adiposity status. The European youth heart study. *Revista Española de Cardiología (English Edition)* 2008;61(2):123-9.
 103. Moliner-Urdiales D, Ruiz J, Ortega F, Rey-Lopez J, Vicente-Rodriguez G, España-Romero V, et al. Association of objectively assessed physical activity with total and central body fat in Spanish adolescents; the HELENA Study. *International Journal of Obesity* 2009;33(10):1126-35.
 104. Ness AR, Leary SD, Mattocks C, Blair SN, Reilly JJ, Wells J, et al. Objectively measured physical activity and fat mass in a large cohort of children. *PLoS medicine* 2007;4(3):e97.
 105. Steele R, Sluijs Ev, Cassidy A, Griffin S, Ekelund U. Targeting sedentary time or moderate-and vigorous-intensity activity: independent relations with adiposity in a population-based sample of 10-y-old British children. *American Journal of Clinical Nutrition* 2009;90(5):1185-92.
 106. Treuth M, Schmitz K, Catellier D, McMurray R, Murray D, Almeida M, et al. Defining accelerometer thresholds for activity intensities in adolescent girls. *Medicine and science in sports and exercise* 2004;36(7):1259.
 107. Dencker M Fau - Tanha T, Tanha T Fau - Wollmer P, Wollmer P Fau - Karlsson MK, Karlsson Mk Fau - Andersen LB, Andersen Lb Fau - Thorsson O, Thorsson O. Tracking of physical activity with accelerometers over a 2-year time period. *Journal of Physical Activity and Health* 2013;10 241-8.
 108. Trost SG, Pate RR, Sallis JF, Freedson PS, Taylor WC, Dowda M, et al. Age and gender differences in objectively measured physical activity in youth. *Medicine and science in sports and exercise* 2002;34(2):350-5.
 109. Guerra S, Santos P, Ribeiro J, Duarte J, Mota J. Assessment of children's and adolescents' physical activity levels. *European Physical Education Review* 2003;9(75):75-85.
 110. Riddoch CJ, Andersen LB, Wedderkopp N, Harro M, Klason-Heggebo L, Sardinha LB, et al. Physical activity levels and patterns of 9-and 15-yr-old European children. *Medicine and science in sports and exercise* 2004;36(1):86-92.
 111. Mota J, Silva P, Santos M, Ribeiro J, Oliveira J, Duarte J. Physical activity and school recess time: differences between the sexes and the relationship between children's playground physical activity and habitual physical activity. *Journal of Sports Sciences* 2005;23(3):6.
 112. Ridgers ND, Stratton G, Fairclough SJ. Assessing physical activity during recess using accelerometry. *Preventive medicine* 2005;41(1):102-105.
 113. Ridgers ND, Saint-Maurice PF, Welk GJ, Siahpush M, Huberty J. Differences in physical activity during school recess. *Journal of School Health* 2011;81(9):545-51.
 114. Ruiz JR, Rizzo NS, Hurtig-Wennlöf A, Ortega FB, Wärnberg J, Sjöström M. Relations of total physical activity and intensity to fitness and fatness in children: the European Youth Heart Study. *The American journal of clinical nutrition* 2006;84(2):299-303.
 115. Verstraete SJ, Cardon GM, De Clercq DL, De Bourdeaudhuij IM. Increasing children's physical activity levels during recess periods in elementary schools: the effects of providing game equipment. *The European Journal of Public Health* 2006;16(4):415-9.
 116. Pate RR, Almeida MJ, McIver KL, et al. Validation and calibration of an accelerometer in preschool children. *Obesity (Silver Spring)* 2006;14(11):2000-6.
 117. Wilkin TJ, Mallam KM, Metcalf B, Jeffery AN, Voss LD. Variation in physical activity lies with the child, not his environment: evidence for an 'activitystat' in young children (Early-Bird 16). *International Journal of Obesity* 2006;30(7):1050-5.
 118. Ortega FB, Ruiz JR, Hurtig-Wennlöf A, Sjöström M. Physically active adolescents are more likely to have a healthier cardiovascular fitness level independently of their adiposity status. The European youth heart study. *Revista Española de Cardiología (English Edition)* 2007;61(2):123-9.
 119. Troiano RP, Berrigan D, Dodd K. Physical Activity in the United States Measured by Accelerometer. *Medicine & Science in Sports & exercise: Official Journal of the American College of Sports Medicine* 2008;40(1):181-8.

120. Trost S, Rosenkranz R, Dziewaltowski D. Physical activity levels among children attending after-school programs. *Medicine and science in sports and exercise* 2007;40(4):622-9.
121. Wickel EE, Eisenmann JC. Contribution of Youth Sport to Total Daily Physical Activity among 6-to 12-yr-old Boys. *Medicine & Science in Sports & exercise: Official Journal of the American College of Sports Medicine* 2007;39(9):1493-500.
122. Hagströmer M, Bergman P, De Bourdeaudhuij I, Ortega FB, Ruiz JR, Manios Y, et al. Concurrent validity of a modified version of the International Physical Activity Questionnaire (IPAQ-A) in European adolescents: The HELENA Study. *International Journal of Obesity* 2008;32:S42-S8.
123. Grontved A, Pedersen GS, Andersen LB, Kristensen PL, Møller NC, Froberg K. Personal characteristics and demographic factors associated with objectively measured physical activity in children attending preschool. *Pediatric Exercise Science* 2009;21(2):201-9.
124. Meyer U, Roth R, Zahner L, Gerber M, Puder J, Hebestreit H, et al. Contribution of physical education to overall physical activity. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* 2011;23(5):600-6.
125. Martínez Martínez J, Contreras Jordán OR, Lera Navarro Á, Aznar Laín S. Niveles de actividad física medido con acelerómetro en alumnos de 3º ciclo de educación primaria: actividad física diaria y sesiones de educación física. *Revista de Psicología del Deporte* 2012;21(1):117-23.
126. Martínez-Gómez D, Wärnberg J, Welk GJ, Sjöström M, Veiga OL, Marcos A. Validity of the Bouchard activity diary in Spanish adolescents. *Public health nutrition* 2009b;13(2):261-8.
127. Jiménez-Pavón D, Konstabel K, Bergman P, Ahrens W, Pohlabeln H, Hadjigeorgiou C, et al. Physical activity and clustered cardiovascular disease risk factors in young children: a cross-sectional study (the IDEFICS study). *BMC medicine* 2013;11(172):1-8.
128. Martínez-Gómez D, Welk G, Calle M, Marcos A, Veiga O. Preliminary evidence of physical activity levels measured by accelerometer in Spanish adolescents: the AFINOS Study. *Nutrición hospitalaria: organo oficial de la Sociedad Española de Nutrición Parenteral y Enteral* 2009a;24(2):212-218.
129. Santos R, Mota J, Okely AD, Pratt M, Moreira C, Coelho ESMJ, et al. The independent associations of sedentary behaviour and physical activity on cardiorespiratory fitness. *Br J Sports Med* 2013;0:1-6.
130. Metcalf BS, Jeffery AN, Hosking J, Voss LD, Sattar N, Wilkin TJ. Objectively Measured Physical Activity and Its Association With Adiponectin and Other Novel Metabolic Markers A longitudinal study in children (EarlyBird 38). *Diabetes care* 2009;32(3):468-73.
131. Moliner-Urdiales D, Ortega FB, Vicente-Rodriguez G, Rey-Lopez JP, Gracia-Marco L, Widhalm K, et al. Association of physical activity with muscular strength and fat-free mass in adolescents: the HELENA study. *European journal of applied physiology* 2010;109(6):1119-27.
132. Huberty JL, Siahpush M, Beighle A, Fuhrmeister E, Silva P, Welk G. Ready for recess: A pilot study to increase physical activity in elementary school children. *Journal of School Health* 2011;81(5):251-7.
133. Van Cauwenberghe E, Labarque V, Gubbels J, De Bourdeaudhuij I, Cardon G. Preschooler's Physical Activity Levels and Associations with Lesson Context, Teacher's Behavior, and Environment during Preschool Physical Education. *Early Childhood Research Quarterly* 2012;27(2):221-30.