



## Revisión

# Descripción del acelerómetro como método para valorar la actividad física en los diferentes periodos de la vida; revisión sistemática

PhD M. J. Aguilar Cordero<sup>1</sup>, BsC A. M. Sánchez López<sup>2</sup>, PhD R. Guisado Barrilao<sup>3</sup>,  
BsC R. Rodríguez Blanco<sup>2</sup>, Bsc J. Noack Segovia<sup>4</sup> y BsC M. D. Pozo Cano<sup>2</sup>

<sup>1</sup>PhD. Departamento de Enfermería. Facultad de Ciencias de la Salud. Universidad de Granada. Hospital Clínico San Cecilio de Granada (España). <sup>2</sup>BsC Departamento de Enfermería. Facultad de Ciencias de la Salud. Universidad de Granada (España). <sup>3</sup>PhD. Departamento de Enfermería. Facultad de Ciencias de la Salud. Universidad de Granada (España). <sup>4</sup>BsC. Escuela de Enfermería. Universidad Santo Tomás de Talca (Chile).

## Resumen

**Introducción:** La acelerometría, se muestra como una de las técnicas más fiables, en el registro y almacenamiento de la cantidad y el nivel de actividad física, realizada por cada persona y en un periodo de tiempo determinado.

**Objetivo:** Esta revisión tiene como objetivo describir y analizar los principales artículos que utilizan este método para valorar la actividad física.

**Método:** Los artículos seleccionados para ser incluidos en esta revisión se identificaron a través de los siguientes motores de búsqueda especializados: SCOPUS, PUBMED, GOOGLE SCHOLAR; con un total de 56 artículos. La validez de los artículos estuvo dada por el grado de evidencias demostrado, por las recomendaciones que describen y por la aplicabilidad a nuestro contexto. Esta revisión ha considerado los estudios que evalúan la actividad física a través de acelerómetros.

**Resultados:** Los resultados demuestran que este método se puede utilizar en edades comprendidas entre 3 y 90 años. También se puede utilizar en personas con sobrepeso/obesidad, con lesiones articulares, niños con síndrome de Down, autistas, así como personas con problemas psicológicos. Los estudios en mujeres embarazadas muestran datos fiables.

**Conclusión:** La literatura analizada establece la acelerometría como un método eficaz para valorar la actividad física.

(Nutr Hosp. 2014;29:1250-1261)

DOI:10.3305/nh.2014.29.6.7410

Palabras clave: Acelerómetro. Acelerometría. Actividad física. Evaluación.

**Correspondencia:** María José Aguilar Cordero.  
Departamento de Enfermería.  
Facultad de Ciencias de la Salud.  
Av. Madrid, s/n.  
18071 Granada  
E-mail: mariajaguilar@telefonica.net

Recibido: 6-III-2014.  
Aceptado: 26-III-2014.

## ACCELEROMETER DESCRIPTION AS A METHOD TO ASSESS PHYSICAL ACTIVITY IN DIFFERENT PERIODS OF LIFE; SYSTEMATIC REVIEW

### Abstract

**Introduction:** The accelerometer is shown as one of the most accurate techniques in recording and saving the amount and level of physical activity, by each person in a given period of time.

**Aims:** This review aims to describe and analyze the main items that use this method to assess physical activity.

**Methods:** The review articles were identified through the following specialized Internet browser: SCOPUS, PUBMED, GOOGLE SCHOLAR, those were selected for inclusion with a total of 56 items. The validity of the articles was given by the degree of evidence demonstrated by describing the recommendations and the applicability to our context. This review has considered studies evaluating physical activity through accelerometers.

**Results:** The results show that this method can be used in ages 3 to 90 years. It can also be used in subjects with overweight/obesity, articulation injuries, Down syndrome (just children), autism and people with psychological problems. Studies in pregnant women show satisfactory results.

**Conclusion:** The literature reviewed provides the accelerometer as a reliable and effective method to assess physical activity.

(Nutr Hosp. 2014;29:1250-1261)

DOI:10.3305/nh.2014.29.6.7410

Key words: Accelerometer. Accelerometry, Physical activity. Assessment.

## Introducción

Para evaluar la actividad física existen numerosos instrumentos en la práctica empírica; sin embargo, para medirla a diario o durante un tiempo prolongado, la cuestión se hace más compleja. Para ello, existen cuestionarios y diarios de anotaciones sobre la actividad física que ofrecen una estimación subjetiva de la cantidad que practica una persona en periodos de tiempo concretos. En este ámbito, la acelerometría se muestra como una de las técnicas más fiables en el registro y almacenamiento de la cantidad y el nivel de actividad física realizada por cada persona y en un periodo de tiempo determinado<sup>27,42</sup>.

El acelerómetro es un monitor que mide la aceleración que lleva a cabo una persona cuando se mueve. Puede ser uniaxial o triaxial, según mida las aceleraciones en una sola dirección (vertical) o lo haga en tres direcciones (antero-posterior, medio-lateral y longitudinal)<sup>29</sup>. Se mide en cuentas por minuto que luego se trasladan a METs o su equivalente metabólico, considerándose como la tasa metabólica en reposo estándar (MET). Las mediciones pueden oscilar desde 1 a 18 METs, en función de la intensidad de la actividad física<sup>28</sup>. Las dimensiones de los acelerómetros son pequeñas (3,8 cm × 3,7 cm × 1,8 cm y 27 g aprox.)<sup>1</sup>. Debe colocarse en la parte baja de la espalda y sujeta con una cinta elástica. El periodo de medición medio debe ser de 7 días para obtener valores fiables. El sujeto debe llevarlo puesto en todo momento, excepto cuando duerme o efectúa actividades acuáticas. Los datos se descargan en un ordenador mediante el software del fabricante y posteriormente se analizan para obtener los resultados. Se excluyen del análisis los episodios de 20 minutos continuos con recuentos de intensidad 0, considerando estos periodos, el tiempo sin desgaste. En la tabla I se recoge la clasificación de los diferentes niveles de intensidad medidos por los acelerómetros<sup>17,26,30,31</sup>.

Existen tres ecuaciones para medir el gasto energético a través de los acelerómetros y se describen en Trost y cols.<sup>36</sup> (AC- Trost), Freedson y cols.<sup>37</sup> (AC- Freedson) y Ekelund y cols.<sup>38</sup> (AC- Ekelund). Las ecuaciones de predicción del gasto energético utilizadas son las siguientes (peso [ kg], edad [años] , género [hombre = 0; mujer = 1]) :

$$\text{AC- Trost: kcal / min} = -2,23 + (0,0008 \times \text{cuentas por minuto}) + (0,08 \times \text{peso}).$$

$$\text{AC- Freedson: MET} = 2,757 + (0,0015 \times \text{cuentas por minuto}) - (0,08957 \times \text{edad}) - (0,000038 \times \text{cuentas por minuto} \times \text{edad}).$$

$$\text{AC- Ekelund : kcal / día} = (-380,9 \times \text{género}) + (1,177 \times \text{cuentas por minuto}) + (21,1 \times \text{peso}) + 706^1.$$

Estos dispositivos se usan para cuantificar la actividad física en toda una serie de poblaciones, tales como los que envejecen, los sedentarios, los enfermos y convalecientes, los niños y los adolescentes. También se pueden utilizar con deportistas, en equipo o individuales<sup>3,34,35,43-46</sup>.

En poblaciones con autismo y síndrome de down también se han encontrado datos fiables de actividad física medida a través de acelerometría<sup>10,52-54</sup>.

## Objetivo

El objetivo de la presente revisión es resumir y analizar los principales estudios que utilizan el acelerómetro como instrumento para medir la actividad física.

## Metodología

### Diseño

El diseño utilizado en este estudio se basa en la revisión sistemática.

### Selección de los estudios y estrategia de búsqueda

Los artículos de la presente revisión se identificaron a través de la búsqueda automatizada en la base de datos de los sistemas referativos PUBMED y Google Scholar. La revisión se efectuó entre los meses de abril y diciembre del año 2013.

Los descriptores o palabras clave de búsqueda que se utilizaron fueron los siguientes: acelerómetro, acelerometría, actividad física, ejercicio físico y deporte. Estos términos también se utilizaron en inglés: accelerometer, accelerometry, physical activity, exercise and sport. Para la utilización correcta de la terminología se consultó la edición 2013 de los descriptores en ciencias de la salud en la siguiente página web: <http://decs.bvs.br/E/homepagee.htm>

**Tabla I**

*Niveles de intensidad de la actividad física, según acelerometría<sup>32,33</sup>*

Intensidad	Gasto calórico (kcal kg-1. min-1)	METs	Cuentas por min	Ejemplo
<b>Sedentaria</b>	Menos de 0,01	Menos de 1,5	Menos de 100	Sentarse, tumbarse, viajar en coche.
<b>Leve</b>	0,01-0,04	1,5-3,0	100-1500	Andar a menos de 3,2 km/h, Juegos de calentamiento
<b>Moderada</b>	0,04-0,10	3,0-6,0	1.500-6.500	Andar a más de 3,2 km/h, juegos aeróbicos
<b>Vigorosa</b>	Más de 10,0	Más de 6,0	Más de 6.500	Correr, juegos anaeróbicos

Para la búsqueda de bibliografía se utilizaron los siguientes métodos:

- Análisis de documentos, lo que permitió extraer la información más relevante y separarla en sus elementos constituyentes.
- Síntesis de la información, que hizo posible la ordenación y la combinación de la información extractada, así como una evaluación comparativa.
- Concluida la búsqueda, se estableció una selección de los artículos que quedaron incluidos en la revisión. Para ello fue preciso considerar la utilidad y la relevancia del tema estudiado y la credibilidad o experiencia de los autores en la temática. También se analizó y se incluyó en el resumen la aplicabilidad de los resultados al tema de estudio.

El resultado del proceso de búsqueda permitió seleccionar 44 estudios que cumplieron con los criterios de selección. Seguidamente, tuvo lugar la lectura crítica de todo el documento.

La validez de los artículos seleccionados estuvo dada por el grado de evidencias demostrado, por las recomendaciones del artículo y por la aplicabilidad a nuestro contexto. La búsqueda se llevó a cabo por los autores de la investigación.

## Resultados

Se evaluaron 44 artículos que cumplieron los criterios de selección. Del total, 37 estaban en idioma inglés y 7 en español. El análisis de la distribución geográfica pone de manifiesto la utilización del acelerómetro por parte de la comunidad científica como método de medición de la actividad física.

Resumiendo los principales artículos seleccionados para esta revisión se establece que los acelerómetros son un método fiable de medición del nivel de actividad física. Se puede utilizar en edades entre 3 y 90 años con resultados satisfactorios. En la tabla II se pueden ver los artículos más relevantes incluidos en esta revisión.

**Tabla II**  
*Resumen de los principales estudios incluidos en esta revisión*

<i>Autor/es</i>	<i>Lugar</i>	<i>Muestra</i>	<i>Método</i>	<i>Conclusiones</i>
Arvidsson y cols. 2011	Malmö (Suecia)	14 niños con sobrepeso y 11 niños con normopeso.	Investigar la capacidad de los acelerómetros para evaluar la actividad física de intensidad y el número de pasos al caminar, en niños normopeso en comparación con los niños con sobrepeso.	Los acelerómetros tienen una gran capacidad para evaluar la intensidad de la actividad física, y pueden ser utilizados para comparar la actividad física entre los niños con normopeso y sobrepeso.
Blaes y cols. 2011	Lille (Francia)	361 niños	Investigar los cambios en el tiempo dedicado a una actividad física leve, moderada, vigorosa y muy alta, desde la infancia hasta la adolescencia, según edad y sexo, cuando se mide con acelerómetros de alta frecuencia.	Se aprecia una disminución de la actividad física de moderada a muy alta en la adolescencia respecto a la niñez y un aumento de la actividad física de baja intensidad. En los días lectivos se produce un aumento de la actividad física moderada a vigorosa respecto a los días festivos.
Bradley y cols. 2011	Arizona (Estados Unidos)	801 niños (9-15 años)	Este estudio se centra en los factores familiares asociados a la tasa de disminución de la actividad física, medida objetivamente (acelerometría) durante la mitad de la infancia y la adolescencia.	Los procesos de crianza de los hijos, así como el nivel de actividad física de los padres, mostraron importantes asociaciones con los niveles de actividad física moderada O vigorosa (AFMV) a los nueve años y la tasa lineal de disminución de la AFMV entre los 9 y los 15 años.

**Tabla II (cont.)**  
*Resumen de los principales estudios incluidos en esta revisión*

<i>Autor/es</i>	<i>Lugar</i>	<i>Muestra</i>	<i>Método</i>	<i>Conclusiones</i>
Boyd y cols. 2011	Melbourne (Australia)	8 acelerómetros conectados a una máquina de pruebas hidráulicas y 10 jugadores de fútbol americano con 2 acelerómetros cada uno.	Evaluó la fiabilidad de los acelerómetros tri-axiales como una medida de la actividad física en deportes de equipo.	La fiabilidad de los acelerómetros es aceptable tanto dentro como entre los dispositivos bajo condiciones controladas de laboratorio, y entre los dispositivos durante las pruebas de campo. Pueden ser con seguridad utilizados como una herramienta fiable para medir la actividad física en deportes de equipo.
Ceroni y cols. 2011	Ginebra (Suiza)	220 adolescentes: 50 con fracturas en extremidades superiores, 50 con fracturas en extremidades inferiores y 120 sanos.	El propósito de este estudio fue cuantificar la reducción de la actividad física en los adolescentes con fracturas de extremidades durante el período de inmovilización con yeso en comparación con controles sanos.	La actividad física medida por el acelerómetro es un instrumento útil y válido para evaluar la disminución de los niveles de actividad física de adolescentes con fracturas de extremidades.
Colley y cols. 2011	Ontario (Canadá)	1608 niños/as (6-19 años).	Proporcionó estimaciones actuales de los niveles de actividad física medida con acelerómetros de niños canadienses de 6 a 19 años.	Se estima que el 9% de los chicos y el 4% de las niñas acumulan 60 minutos de moderada a vigorosa actividad física por lo menos 6 días a la semana. Así pues los niveles de actividad física son muy bajos en los niños y niñas canadienses.
Fisher y cols. 2011	Londres (Reino Unido)	280 niños (8-10 años)	En este estudio se examinó la hipótesis de que el aumento de peso durante un año en niños de 8-10 años de edad sería mejor evaluado a través de la actividad física moderada y vigorosa semanal, que con la actividad física total o la conducta sedentaria.	La actividad física moderada/vigorosa se asoció significativamente con el seguimiento del índice de masa corporal, por lo que es un predictor fiable.
Gemmill y cols. 2011	Nueva Jersey (Estados Unidos)	201 sujetos (65 años)	Se examinaron los efectos del envejecimiento sobre la salud física y cognitiva. Y si limita la capacidad de adhesión a un protocolo a través del acelerómetro.	Este estudio encontró que algunas medidas de funcionamiento físico y cognitivo son los mejores predictores de la adhesión a un programa de actividad física con acelerómetros.

**Tabla II (cont.)**  
Resumen de los principales estudios incluidos en esta revisión

<i>Autor/es</i>	<i>Lugar</i>	<i>Muestra</i>	<i>Método</i>	<i>Conclusiones</i>
Hart y cols. 2011	Phoenix (Estados Unidos)	52 hombres y mujeres (69,3 ± 7,4 años)	En este trabajo se valoró el número de días necesarios para predecir la actividad física habitual y la conducta sedentaria, a través de podómetro, acelerómetro y el registro de la actividad física diaria.	Más de 7 días de registro del acelerómetro se necesitan para determinar el comportamiento típico del sedentarismo, respecto al nivel de la actividad física en esta población de adultos mayores.
Hawking y cols. 2014	Amherst (Estados Unidos)	294 embarazadas	El propósito de este estudio fue evaluar la asociación entre la actividad física en mujeres embarazadas, la conducta sedentaria y la proteína C Reactiva.	La actividad física medida objetivamente con una intensidad leve tiene un efecto protector en la proteína C reactiva entre las mujeres en el segundo trimestre del embarazo.
Hilland y cols. 2011	Liverpool (Reino Unido)	299 adolescentes (12-14 años)	En este estudio se asociaron los niveles de actividad física con lo siguiente: características demográficas, composición corporal, desarrollo escolar y educación física.	Los varones realizan más actividad física que las mujeres y se encontraron asociaciones positivas entre las variables estudiadas y los niveles de actividad física. Se debe mejorar la promoción de la actividad física, haciendo hincapié en la diferencia entre los sexos.
Kawahara y cols. 2011	Tsukuba (Japón)	29 niños (5-6 años)	La tasa de inhalación diaria, el tiempo dedicado al sedentarismo y los niveles de actividad física moderada/vigorosa se estimaron a partir de las mediciones con acelerómetros.	Describen los autores que los fines de semana deben ser incluidos en las mediciones de los acelerómetros, porque se encontraron diferencias significativas entre los niveles de actividad física respecto a los días entre semana.
Martínez-Gómez y cols. 2009	Madrid (España)	61 adolescentes (12-16 años)	El objetivo de este estudio fue evaluar el grado de acuerdo entre el acelerómetro ActiGraph y el diario de Bouchard para estimar el gasto energético (GE).	El diario de Bouchard y el ActiGraph mostraron correlaciones altas, una concordancia moderada y amplias diferencias a la hora de estimar el GE en un grupo de adolescentes españoles.
Matute-Llorente y cols. 2013 <sup>51</sup>	Zaragoza (España)	42 adolescentes (27 con síndrome de Down).	Comprobaron si los adolescentes con síndrome de Down (SD) cumplían las guías de actividad física (AF) y evaluaron la relación entre AF y la condición cardiorrespiratoria.	Ningún grupo alcanzó 60 minutos de actividad física moderada diaria.

**Tabla II (cont.)**  
Resumen de los principales estudios incluidos en esta revisión

<i>Autor/es</i>	<i>Lugar</i>	<i>Muestra</i>	<i>Método</i>	<i>Conclusiones</i>
Ojiambo y cols. 2011	Glasgow (Reino Unido)	86 niños (45/41 niños/niñas, 7 ± 2 años).	En este estudio se determinaron los efectos de la elección de la época y los puntos de corte en la evaluación de la actividad física y el sedentarismo con acelerómetros. Definir el tiempo de uso necesario del acelerómetro para lograr datos fiables de los niños.	Elección de la época y punto de corte. Influyó significativamente en la clasificación del tiempo sedentario y la actividad física moderada/vigorosa El tiempo necesario para lograr una medición fiable de la actividad física es de 7,4-8,5 días.
Ottevaere y cols. 2011	Gante (Bélgica)	2018 adolescentes (46% hombres)	El objetivo de este estudio fue comparar los datos obtenidos a partir de un cuestionario auto-administrado de actividad física con los datos de los acelerómetros y el volumen de oxígeno máximo (VO <sup>2</sup> max).	El tiempo dedicado a la actividad física moderada fue mayor en el cuestionario que en los acelerómetros, mientras en la actividad física vigorosa eran similares.
Pan y cols. 2011	Kaohsiung (Taiwán)	19 estudiantes con trastorno del espectro autista y 76 sin ningún trastorno.	Este estudio examinó las correlaciones potenciales que pueden influir en la actividad física de los adolescentes con trastornos del espectro autista (TEA) con el uso del acelerómetro.	Los resultados mostraron que los alumnos con TEA eran menos activos físicamente que sus compañeros. La actividad física se relaciona positivamente con la interacción social con sus pares y la actividad física moderada a vigorosa dependía del contenido, el entorno físico y el profesor.
Philips y cols. 2011 <sup>48</sup>	Cambridge (United Kingdom)	152 discapacitados intelectuales (12-70 años)	Investigaron, utilizando acelerómetros, los niveles de la actividad física llevados a cabo por personas con discapacidad intelectual con y sin síndrome de Down.	Los individuos con discapacidad intelectual, especialmente aquellos con síndrome de Down, pueden estar en riesgo de desarrollar enfermedades asociadas con la falta de actividad física.
Rittenhouse y cols. 2011	Oklahoma (Estados Unidos)	12 niños con peso normal y 12 niños con riesgo de sobrepeso (8-12 años)	El propósito de este estudio fue determinar la cantidad de actividad física y el sedentarismo en niños con peso normal y niños con riesgo de sobrepeso, cuando está solo, con un compañero de similar peso y con un compañero de distinto peso.	Emparejados con un compañero de peso similar o diferente. No se encontraron diferencias significativas entre los grupos. Un compañero desconocido tiene un efecto positivo sobre el comportamiento de los niños con riesgo de sobrepeso al realizar actividad física.

**Tabla II (cont.)**  
Resumen de los principales estudios incluidos en esta revisión

<i>Autor/es</i>	<i>Lugar</i>	<i>Muestra</i>	<i>Método</i>	<i>Conclusiones</i>
Ruiz y cols. 2011	Nashville (Estados Unidos)	80 niños y 85 padres	El objetivo de este estudio fue examinar las asociaciones entre la actividad física de los padres y sus hijos en edad preescolar.	Los resultados sugieren que los niveles de actividad física de los padres están asociados a los niveles de los niños en edad pre-escolar.
Ruiz y cols. 2011	Granada (España)	2200 adolescentes europeos (1184 mujeres)	El objetivo de este estudio fue determinar los niveles de actividad física medida objetivamente y el tiempo de sedentarismo en adolescentes de 9 países europeos.	Una mayor proporción de varones (56,8% de los varones frente a 27,5 % de las niñas) se unió a las recomendaciones de actividad física de al menos 60 min/día de actividad física moderada a vigorosa. Los adolescentes pasaron la mayor parte del tiempo registrando conductas sedentarias (9 horas/día, o 71 % del tiempo registrado).
Sharpe y cols. 2011	Carolina del sur (Estados Unidos)	60 mujeres (20-50 años)	Adhesión de mujeres de poblaciones desfavorecidas a un programa de actividad física con información recogida por los acelerómetros.	La alta adhesión a la monitorización con acelerómetro de mujeres desfavorecidas económicamente demuestra que la toma de datos de alta calidad en estas poblaciones es posible.
Silva y cols. 2011	Oporto (Portugal)	334 varones y 488 hembras (6-90 años)	El propósito del estudio es evaluar las diferencias de edad y el género en los niveles objetivos de actividad física (AF) medidos a través de acelerómetros.	Se obtuvieron bajas tasas de cumplimiento con las actuales directrices de actividad física en la muestra general y un bajo nivel de actividad física en adolescentes. Es un resultado preocupante y sugiere intervenciones en los centros educativos.
Sirard y cols. 2011	Minnesota (Estados Unidos)	143 sujetos adultos.	Determinar la fiabilidad del test-retest (adherencia) de adultos a través de la medición de la actividad física con acelerómetros, y cómo, las decisiones tomadas para la recogida y el procesamiento de los datos afectan a los niveles de la actividad física y la fiabilidad test-retest.	Este trabajo presenta la primera evaluación de la fiabilidad del test-retest a través de acelerómetros ActiGraph. Es muy fiable la medición de la actividad física durante un período de 7 días en un ambiente natural, pero los datos son sensibles a los algoritmos utilizados para procesarlos.

**Tabla II (cont.)**  
Resumen de los principales estudios incluidos en esta revisión

Autor/es	Lugar	Muestra	Método	Conclusiones
Tsvigo-ulis y cols. 2011	Creta (Grecia)	20 pacientes varones con infección aguda por deficiencia de ligamento cruzado anterior y 20 pacientes sanos.	Este estudio evaluó los cambios en la variabilidad de andar por lo menos 6 meses después de la reconstrucción quirúrgica del ligamento cruzado anterior (LCA) respecto al preoperatorio.	La utilización de acelerómetros puede ser una herramienta útil para la evaluación ortopédica post-operatorio de pacientes sometidos a reconstrucción del ligamento cruzado anterior.
Uvacsek y cols. 2011	Budapest (Hungría)	Sesenta y tres niños (11,16 ± 1,10 años, 33 niños y 30 niñas)	Recoger información sobre la actividad física diaria de los niños en el este de Europa.	El 96% de las niñas y el 92% de los chicos realizaron 60 minutos de actividad física moderada de lunes a viernes.
Wong y cols. 2011	Ottawa (Canadá)	3.187 participantes (6-79 años)	El objetivo de este estudio fue determinar a través de acelerómetros el umbral a partir del cual se puede considerar sedentarismo físico en adultos con una vida sedentaria.	Este estudio sugiere que un umbral de 100 cuentas por minuto es apropiado para la clasificación de la actividad sedentaria en los adultos al usar el acelerómetro.

A continuación, se describen los diferentes estudios incluidos en esta revisión. En todos ellos, se utiliza el acelerómetro como principal instrumento de medida de la actividad física y los resultados obtenidos.

Martínez-Gómez y cols. compararon las diferencias en la medición del gasto energético entre el acelerómetro Actigraph y el diario de Bouchard. En los resultados obtenidos con 61 adolescentes los resultados fueron similares entre los dos instrumentos, con una correlación alta. Mostraron diferencias menores en los adolescentes que rellenaron 72 horas de diario en comparación con los que rellenaron 24 horas, respecto al gasto energético<sup>1</sup>.

Gemmill y cols. examinaron los efectos de la salud cognitiva y el envejecimiento sobre la capacidad de adhesión de una persona mayor a un protocolo con acelerómetros. En este estudio se demuestra que el acelerómetro se puede utilizar con fiabilidad en esta población y que las personas con bajas puntuaciones en cuestionarios de salud mental y salud física son más propensas a abandonar un programa de actividad física con acelerómetros<sup>2</sup>.

Boyd y cols. realizaron un estudio para evaluar la eficacia de los acelerómetros como instrumento de medida de la actividad física en los deportes de equipo. Los resultados fueron satisfactorios, por lo que se pueden utilizar también en deportes de equipo<sup>3</sup>.

En otro estudio realizado por Uvacsek y cols. con 63 niños (11,16 ± 1,10 años) se investigó la actividad física llevada a cabo en una semana a través de acelerómetros, en la Europa del este. Los resultados obtenidos re-

flejaron que el 96% de las niñas y el 92% de los niños practicaban una media de 60 minutos al día de actividad física moderada de lunes a viernes<sup>4</sup>.

Hart y cols. examinaron el número de días necesarios para predecir la actividad física habitual y el sedentarismo a través de acelerómetros en personas mayores. En esta población se necesitan 7 días para predecir el sedentarismo y el nivel de actividad física<sup>7</sup>.

Tsvigoulis y cols. demostraron que el acelerómetro es un instrumento útil de medida para la evaluación ortopédica en el post-operatorio de pacientes sometidos a la reconstrucción quirúrgica del ligamento cruzado anterior<sup>8</sup>.

Kawahara y cols. observaron diferencias significativas entre los fines de semana y los días entre semana en los niveles de actividad física de los niños a través de la medición con acelerómetros. Por ello, sugieren que en las mediciones se deben incluir también los días de fin de semana para que sean más completos los niveles de actividad física obtenidos<sup>9</sup>.

Pan y cols. utilizaron el acelerómetro para medir la actividad física en niños con trastorno del espectro autista (TEA), en comparación con niños sanos. Los resultados de este estudio dieron a conocer un menor nivel de actividad física de estos niños respecto a los niños sanos. Los niños con TEA respondían positivamente a la actividad física, dependiendo de la interacción social con sus compañeros y la actividad física moderada a vigorosa dependía del contenido, el entorno físico y el profesor<sup>10</sup>.



Sharpe y cols. realizaron un estudio sobre la adhesión de mujeres de poblaciones desfavorecidas a un programa de actividad física con información recogida por los acelerómetros. Se concluyó que la obtención de información con esos aparatos en esas poblaciones era fiable<sup>11</sup>.

Arvidsson y cols. comprobaron que los acelerómetros muestran gran capacidad para evaluar la intensidad de la actividad física, y pueden ser utilizados para compararla entre los niños con normopeso y sobrepeso<sup>12</sup>.

Sirard y cols. realizaron un trabajo en el que presentan la primera evaluación de la fiabilidad del test-retest a través de acelerómetros ActiGraph. La medición de la actividad física durante un período de 7 días en un ambiente natural es muy fiable, pero los datos son sensibles al procesamiento utilizado<sup>13</sup>.

Wong y cols. realizaron un estudio con 3.187 participantes entre 6 y 79 años para establecer el umbral que se puede considerar como sedentarismo a través de los acelerómetros. Los autores de esta investigación sugieren una medida de 100 cuentas por minuto (medida estándar de un acelerómetro) como umbral para establecer el sedentarismo<sup>14</sup>.

Fisher y cols. desarrollaron una investigación con 280 niños entre 8 y 10 años en el que establecieron que la actividad física moderada/vigorosa, obtenida a través de acelerómetros, es un predictor fiable del aumento o de la reducción de peso durante un año en esta población<sup>15</sup>.

Ceroni y cols. establecieron que los acelerómetros son un instrumento útil para medir la reducción de la actividad física en los adolescentes con fracturas de extremidades inferiores durante el período de inmovilización con yeso, en comparación con controles sanos<sup>16</sup>.

Colley y cols. realizaron una investigación con 1608 niños canadienses con edades comprendidas entre 6 y 19 años. Estudiaron el nivel de actividad física medido con acelerómetros y descubrieron que solo el 9% de los niños y el 4% de las niñas practicaban al menos 1 hora de actividad física moderada o vigorosa 6 días a la semana. Se trata de niveles muy bajos y ciertamente preocupantes de actividad física<sup>17</sup>.

Ojiambo y cols. investigaron la influencia de la elección de la época, los puntos de corte y el tiempo de uso sobre una medición de la actividad física fiable. Los resultados obtenidos establecieron que el tiempo de uso medio para una medición fiable con acelerómetro es de 7,4-8,5 días. La elección de la época y los puntos de corte influyen en la clasificación del tiempo sedentario y de la actividad física moderada o vigorosa<sup>18</sup>.

Bradley y cols. utilizaron el acelerómetro como instrumento fiable de medida de la actividad física de los niños durante su infancia y adolescencia y lo relacionaron con factores familiares asociados a la tasa de disminución de la actividad física. Las conclusiones establecen que estos factores son determinantes para la disminución de la actividad física moderada o vigorosa en estas edades<sup>19</sup>.

En el estudio llevado a cabo por Silva y cols. se evaluaron los niveles de actividad física por edades y géne-

ro de 334 varones y de 488 mujeres con edades comprendidas entre 6 y 90 años, a través de acelerómetros. Se obtuvieron tasas muy bajas de actividad física en todas las poblaciones, con carácter general, aunque la etapa de la adolescencia resultó ser la más preocupante, por la poca actividad física practicada<sup>20</sup>.

Ruiz y cols. utilizaron en el año 2011 los acelerómetros para asociar el nivel de actividad física entre padres e hijos en edad preescolar. Los resultados obtenidos mostraron que el nivel de actividad física de los padres influye de forma directa en el de sus hijos<sup>21</sup>.

Hilland y cols. efectuaron un estudio con 299 adolescentes (12-14 años) en el que, mediante acelerómetros, midieron el nivel de actividad física para relacionarlo con características demográficas, composición corporal y desarrollo escolar. Las conclusiones constatan que los niños realizan más actividad física que las niñas y proponen que se debe hacer una mayor promoción de la actividad física haciendo hincapié en la diferencia entre los sexos<sup>22</sup>.

Rittenhouse y cols. utilizaron acelerómetros para estudiar la cantidad de actividad física y el sedentarismo de niños con peso normal y niños con riesgo de sobrepeso. Se evaluó si el niño estaba solo, con un compañero de similar peso o con un compañero de distinto peso<sup>23</sup>. Una vez emparejado con un compañero de peso similar o diferente no había diferencias entre los grupos. Estos resultados indican la presencia de un interlocutor desconocido tiene un efecto positivo sobre el comportamiento de los niños con sobrepeso/obesidad hacia la actividad física.

Blaes y cols. investigaron los cambios en el tiempo dedicado a una actividad física leve, moderada, vigorosa y muy alta desde la infancia hasta la adolescencia, según edad y sexo, y cuando se mide con acelerómetros. Se aprecia una disminución de la actividad física moderada a vigorosa en la adolescencia respecto a la niñez y un aumento de la actividad física de baja intensidad. En los días lectivos se produce un aumento de la actividad física moderada a vigorosa respecto a los días festivos<sup>24</sup>.

Ottevaere y cols. realizaron un estudio cuyo objetivo era comparar los datos obtenidos a partir de un cuestionario auto-administrado de actividad física con los datos objetivos obtenidos en paralelo de los acelerómetros y VO<sup>2</sup> máximo en los adolescentes. Al comparar los dos métodos de medición, los cuestionarios daban resultados mayores de actividad física moderada que los acelerómetros, por lo que el uso de estos aparatos se confirma como un método más fiable<sup>25</sup>.

Ruiz y cols. efectuaron en 2011 un estudio con 2.200 adolescentes de 9 países europeos, en el que se valoró la actividad física a través de los acelerómetros. Concluyeron que los varones practican más actividad física moderada a vigorosa que las chicas. Aunque, e independientemente del sexo, los adolescentes pasan el 71% del tiempo registrado con conductas sedentarias<sup>26</sup>.

Philips y Holland midieron el nivel de actividad física a través de acelerometría, de 152 discapacitados in-

telectuales (con y sin síndrome de down) de 12 a 70 años. Los resultados dieron a conocer que estos sujetos están en riesgo de adquirir enfermedades en relación a la falta de actividad física. Los discapacitados intelectuales con síndrome de Down tienen niveles especialmente bajos y disminuyen con la edad<sup>48</sup>.

Hawkins y cols. relacionaron el nivel de actividad física, medido con acelerómetros, de 294 mujeres embarazadas sedentarias y con la proteína C reactiva elevada. Los resultados dieron a conocer que la actividad física durante el embarazo produce un efecto protector frente a la proteína C reactiva producida por el sedentarismo<sup>58</sup>.

## Conclusiones

A través de los estudios revisados que se incluyen en este artículo, hemos podido obtener una visión de las diferentes posibilidades que ofrece el acelerómetro como instrumento de medida del nivel de actividad física de diferentes poblaciones. En comparación con cuestionarios o diarios de recogida de la actividad física diaria, muestra una significación positiva en sus mediciones, por lo que se trata de un instrumento fiable. La ventaja del acelerómetro es que se puede evaluar cuánto tiempo está una persona realizando actividad física a diferentes intensidades y el propio sedentarismo, lo que, a la hora de la investigación en este ámbito, resulta muy útil.

En cuanto al tiempo de medición, los diferentes estudios definen un mínimo de 7 días y un máximo de 8,5 días para obtener unos resultados fiables. En esos días se deben incluir los días entre semana y también los del fin de semana, ya que se han encontrado grandes diferencias entre unos y otros.

Los acelerómetros se pueden utilizar en todas las edades; existen estudios que trabajan con niños de 3 a 5 años, con niños de 6 a 12 años, con adolescentes, con adultos de todas las edades e incluso con personas mayores, llegando a los 90 años. Los diferentes protocolos de adhesión a programas de actividad física han demostrado que las personas mayores muestran buenas cifras de permanencia en los programas, excepto cuando padecen problemas de salud mental o de tipo físico. En esos casos, el abandono es mayor. Las características sociodemográficas, el género y el nivel socioeconómico tampoco son un inconveniente para llevar a cabo un programa de actividad física utilizando acelerómetros que midan el nivel de actividad física y el gasto energético.

En la obesidad infantil, preocupante problema de salud mundial<sup>39,40,42</sup>, existen numerosos estudios que utilizan ese dispositivo para sus investigaciones y obtener así, de forma objetiva, la actividad física de niños y adolescentes; y ello por tratarse de una población difícil de evaluar a través de diarios y cuestionarios de forma fiable. También puede servir para predecir una ganancia o pérdida de peso en un determinado periodo,

según el nivel de actividad física registrado. La obesidad en adultos también puede ser investigada con estos dispositivos.

En las lesiones deportivas también se encuentran estudios que evalúan el impacto que tiene una intervención quirúrgica en el nivel de la actividad física de una persona con una lesión grave en las extremidades inferiores. Y es que el acelerómetro también se puede utilizar para evaluar los resultados ortopédicos de algunas intervenciones quirúrgicas o lesiones.

Los acelerómetros también se pueden usar para la confección de estudios con autistas y personas con problemas psicológicos. Aunque es más habitual que se utilice para los estudios socio-demográficos con amplias muestras de poblaciones sanas, para observar el nivel de actividad física de una región o población concreta.

Diferentes estudios<sup>47-51</sup> han investigado el nivel de actividad física en personas con Síndrome de Down a través de la acelerometría. En todos ellos se comprueba que esta población no alcanza los 60 minutos diarios de actividad física moderada recomendada por las guías de actividad física<sup>55,56</sup> como modo de tener una vida saludable. Así pues, las personas con esta discapacidad tienen un mayor riesgo de adquirir enfermedades relacionadas con el bajo nivel de actividad física semanal.

El uso de los acelerómetros se ha manifestado como de gran utilidad en prácticamente todos los deportes, ya sean individuales o colectivos, y siempre que no sean acuáticos. De ahí que el único inconveniente de este instrumento de medición de la actividad física sea que no puede ser sumergido en el agua. También pueden resultar poco efectivos para evaluar la actividad física de las personas mayores y que se hace principalmente en estático.

La actividad física está recomendada durante el periodo de gestación para controlar el aumento de peso y mejorar las condiciones de la embarazada y el parto. La acelerometría sirve para controlar los niveles de ejercicio físico realizado por esta población. Este ejercicio debe realizarse de forma moderada entre las semanas 20 y 37, para mantener así una buena salud en la embarazada y para la preparación al parto<sup>57,59</sup>.

## Referencias

1. Martínez-Gómez D, Puertollano MA, Wärnberg J, Calabro MA, Welk GJ, Sjöström M, Veiga OL, Marcos A. Comparison of the ActiGraph accelerometer and Bouchard diary to estimate energy expenditure in Spanish adolescents. *Nutr Hosp* 2009; 24 (6): 701-10.
2. Gemmill E, Bayles CM, McTigue K, Satariano W, Sharma R, Wilson JW. Factors associated with adherence to an accelerometer protocol in older adults. *J Phys Act Health* 2011; 8 (8): 1152-9.
3. Boyd LJ, Ball K, Aughey RJ. The reliability of MinimaxX accelerometers for measuring physical activity in Australian football. *Int J Sports Physiol Perform* 2011; 6 (3): 311-21.
4. Uvacsek M, Tóth M, Ridgers ND. Examining physical activity and inactivity in 9-12 years old children. *Acta Physiol Hung* 2011 Sep; 98 (3): 313-20.

5. Pate RR, Mitchell JA, Byun W, Dowda M. Sedentary behaviour in youth. *Br J Sports Med* 2011; 45 (11): 906-13.
7. Hart TL, Swartz AM, Cashin SE, Strath SJ. How many days of monitoring predict physical activity and sedentary behaviour in older adults? *Int J Behav Nutr Phys Act* 2011 Jun 16; 8: 62.
8. Tzivgoulis SD, Tzagarakis GN, Papagelopoulos PJ, Koulalis D, Sakellariou VI, Kampanis NA, Chlouverakis GI, Alpentaki KI, Nikolaou PK, Katonis PG. Pre-operative versus post-operative gait variability in patients with acute anterior cruciate ligament deficiency. *J Int Med Res* 2011; 39 (2): 580-93.
9. Kawahara J, Tanaka S, Tanaka C, Aoki Y, Yonemoto J. Estimation of daily inhalation rate in preschool children using a tri-axial accelerometer: a pilot study. *Sci Total Environ* 2011 Jul 15; 409 (16): 3073-7
10. Pan CY, Tsai CL, Hsieh KW. Physical activity correlates for children with autism spectrum disorders in middle school physical education. *Res Q Exerc Sport* 2011 Sep; 82 (3): 491-8.
11. Sharpe PA, Wilcox S, Rooney LJ, Strong D, Hopkins-Campbell R, Butel J, Ainsworth B, Parra-Medina D. Adherence to accelerometer protocols among women from economically disadvantaged neighborhoods. *J Phys Act Health* 2011 Jul; 8 (5): 699-706.
12. Arvidsson D, Fitch M, Hudes ML, Tudor-Locke C, Fleming SE. Accelerometer response to physical activity intensity in normal-weight versus overweight African American children. *J Phys Act Health* 2011 Jul; 8 (5): 682-92.
13. Sirard JR, Forsyth A, Oakes JM, Schmitz KH. Accelerometer test-retest reliability by data processing algorithms: results from the Twin Cities Walking Study. *J Phys Act Health* 2011 Jul; 8 (5): 668-74.
14. Wong SL, Colley R, Connor Gorber S, Tremblay M. Actical accelerometer sedentary activity thresholds for adults. *J Phys Act Health* 2011 May; 8 (4): 587-91.
15. Fisher A, Hill C, Webber L, Purslow L, Wardle J. MVPA is associated with lower weight gain in 8-10 year old children: a prospective study with 1 year follow-up. *PLoS One* 2011 Apr 28; 6 (4): e18576.
16. Ceroni D, Martin X, Delhumeau C, Farpour-Lambert N. Decrease of physical activity level in adolescents with limb fractures: an accelerometry-based activity monitor study. *BMC Musculoskelet Disord* 2011 May 4; 12: 87.
17. Colley RC, Garriguet D, Janssen I, Craig CL, Clarke J, Tremblay MS. Physical activity of Canadian children and youth: accelerometer results from the 2007 to 2009 Canadian Health Measures Survey. *Health Rep* 2011 Mar; 22 (1): 15-23.
18. Ojiambo R, Cuthill R, Budd H, Konstabel K, Casajús JA, González-Agüero A, Anjila E, Reilly JJ, Easton C, Pitsiladis YP; IDEFICS Consortium. Impact of methodological decisions on accelerometer outcome variables in young children. *Int J Obes (Lond)* 2011 Apr; 35 (Supl. 1): S98-103.
19. Bradley RH, McRitchie S, Houts RM, Nader P, O'Brien M; NICHD Early Child Care Research Network. Parenting and the decline of physical activity from age 9 to 15. *Int J Behav Nutr Phys Act* 2011 Apr 15; 8: 33.
20. Silva P, Aires L, Santos RM, Vale S, Welk G, Mota J. Lifespan snapshot of physical activity assessed by accelerometry in Porto. *J Phys Act Health* 2011 Mar; 8 (3): 352-60.
21. Ruiz R, Gesell SB, Buchowski MS, Lambert W, Barkin SL. The relationship between hispanic parents and their preschool-aged children's physical activity. *Pediatrics* 2011 May; 127 (5): 888-95. Epub 2011 Apr 11.
22. Hilland TA, Ridgers ND, Stratton G, Fairclough SJ. Associations between selected demographic, biological, school environmental and physical education based correlates, and adolescent physical activity. *Pediatr Exerc Sci* 2011 Feb; 23 (1): 61-71.
23. Rittenhouse M, Salvy SJ, Barkley JE. The effect of peer influence on the amount of physical activity performed in 8- to 12-year-old boys. *Pediatr Exerc Sci* 2011 Feb; 23 (1): 49-60.
24. Blaes A, Baquet G, Van Praagh E, Berthoin S. Physical activity patterns in French youth—from childhood to adolescence—monitored with high-frequency accelerometry. *Am J Hum Biol* 2011 May; 23 (3): 353-8.
25. Ottevaere C, Huybrechts I, De Bourdeaudhuij I, Sjöström M, Ruiz JR, Ortega FB, Hagströmer M, Widhalm K, Molnár D, Moreno LA, Beghin L, Kafatos A, Polito A, Manios Y, Martínez-Gómez D, De Henauw S. Comparison of the IPAQ-A and actigraph in relation to VO2max among European adolescents: the HELENA study. *J Sci Med Sport* 2011 Jul; 14 (4): 317-24. Epub 2011 Mar 27.
26. Jonatan R. Ruiz, Francisco B. Ortega, David Martínez-Gómez, Idoia Labayen, Luis A. Moreno y cols. Objectively Measured Physical Activity and Sedentary Time in European Adolescents: The HELENA Study. *Am J Epidemiol* 2011; 174 (2): 173-84.
27. Ojeda García R, Navarro Hernández CM. Analisis de la frecuencia y niveles de intensidad en la actividad física realizada por adolescentes mediante acelerometría. VII Congreso Nacional De Ciencias Del Deporte y la Educación Física. Pontevedra 5-7 de Mayo del 2011. ISBN: 978-84-614-9945-8.
28. Ainsworth BE, Haskell WL, Whitt MC, Irwin ML, Swartz AM, Strath SJ, O'Brien WL, Bassett DR, Schmitz KH, Emplancourt PO, JACOBS DR, Leon AS. Compendium of physical activities: an update of activity codes and MET intensities. *Med Sci Sports Exerc* 2000; 32 (9) (Supl.): 498-S516.
29. Krasnoff JB, Kohn MA, Choy FK, Doyle J, Johansen K, Painter PL. Interunit and intraunit reliability of the RT3 triaxial accelerometer. *J Phys Act Health* 2008; 5: 527-38.
30. Martinez-Gomez D, Ruiz JR, Ortega FB y cols. Recommended levels of physical activity to avoid an excess of body fat in European adolescents: the HELENA Study. *Am J Prev Med* 2010; 39 (3): 203-11.
31. Martinez-Gomez D, Ruiz JR, Ortega FB y cols. Recommended levels and intensities of physical activity to avoid low-Physical Activity in European Adolescents 183. *Am J Epidemiol* 2011; 174 (2): 173-84.
32. Puyau MR, Adolph AL, Vohra FA y cols. Prediction of activity energy expenditure using accelerometers in children. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 2004; 36: 1625-31.
33. Wong S, Colley RC, Connor Gorber S, Tremblay MS. Sedentary activity Actical accelerometer thresholds for adults. *Journal of Physical Activity and Health* 2011 (in press).
34. Kozey SL, Lyden K, Howe CA, Staudenmayer JW, Freedson PS. Accelerometer Output and MET Values of Common Physical Activities. *Med Sci Sports Exerc* 2010; 42: 1776-84.
35. Quigg R, Gray A, Reeder AI, Holt A, Waters DL. Using accelerometers and GPS units to identify the proportion of daily physical activity located in parks with playgrounds in New Zealand children. *Preventative Medicine* 2010; 50: 235-40.
36. Trost SG, Ward DS, Moorehead SM, Watson PD, Riner W, Burke JR. Validation of the computer science and applications (CSA) activity monitor in children. *Med Sci Sports Exerc* 1998; 30 (4): 629-33.
37. Freedson PS, Sirad J, Debold E, Pate R, Dowda M, Trost S, Sallis J. Calibration of the computer science and Applications, Inc. (CSA) accelerometer. *Med Sci Sports Exerc* 1997; 29 (Supl. 5): S45.
38. Ekelund U, Sjöström M, Yngve A, Poortvliet E, Nilsson A, Froberg K, Wedderkopp N, Westerterp K. Physical activity assessed by activity monitor and doubly labeled water in children. *Med Sci Sports Exerc* 2001; 33 (2): 275-81.
39. Aguilar Cordero MJ, González Jiménez E, Padilla López CA, Guisado Barrilao R, Sánchez López AM. Sobrepeso y obesidad como factor pronóstico de la desmotivación en el niño y el adolescente. *Nutr Hosp* 2012; 27 (4): 1166-9.
40. González Jiménez E, Aguilar Cordero MJ, García García CJ, García López PA, Álvarez Ferré J, Padilla López CA. Prevalencia de sobrepeso y obesidad nutricional e hipertensión arterial y su relación con indicadores antropométricos en una población de escolares de Granada y su provincia. *Nutr Hosp* 2011; 26 (5): 1004-10.
41. Aguilar Cordero MJ, González Jiménez E, García García CJ, García López P, Álvarez Ferré J, Padilla López CA, Mur Villar N. Estudio comparativo de la eficacia del índice de masa corporal y el porcentaje de grasa corporal como métodos para el diagnóstico de sobrepeso y obesidad en población pediátrica. *Nutr Hosp* 2012; 27 (1): 185-91.
42. Aguilar Cordero Mª J, González Jiménez E, García García CJ, García López PA, Álvarez Ferré J, Padilla López CA, González Mendoza JL, Ocete Hita E. Obesidad de una población de escola-

- res de Granada: evaluación de la eficacia de una intervención educativa. *Nutr Hosp* 2011; 26 (3): 636-41.
43. Aguilar Cordero MJ, Sánchez López AM, Padilla López CA, Mur Villar N, Sánchez Marengo A, González Mendoza JL, Guisado Barrilao R. Influencia de un programa de actividad física en niños y adolescentes obesos con apnea del sueño; protocolo de estudio. *Nutr Hosp* 2013; 28 (3): 701-4.
  44. Aguilar Cordero MJ, Sánchez López AM, Padilla López CA, González Mendoza JL, Mur Villar N, Perona JS, Hermoso Rodríguez E. Influencia de un programa de actividad física en niños y adolescentes obesos; evaluación del estrés fisiológico mediante compuestos en la saliva; protocolo de estudio. *Nutr Hosp* 2013; 28 (3): 705-8.
  45. Martínez-Gómez D, Welk GJ, Calle ME, Marcos A, Veiga OL. Preliminary evidence of physical activity levels measured by accelerometer in Spanish adolescents: The AFINOS Study. *Nutr Hosp* 2009; 24 (2): 226-32.
  46. Garatachea N, Torres Luque G, González Gallego J. Physical activity and energy expenditure measurements using accelerometers in older adults. *Nutr Hosp* 2010; 25 (2): 224-30.
  47. Matute-Llorente Á, González-Agüero A, Gómez-Cabello A, Vicente-Rodríguez G, Casajús JA. Decreased levels of physical activity in adolescents with down syndrome are related with low bone mineral density: a cross-sectional study. *BMC endocrine disorders* 2013; 13 (1): 22.
  48. Phillips AC, Holland AJ. Assessment of Objectively Measured Physical Activity Levels in Individuals with Intellectual Disabilities with and without Down's Syndrome. *PLoS ONE*, 2011; 6(12): e28618. doi: 10.1371/journal.pone.0028618
  49. Izquierdo-Gomez R, Martínez-Gómez D, Acha A, Veiga OL, Villagra A, Diaz-Cueto M. Objective assessment of sedentary time and physical activity throughout the week in adolescents with Down syndrome. The UP&DOWN study. *Research in developmental disabilities* 2014; 35(2): 482-9.
  50. Nordstrøm M, Hansen BH, Paus B, Kolset SO. Accelerometer-determined physical activity and walking capacity in persons with Down syndrome, Williams syndrome and Prader-Willi syndrome. *Research in developmental disabilities* 2013; 34 (12): 4395-403.
  51. Matute-Llorente A, González-Agüero A, Gómez-Cabello A, Vicente-Rodríguez G, Casajús JA. Physical activity and cardiorespiratory fitness in adolescents with Down syndrome. *Nutricion hospitalaria* 2013; 28 (4): 1151-5.
  52. Dixon-Ibarra A, Lee M, Dugala A. Physical activity and sedentary behavior in older adults with intellectual disabilities: a comparative study. *Adapted Physical Activity Quarterly* 2013; 30 (1): 1-19.
  53. Agiovlasitis S, Motl RW, Foley JT, Fernhall B. Prediction of energy expenditure from wrist accelerometry in people with and without Down syndrome. *Adapted Physical Activity Quarterly* 2012; 29 (2): 179-90.
  54. Agiovlasitis S, Motl RW, Fahs CA, Ranadive SM, Yan H, Echols GH, Fernhall B. Metabolic rate and accelerometer output during walking in people with Down syndrome. *Medicine and science in sports and exercise*, 2011; 43 (7): 1322-7.
  55. US Department of Health and Human Services. 2008 Physical Activity Guidelines for Americans. Washington (DC), 2008.
  56. Department of Health. Stay active, stay active: A report on physical activity from the four home countries Chief Medical Officers. London, 2011.
  57. Fernandez-Martinez O, Bueno-Cabanillas A, Martinez-Martinez M, Jimenez-Moleon JJ, de la Higuera MJL. Validez y fiabilidad de un cuestionario de actividad física para mujeres embarazadas. *Archivos de Medicina* 2008; 4 (5).
  58. Hawkins M, Pekow P, Chasan-Taber L. Physical activity, sedentary behavior, and C-reactive protein in pregnancy. *Med Sci Sports Exerc* 2014 Feb; 46 (2): 284-92.
  59. Evenson KR, Calhoun KC, Herring AH, Pritchard D, Wen F, Steiner AZ. Association of physical activity in the past year and immediately after in vitro fertilization on pregnancy. *Fertil Steril* 2014 Feb 10. pii: S0015-0282(13)03477-8.