



Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación
Facultad de Educación Física y Artes
Departamento de Kinesiología

Efectividad de los dispositivos de monitorización (brazaletes) para cuantificar gasto calórico en niños y adolescentes: Una Revisión Sistemática.

Tesis para optar al grado de Licenciado en Kinesiología.

Autores:

Lukas Ronaldo Gallardo Troncoso
Samuel Alexander Silva Garrido

Director de Tesis:

Dr. Cesar Osorio Fuentealba

Co-Director de Tesis:

Eduardo Andrés Quiñelén Rojas

Santiago de Chile, Agosto de 2019



Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación
Facultad de Educación Física y Artes
Departamento de Kinesiología

Efectividad de los dispositivos de monitorización (brazaletes) para cuantificar gasto calórico en niños y adolescentes: Una Revisión Sistemática.

Tesis para optar al grado de Licenciado en Kinesiología.

Autores:

Lukas Ronaldo Gallardo Troncoso
Samuel Alexander Silva Garrido

Director de Tesis:

Dr. Cesar Osorio Fuentealba

Co-Director de Tesis:

Eduardo Andrés Quiñelén Rojas

Santiago de Chile, Agosto de 2019

Santiago de Chile, 2019

Autorización

2019, Lukas Ronaldo Gallardo Troncoso, Samuel Alexander Silva Garrido, Eduardo Andrés Quiñelén Rojas

Se autoriza la reproducción total o parcial de este material, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, siempre que se haga la referencia bibliográfica correspondiente que acredite el presente trabajo y sus autores.

Dedicatoria

Dedico esta tesis y proceso académico en primer lugar a mi familia, en especial a mi madre y abuelos por el constante apoyo entregado durante todo este camino, el cual estuvo lleno de altos y bajos pero que finalmente resultó ser una buena instancia en nuestra formación. A mi amigo y compañero de tesis Lukas por la oportunidad y colaboración a en este trabajo. Y finalmente a mis compañeros, amigos, académicos, funcionarios y todas las personas que fueron parte de estos 5 años de etapa universitaria, la cual nos entregó las herramientas para ser mejores profesionales y personas, gracias totales.

Samuel Alexander Silva Garrido.

Dedico esta tesis, la cual es el resultado de un proceso de investigación, trabajo, reflexión y conocimiento, a todos quienes siempre me brindaron su apoyo incondicional en todo ámbito de la vida, el cual fue fundamental para desarrollar cualquier proceso académico. Con esto me refiero a mi familia, profesores, amigos, funcionarios del departamento de kinesiología UMCE, entre otros.

Fue un camino difícil a momentos, y llevadero en otros tantos, como todo. Y quisiera agradecer en particular a mi compañero y amigo Samuel Silva quien fue pieza clave en que todo esto fuese posible. Gracias

Lukas Ronaldo Gallardo Troncoso.

Agradecimientos

Agradecemos a cada persona que fue parte de este proceso de tesis, el cual estuvo lleno de contrastes y a momentos fue frustrante y agotador pero que resultó ser enriquecedor y lleno de aprendizaje. Agradecemos a nuestra familia, amigos y cercanos por el apoyo y motivación constante entregada durante este proceso, a nuestro profesor guía, el Doctor César Osorio Fuentealba por su paciencia, apoyo y brindarnos la oportunidad de realizar esta tesis, y al kinesiólogo y co-director de este trabajo Eduardo Quiñelen Rojas por su gran disposición en la formación, instrucción y enseñanza del prometedor camino de la medicina basada en evidencia.

“Si te acostumbras a poner límites a lo que haces, físicamente o a cualquier otro nivel, se proyectara al resto de tu vida. Se propagará en tu trabajo, en tu moral o en tu ser en general. No hay límites. Hay fases. Pero no debes quedarte estancado en ellas, hay que sobrepasarlas. El hombre debe constantemente superar sus niveles. La vida nunca es estancamiento. Es movimiento constante, movimiento sin ritmo, pues nosotros cambiamos constantemente. Las cosas viven moviéndose y ganan fuerza mientras lo hacen”.

Bruce Lee.

Tabla de Contenidos

Tabla de Contenidos	
Autorización	II
Dedicatoria	III
Agradecimientos	IV
Tabla de Contenidos	V
RESUMEN	VI
CAPITULO 1: Marco Teórico	1
1. Métodos de Medidas de Gasto Calórico	4
1.1. Métodos Gold Estándar	4
1.1.1. <i>Calorimetría directa</i>	4
1.1.2. <i>Agua doblemente marcada (DLW)</i>	5
1.2. Métodos indirectos	5
1.2.1. <i>Dispositivos inteligentes</i>	5
1.2.1.1. <i>Podómetros</i>	5
1.2.1.2. <i>Monitores de frecuencia cardiaca (FC)</i>	6
1.2.2. <i>Ecuaciones predictivas</i>	8
1.2.2.1. <i>Ecuación de Harris y Benedict</i>	8
1.2.2.2. <i>Ecuación de Quenouille</i>	9
1.2.2.3. <i>Ecuaciones de Schofield (FAO/WHO/UNU) 1985</i>	9
1.2.2.4. <i>Ecuaciones de Oxford</i>	10
1.2.2.5. <i>Ecuaciones de FAO/WHO/UNU (2001)</i>	11
1.2.2.6. <i>Ecuación de Cunningham</i>	11
CAPITULO 2: Marco Metodológico	13
1. Objetivo	13
2. Protocolo	13
3. Criterios para la Evaluación de Estudios Incluidos	13
3.1. Tipos de estudios	13
3.2. Tipos de participantes	13
3.3. Tipos de intervención	13

3.4. Tipos de Outcomes	14
3.4.1. <i>Outcomes primarios</i>	14
3.4.1.1. <i>Total energy expenditure (TEE)</i>	14
3.4.1.2. <i>Basal metabolic rate (BMR)</i>	14
3.4.1.3. <i>Sleeping metabolic rate (SMR)</i>	14
3.4.1.4. <i>Activity counts per minute (ACM)</i>	14
3.4.1.5. <i>Activity counts per day (ACD)</i>	15
3.4.2. <i>Outcomes secundarios</i>	15
3.4.2.1. <i>Activity energy expenditure (AEE)</i>	15
3.4.2.2. <i>Physical activity level (PAL)</i>	15
3.4.2.3. <i>Physical activity ratio (PAR)</i>	15
4. Métodos de Búsqueda para Identificar los Estudios	16
4.1. Búsqueda electrónica	16
4.2. Palabras claves utilizadas en la búsqueda:	16
4.3. Otros recursos de búsqueda de los estudios	17
4.4. Selección de estudios	17
CAPITULO 3: Resultados	18
1. Búsqueda y Selección de Estudios	18
CAPITULO 4: Discusión	22
CAPITULO 5: Conclusión de los autores	26
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	28
ANEXOS	37

RESUMEN

Introducción: Se realizó una revisión sistemática sobre la efectividad de los dispositivos de monitorización (brazaletes) en niños y adolescentes, para determinar el gasto calórico comparado con algún método Gold estándar. Es la primera revisión de este tipo que los autores tienen precedentes que se realiza, dado que anteriores investigaciones no comparan con estos dispositivos en la población objetivo. Este método de cuantificación de la actividad física podría ser efectivo, y si resulta así se pueden implementar en programas educativos asociados a políticas públicas en nuestro país, dado el auge de las enfermedades metabólicas asociadas al sedentarismo como diabetes y obesidad en niños, y por tanto la necesidad de aumentar la actividad física y estilos de vida saludable.

Objetivos: Determinar la exactitud de la cuantificación del gasto calórico en niños y adolescentes mediante dispositivos de monitorización (brazaletes) comparados con algún método Gold standard sobre los indicadores métricos “objetividad, validez y confiabilidad”.

Estrategia de Búsqueda: Se realizó una estrategia de búsqueda electrónica avanzada y altamente sensible en distintos motores de búsqueda como PubMed, Epistemonikos y Google Scholar, además de una búsqueda en literatura gris en distintas Universidades nacionales y latinoamericanas. Existió limitación idiomática para “inglés, español y portugués”, sin limitación temporal y el enfoque fue en estudios clínicos en seres humanos.

Criterios de Selección: Los Criterios de elegibilidad fueron de acuerdo al enfoque PACOt, definiendo como población a niños desde los 6 años de edad y adolescentes sanos hasta los 19 años de edad, la acción será la cuantificación del gasto calórico con dispositivos inteligentes (pulseras, brazaletes), en comparación con algún método gold estándar como agua doblemente marcada (DWL) y/o Calorimetría Directa (DC). Los outcomes de los

estudios a buscar fueron “validez, objetividad y confiabilidad”, donde los diseños de estudios son estudios de exactitud diagnóstica y estudios experimentales clínicos (ECA/ECC).

Recolección y análisis de datos: Los autores (LG y SS) seleccionaron de forma independiente los artículos y extrajeron los datos para filtrarlos y seleccionarlos. Agregando un tercer evaluador (EQ) para resolver las discrepancias por consenso grupal.

Resultados: El resultado de nuestra búsqueda de literatura electrónica en las bases de datos Pubmed, Epistemonikos y Google Scholar arrojó un resultado de cero estudios que cumplieran con los criterios de selección para ser incluidos en esta revisión sistemática. Además, se realizó una búsqueda manual de las referencias bibliográficas de los artículos incluidos y una búsqueda de literatura gris en universidades nacionales y latinoamericanas, con el objetivo de hacer una pesquisa más sensible. Finalmente, no se encontraron artículos que cumplieran con los criterios de selección para ser incluidos en este estudio. Resultando en una revisión sistemática vacía para todas las estrategias de búsqueda según nuestros criterios de inclusión dado por nuestra pregunta de investigación.

Conclusión de los autores: Se necesitan realizar estudios de alta evidencia y jerarquía, además de un riesgo de sesgo bajo que compare brazaletes con métodos Gold estándar en niños y adolescentes. Los cuales pongan énfasis en outcomes clínicamente relevantes como el gasto energético total (total energy expenditure), el gasto energético de las actividades (activity energy expenditure), y gasto metabólico basal (basal metabolic rate). Para determinar la validez, objetividad y confiabilidad de los dispositivos. Además de determinar claramente las intervenciones a realizar, en condiciones de campo y/o laboratorio y con un tamaño muestral adecuado para obtener un resultado confiable, el cual sea aplicable en distintas poblaciones y medios.

Palabras Claves: Acelerómetro, Brazaletes, Gasto calórico, Actividad Física, Agua doblemente Marcada (DLW), Calorimetría directa.

Summary

Introduction: A systematic review of the effectiveness of monitoring devices (bracelets) in children and adolescents was performed to determine caloric expenditure compared to some standard Gold method. It is the first review of this type that the authors have precedents that are carried out, since previous research does not compare with these devices or in the target population. This method of quantifying physical activity could be effective, and if so it can be implemented in educational programs associated with public policies in our country, given the rise of metabolic diseases associated with sedentary lifestyle such as diabetes and obesity in children, emphasizing the importance of physical activity and have a healthy lifestyle.

Objectives: Determine the accuracy in the quantification of caloric expenditure in children and adolescents by means of monitoring devices (bracelets) compared to some Gold standard method on the metric indicators “objectivity, validity and reliability”.

Search strategy: An advanced and highly sensitive electronic search strategy was carried out in different search engines such as PubMed, Epistemonikos and Google Scholar, in addition to a search in gray literature in different national and Latin American universities. There was an idiomatic limitation for "English, Spanish and Portuguese", without temporal limitation and the focus was on clinical studies in humans.

Selection Criteria: The Eligibility Criteria were according to the PACOt approach, defining as population children from 6 years old and healthy adolescents to 19 years old, the action will be the quantification of caloric expenditure with smart devices (bracelets, bracelets), compared to some gold method standard as doubly marked water (DWL) and / or Direct Calorimetry (DC). The outcomes of the studies to be searched are "validity, objectivity and reliability", where the study designs are diagnostic accuracy studies (RS) and clinical experimental studies (ECA / ECC).

Data collection and analysis: The authors (LG and SS) independently selected the articles and extracted the data to filter and select them. Adding a third evaluator (EQ) to resolve

discrepancies by group consensus.

Results: The result of our search for electronic literature in the Pubmed, Epistemonikos and Google Scholar databases yielded a result of zero studies that met the selection criteria to be included in this systematic review. In addition, a manual search of the bibliographic references of the included articles and a search of gray literature in national and Latin American universities was carried out, with the aim of making a more sensitive research. Finally, no articles were found that met the selection criteria to be included in this study. Resulting in an empty systematic review for all search strategies according to our inclusion criteria given by our research question.

Authors' Conclusion: Studies of high evidence and hierarchy are needed, in addition to a low risk of bias comparing bracelets with standard Gold methods in children and adolescents. Which emphasize clinically relevant outcomes such as total energy expenditure (total energy expenditure), activity energy expenditure (activity), and basal metabolic rate. To determine the validity, objectivity and reliability of the devices. In addition to clearly determining the interventions to be carried out, in field and / or laboratory conditions and with an adequate sample size to obtain a reliable result, which is applicable in different populations and media.

Key words: Accelerometers, Bracelets, Energy Expenditure, Physical Activity, Doubly Labeled Water (DLW), Direct Calorimetry.

CAPÍTULO 1: Marco Teórico

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS) la niñez y adolescencia se definen como “la etapa que transcurre entre los 6 a 12 años y entre los 10 a 19 años de edad” (OMS). Independiente de la edad, poseer un estilo de vida saludable es importante en cualquier etapa del ciclo vital, pero es fundamental iniciar estos hábitos protectores en etapas tempranas como la adolescencia, que es un período clave en la adquisición de una serie de conductas que pueden determinar el estilo de vida de un sujeto. Durante este período, la orientación de los hábitos puede dirigirse hacia un patrón de vida saludable o, por el contrario, hacia un patrón en el que primen conductas perjudiciales para la salud (Diehl, y otros, 2012) como el sobrepeso u obesidad.

La obesidad se define como un exceso de grasa corporal, particularmente riesgosa para la salud cuando se localiza a nivel central en el cuerpo (González, y otros, 2007), siendo el resultado de un desbalance entre una mayor ingesta calórica y un menor gasto energético durante un largo período de tiempo (Daniels, y otros, 2005) (Fung, y otros, 2000), desbalance que ha generado un aumento significativo en el peso de los niños y jóvenes producto principalmente de una disminución en el desarrollo de actividades físicas en general y en ocupaciones físicamente demandantes (Caballero, 2001). El sedentarismo o la inactividad física han sido identificados como las principales causas del sobrepeso y la obesidad tanto en niños como en adultos, mientras que el aumento del gasto metabólico por medio de la actividad física y el ejercicio han demostrado incidir en la disminución de estas patologías (Anderson, Konz, Frederich, & Wood, 2001). Existe consenso sobre los beneficios que la actividad física tiene en la salud y calidad de vida, siendo considerada como el factor protector por excelencia en la prevención y manejo de una serie de enfermedades (Brooks, Butte, Rand, Flatt, & Caballero, 2004) (Manson, Skerrett, Greenland, & Vanlallie, 2004) y uno de los moderadores ambientales más importantes del metabolismo. Por esto, la medición de la actividad física y del gasto energético en los niños es necesaria para evaluar con mayor precisión las causas que provocan los desbalances energéticos o metabólicos (Brage, Brage, Franks, Ekelund, & Wareham, 2005) que pueden dar origen al sobrepeso y obesidad.

Está claro que en la actualidad la práctica de la actividad física en la población infantil puede estar muy limitada principalmente por la falta de espacios destinados a éste fin y por altas expectativas académicas que tienen los padres e hijos (Fung, y otros, 2000), por lo que el medir con una mayor precisión el gasto energético es de un creciente interés debido a la necesidad de generar una mayor evidencia del papel que juega la actividad física en la prevención y control de diversas enfermedades crónicas (Lee & Skerrett, Physical activity and all-cause mortality: what is the dose-response relation?, 2001) (Lee, Sesso, Oguma, & Paffenborger, 2003). En los últimos años la utilización de monitores de frecuencia cardíaca y de acelerometría para calcular el gasto energético y el nivel de actividad física, ha presentado ciertas ventajas ya que han podido estimar la duración e intensidad del rendimiento de la actividad física durante el día. Sin embargo, en el caso del cálculo del gasto energético por medio de la frecuencia cardíaca de forma independiente se han registrado ciertas limitaciones, como por ejemplo su incremento por la influencia de factores como el estrés, nivel de hidratación y factores ambientales (Crouter, Churilla, & Bassett, 2008), por lo que se ha identificado que el registro simultáneo de la frecuencia cardíaca y la acelerometría permiten estimar con mayor precisión el gasto energético producto del rendimiento en actividades físicas (Strath, Brage, & Ekelund, Integration of physiological and accelerometer data to improve physical activity assessment, 2005) (Strath, Bassett, Swartz, & Thompson, 2001).

Uno de los indicadores más utilizados para determinar el efecto de las intervenciones basadas en ejercicio es el gasto energético, el cual se define como la relación entre el consumo de energía (demanda) y la energía necesaria utilizada por el organismo. Para mantener el equilibrio, la energía consumida debe de ser igual a la utilizada, o sea que las necesidades energéticas diarias han de ser igual al gasto energético total diario (Labayen, Lopes-Marqués, & Martínez, 1997).

Existen muchas formas de cuantificar el gasto calórico: desde métodos de laboratorio precisos como la calorimetría directa (Gold standard), que mide los cambios en la temperatura del aire o del agua que circula a través de paredes aisladas de una cámara

mientras el sujeto está dentro, permitiendo medir el calor liberado por el sujeto al encontrarse al interior de la cámara (Labayen, Lopes-Marqués, & Martínez, 1997); hasta métodos que permiten cuantificar el gasto energético en condiciones normales en actividades de la vida diaria, sin las restricciones habituales, como el agua doblemente marcada, considerada el Gold estándar en condiciones de vida libre (Abrams & Wong, 2003), este método consiste en la administración de dos isótopos (deuterio H_2 y Oxígeno-18 O_{18}), con la subsecuente medición de su eliminación por parte del organismo, al tomar muestras de orina, saliva o sangre transcurridos 7 a 21 días a partir de la administración de los isótopos (Heymsfield, Harp, Rowell, Nguyen, & Pietrobelli, 2006). Estos métodos nombrados anteriormente tienen limitaciones asociadas a sus costos, y complejidad en sus protocolos de medición los cuales dificultan su aplicación en contextos reales de la vida diaria o deportiva en estudios de gran escala.

En cuanto a los métodos indirectos, como las encuestas de auto reporte, se ven limitadas por el sesgo de reporte y memoria. Por ejemplo, la guía mundial de la actividad física (Global Physical Activity Questionnaire / GPAQ) (OMS) y la Encuesta Nacional de Hábitos de Actividad Física y Deportes (Ministerio del Deporte, 2016), están muy expuestas a sesgos ya que pueden ser respondidas con información no real, lo que dificulta la certeza de las estimaciones. Para el caso de Chile, se aplica el “cuestionario internacional de actividad física” (IPAQ) (IPAQ, 2002), el cual consta de siete preguntas, las cuales recopilan información acerca de la actividad física del sujeto evaluado, información referida a la última semana de su vida cotidiana.

Durante los últimos años han surgido distintos dispositivos de monitorización (pulseras o brazaletes) para cuantificar el gasto calórico en contextos reales de la vida diaria y deportiva, que se presentan como una alternativa prometedora tanto en el terreno clínico como de investigación.

La medicina basada en evidencia necesita resultados de alta calidad para tomar decisiones informada, por lo que es necesario evaluar los criterios métricos de los dispositivos que miden el gasto energético para conocer la certeza de sus estimaciones. De

esta forma tendríamos datos más objetivos en la recopilación de valores referentes al gasto calórico real en pruebas de campo y situaciones de la vida diaria, favoreciendo de este modo la aplicabilidad clínica en nuestra población objetivo, siendo esto de gran relevancia considerando que patologías como obesidad y resistencia a la insulina son cada vez más prevalentes en la población de nuestro país.

Dadas las limitaciones anteriores se hace necesario el estudio de otros modelos de cuantificación que parecen ser prometedores como los dispositivos de monitorización de gasto energético (brazaletes). Así, al tener datos concretos obtenidos mediante un análisis sistematizado respecto a las mediciones de gasto calórico con este tipo de dispositivos, se podrían desarrollar programas y políticas públicas para niños y adolescentes con estimaciones más precisas, explícitas y juiciosas. Esto sería de gran relevancia considerando que patologías como obesidad y resistencia a la insulina son cada vez más prevalentes en la población de nuestro país (Junaeb, 2017).

De esta forma se tendrían datos más objetivos en la recopilación de valores referentes al gasto calórico real en pruebas de campo y situaciones de la vida diaria, favoreciendo de este modo la aplicabilidad clínica en nuestra población objetivo.

1. Métodos de Medidas de Gasto Calórico

1.1. Métodos Gold Estándar

1.1.1. Calorimetría directa

El GET (gasto energético total) puede determinarse por la medición de la cantidad de calor producida por el organismo. Este procedimiento se realiza en cámaras herméticas con paredes aislantes, en donde se confina al sujeto y se registra el calor almacenado y perdido a través de la radiación, convección y evaporación. Se precisa un mínimo de seis horas para estabilizar el sistema, el método más conocido es la cámara de atwater, en la cual el calor producido es absorbido por el agua que pasa a través de esta y cuantificado mediante termos sensores o termómetros que registran la temperatura a la entrada y a la salida en un tiempo determinado, como se puede deducir, es un método complejo y difícil de realizar en la

práctica, en parte por su coste económico. Su uso ha sido de carácter investigativo principalmente para la validación de métodos indirectos. además de que esta técnica no aporta información acerca de la utilización de sustratos (Mataix J, 2006) (Mcardle, Katch, & Katch, 2001).

1.1.2. Agua doblemente marcada (DLW)

Este método determina la energía gastada a partir de la producción de CO₂. Para ello se emplean dos isótopos estables (no radiactivos) de deuterio (H₂) y Oxígeno-18 (O₁₈). Se considera que el Oxígeno-18 se mantiene en equilibrio con el CO₂ espirado y la reserva total de agua del cuerpo, mientras que el H₂ solamente con el agua corporal. El H₂ es eliminado en orina, saliva, sudor y heces y el Oxígeno-18 solamente en heces y CO₂, por tanto, la diferencia existente entre las velocidades de eliminación de los dos isótopos estables está relacionada con la velocidad de producción de CO₂. Esta producción de CO₂ se relaciona con el gasto energético por medio de la calorimetría indirecta (Speakman, 1999) y se calculan mediante ecuaciones espirométricas clásicas (ecuación de weir y adaptaciones de esta) a partir de la composición de la dieta (A & A, 1986). Según diferentes estudios de validación es un método que obtiene excelentes resultados, sin embargo, también destacan sus dos limitaciones más importantes. La primera, solamente aporta el coste energético de varios días sumando el coste debido al metabolismo basal, termogénesis de la digestión, síntesis de tejidos y actividad física. La segunda el incremento del coste del Oxígeno-18, así como la necesidad de un equipo de análisis especializado de calorimetría indirecta generalmente lo que hace más costoso su uso en estudios grandes poblaciones (Nuria, Euclides, & José, 2003).

1.2. Métodos indirectos

1.2.1. Dispositivos inteligentes

1.2.1.1. Podómetros

Los sensores de movimiento son algunos de los aparatos más antiguos para la medición del movimiento corporal o actividad física, siendo el primero inventado probablemente por

Da Vinci hace 500 años (Montoye, Kemper, Saris, & Washburn, 1996). Han ido evolucionando desde podómetros mecánicos hasta acelerómetros uniaxiales y triaxiales.

Actualmente están disponibles varios podómetros electrónicos para su uso en el comercio (Schneider, Crouter, & Bassett, 2004). Estos son utilizados para contar pasos y cuando se sabe la longitud de este y la distancia a pie, brinda información sobre la distancia total en actividades como caminata o corrida. Dado que solo se monitorea la cantidad total de pasos, no hay información sobre frecuencia, duración e intensidad de la actividad física (Bassett, Validity and reliability issues in objective monitoring of physical activity, 2000). Debido a la naturaleza compleja de diferentes actividades de la vida cotidiana, la aplicabilidad de los podómetros para la evaluación de las actividades de la vida libre es bastante limitada.

1.2.1.2. Monitores de frecuencia cardiaca (FC)

Los monitores de FC realizan una estimación del gasto energético a partir de la FC, basándose en la relación lineal entre FC y VO₂, esta se señala como un indicador útil de la adaptación fisiológica y de la intensidad del esfuerzo realizado. Sin embargo la relación lineal entre FC y VO₂ en un rango amplio de intensidades de actividad física no es tan exacta, debido a que las medidas de la FC son variables y están determinados por múltiples factores, como los ambientales (ruido, luz, temperatura), fisiológicos (morfología cardíaca, volumen plasmático,), patológicos (Comorbilidades), psicológicos (estado de ánimo, emociones, estrés), factores no modificables (edad, sexo, etnia), estilo de vida (condición física, sueño, hábitos) y nivel de la actividad física (intensidad, duración, frecuencia, modalidad posición corporal) (A & P, 2008). Así, los monitores son un método no invasivo, cómodos, y de bajo costo. Los cuales pueden medir en el tiempo la respuesta fisiológica de un individuo en casi cualquier entorno y situación. No obstante, las medidas de la FC no pueden abordar todos los aspectos del rendimiento de la actividad física realizada, sino que reflejan el estado de la condición cardiovascular y del SNA (Christoph, y otros, 2018).

1.2.1.3. Acelerómetros

Los acelerómetros son sensores de movimiento electrónico que consisten en sensores piezo resistivos o piezoeléctricos. Los acelerómetros piezo resistivos responden a las aceleraciones por un cambio en la resistencia en los resistores de silicio, que luego se transforma en un voltaje proporcional a la amplitud y frecuencia de la aceleración de la masa pequeña en el sensor. Estos requieren de una fuente de energía externa y también responden a una aceleración constante como la gravedad (Bouten, Koekkoek, Verduin, Kodde, & Janssen, 1997). Los acelerómetros piezoeléctricos generan una carga eléctrica en respuesta a una fuerza mecánica, como la aceleración (Bouten, Koekkoek, Verduin, Kodde, & Janssen, 1997) por esto, no responden a una aceleración constante, y tienen como ventaja que no se requiere de una fuente de alimentación, excepto para el almacenamiento de datos, lo cual resulta en una reducción considerable en el tamaño y peso del monitor.

En las últimas décadas, los avances en tecnología han dado como resultado el desarrollo de instrumentos pequeños y ligeros que pueden recopilar y almacenar datos a alta frecuencia minuto a minuto durante varios días o semanas.

Los acelerómetros uniaxiales miden las aceleraciones en una dirección, generalmente en el plano vertical. Mientras que los acelerómetros triaxiales miden las aceleraciones en la dirección anteroposterior, medio lateral y vertical. Con la amplia gama de actividades que un sujeto puede realizar en diferentes condiciones, los acelerómetros triaxiales proporcionan más información y muestran una mejor relación con el gasto calórico asociado a la actividad (AEE) que los acelerómetros uniaxiales (Bouten, Westerterp, Verduin, & Janssen, 1994).

Idealmente un acelerómetro debe ser pequeño, ligero y sensible dentro de las frecuencias y amplitudes correctas, para no interferir con los patrones de actividad diaria del usuario, además de almacenar datos durante largos periodos de tiempo. El tamaño del dispositivo es importante para no interferir con los patrones normales de la vida diaria. Así dentro de ciertos rangos se puede medir la aceleración de actividades de baja, media y alta intensidad (Bouten, Koekkoek, Verduin, Kodde, & Janssen, 1997).

Muchos acelerómetros han sido probados bajo condiciones de laboratorio durante

actividades estandarizadas (Bouten, Westerterp, Verduin, & Janssen, 1994) (Levine, Baukol, & Westerterp, 2001), en entornos de campo con calorimetría indirecta (Hendelman, Miller, Baggett, Debold, & Freedson, 2000) (Bassett, y otros, 2000), y en un entorno controlado en una cámara de calorimetría (Puyau, Adolph, Vohra, & Butte, 2002) (Avons, Garthwaite, Davies, & Murgatroyd, 1988). La mayoría de los acelerómetros muestran correlaciones de buena a muy buena (0,74 a 0,95) con el gasto calórico (EE) al caminar y correr en una cinta rodante o con otras actividades definidas (Bouten, Westerterp, Verduin, & Janssen, 1994) (Levine, Baukol, & Westerterp, 2001) (Montoye, y otros, 1983). También se han validado con agua doblemente marcada en condiciones de vida libre, en situaciones de campo.

1.2.2. Ecuaciones predictivas

Los distintos métodos para determinar el gasto energético mencionados anteriormente no se encuentran disponibles para su uso por diferentes motivos y limitaciones, principalmente económicas. Dado lo anterior, en la práctica clínica es común utilizar ecuaciones de referencia para estimar el gasto energético total y aplicar métodos factoriales para determinar el requerimiento energético diario.

Las ecuaciones predictivas (EP) usualmente han sido desarrolladas con personas sanas y están basadas en análisis de regresión que incluye peso, altura, sexo y edad como variables independientes y en la medición del gasto energético en reposo por calorimetría indirecta como variable dependiente; por ejemplo, la ecuación de la FAO/WHO/UNU 1985 tiene en cuenta el sexo, los grupos de edad y el peso. Otros autores tienen en cuenta el índice de masa corporal (IMC) (Weijs, y otros, 2008). Las principales EP que se han elaborado para la estimación del gasto energético en personas con normo peso son las siguientes:

1.2.2.1. Ecuación de Harris y Benedict

Ecuación que fue desarrollada originalmente en el año 1919, obtenida mediante estudios realizados por estos autores, quienes se basaron en mediciones de gasto metabólico basal (GMB) de 136 hombres y 103 mujeres normo peso en el Laboratorio de Nutrición de

Carnegie en Boston. Se usaron métodos estadísticos rigurosos que dieron como resultado las siguientes ecuaciones (Harris & Benedict, 1919):

$$\text{GMB hombres} = 66,4730 + 13,7516 \times P + 5,0033 \times T - 6,7759 \times E$$

$$\text{GMB mujeres} = 665,0955 + 9,5634 \times P + 1,8496 \times T - 4,6756 \times E$$

donde P corresponde a peso en kg., T a talla en cm., y E a edad en años.

1.2.2.2. Ecuación de Quenouille

Se elaboraron estudios en base a determinaciones de la tasa meta metabólica basal (TMB). Los datos de Quenouille incluyeron personas que habitaban en el trópico y se orientaron a examinar el papel de la etnicidad y del clima sobre esta variable, esta ecuación no es muy utilizada pero posteriormente sus datos fueron incluidos en las bases de información de Schofield y Oxford (Melzer, y otros, 2007). La ecuación resultante de los estudios fue la siguiente:

$$\text{TMB (kcal/día)} = 2,975 \times T + 8,90 \times P + 11,7 \times SC + 3,0 h - 4,0 t + 293,8$$

siendo T la altura en cm. del sujeto, P el peso en kg., SC la superficie corporal de DuBois, h la humedad ambiental y t la temperatura ambiental.

1.2.2.3. Ecuaciones de Schofield (FAO/WHO/UNU) 1985

El comité de expertos de FAO/WHO/UNU desarrollaron una serie de ecuaciones predictivas para estimar el requerimiento energético con base en algunas premisas: El requerimiento energético se debe fundamentar en la medición del gasto energético y no en la ingesta; el organismo tiene la capacidad de adaptarse a ingestas bajas y el requerimiento se refiere a grupos no a individuos. El comité adoptó el método factorial y propuso la aplicación de múltiplos de la TMB en las ecuaciones. Consideraron edad, sexo y peso corporal

(Redondo, 2015). Los niveles de AF y los factores que se consideraron para calcular el GET fueron género y actividad (Lorenzo, y otros, 2001) (Ferro-Luzzi, 2005).

Tabla 1. Niveles de actividad física según intensidad. (Redondo, 2015)

<i>Sexo</i>	<i>Actividad Leve</i>	<i>Actividad Moderada</i>	<i>Actividad pesada</i>
Hombre	1,55	1,76	2,10
Mujer	1,56	1,64	1,82

1.2.2.4. Ecuaciones de Oxford

Un grupo de expertos seleccionó estudios de medición del GE entre 1980 y 2000, los cuales consideraron los siguientes aspectos: edad, peso y sexo; descripción de las condiciones experimentales y del equipo usado para la medición del GMB; mediciones en sujetos sanos, en estado de post absorción y sin AF previa; descripción de la etnia y localización geográfica. A partir de estas variables se generó una base de datos de Oxford, la cual tomó en cuenta 10552 valores de TMB (Redondo, 2015).

Tabla 2. Comparación entre las ecuaciones Oxford y la FAO/WHO/UNU 1985 para estimación de TMB P: peso en Kg. (Henry, 2005)

<i>Sexo</i>	<i>Edad/años</i>	<i>Oxford TMB(Kcal/día)</i>	<i>FAO/WHO/UNU 1985 TMB (Kcal/Día)</i>
Hombres	10-18	$18,4 \times P + 581$	$17,686 \times P + 658,2$
	18-30	$16,0 \times P + 545$	$15,057 \times P + 692,2$
	30-60	$14,2 \times P + 593$	$11,472 \times P + 873,1$
	>60	$13,5 \times P + 514$	$11,711 \times P + 587,7$
Mujeres	10-18	$11,1 \times P + 761$	$13,384 \times P + 692,6$
	18-30	$13,1 \times P + 558$	$14,818 \times P + 486,6$
	30-60	$9,74 \times P + 694$	$8,126 \times P + 845,6$

1.2.2.5. Ecuaciones de FAO/WHO/UNU (2001)

Se desarrollaron a partir de la base de datos de la ecuación de Schofield utilizada en la estimación de la TMB en 1985. Se consideraron tres niveles de AF y se optó por rangos para cada categoría, además se adoptó el término de estilo de vida más que el de ocupación laboral para definir el nivel de AF (FAO/WHO/UNU, 1985) (FAO/WHO/UNU, 2005). A la ecuación anterior a esta (FAO/WHO/UNU) se le agregó un factor de corrección.

Tabla 3. Factor de corrección según nivel de AF de la ecuación original de 1985 (Redondo, 2015)

<i>Nivel de actividad física</i>	
Sedentario o estilo de vida con actividad leve	1,40-1,69
Activo o estilo de vida moderadamente activo	1,70-1,79
Vigoroso o estilo de vida vigorosamente activo	2,0-2,4

1.2.2.6. Ecuación de Cunningham

La variable empleada es el peso de la masa libre de grasa previamente obtenida por algunos de los métodos de medición de la composición corporal como cineantropometría (Redondo, 2015). Esta ecuación es:

$$\text{Gasto metabólico basal (Kcal/día)} = \text{Masa libre de grasa (g)} \times 21,6 + 370.$$

Históricamente los profesionales de la salud han utilizado las EP para estimar el gasto energético en reposo, pero los estudios de validación han encontrado que estas ecuaciones pueden sobrestimar o subestimar el requerimiento energético, en algunos casos el error reportado es del 20% y en otros la imprecisión es del orden de ± 200 kcal, que aunque leve, es importante ya que puede promover la ganancia o pérdida de peso (Spears, Kim, Behall, & Conway, 2009).

La ecuación de Harris Benedict es la más antigua y la más utilizada, la evidencia sugiere que esta ecuación sobreestima la TMB entre el 10 y 15%, especialmente en personas de bajo peso. La de la FAO/WHO/UNU, validada por Müller (2004) también sobreestima el GER en algunas comunidades (Müller, y otros, 2004).

La ecuación de Schofield y la de la FAO/WHO/ UNU no tienen en cuenta la talla porque consideran que no contribuye a la estimación del GER en individuos sanos (menos del 0.1% del valor del GER preestablecido), están basadas únicamente en el peso. Sin embargo, el Instituto de Medicina de los Estados Unidos afirma que la inclusión de esta variable puede reducir levemente el error de predicción. Debido a que la comparación de las ecuaciones arroja valores diferentes sobre el GE, para su aplicación se sugiere considerar la población de la cual fue derivada y las variables incluidas (Watanabe, y otros, 2006).

Actualmente, se considera que el clima es una variable condicionante, porque puede influir en la TMB; las personas que viven en clima cálido tienden a tener una TMB más baja que quienes viven en clima frío, aún después de ajustar por tamaño y composición corporal; por lo tanto, es posible que el cambio climático y las migraciones a otras zonas geográficas afecten, al menos parcialmente, la TMB.

Algunos estudios reportan que las ecuaciones de referencia FAO/WHO/UNU, aplicadas en diferentes condiciones de temperatura tienden a sobreestimar la TMB en poblaciones tropicales (3-13%) y a subestimarla en poblaciones que viven cerca a los polos o en zonas de gran altitud (2-10%). Sin embargo, otros autores atribuyen estas variaciones a factores como la subnutrición y la composición de la dieta; así, las dietas altas en carbohidratos podrían explicar los valores más bajos de TMB en algunas poblaciones tropicales y las dietas altas en proteína, las cifras mayores de TMB en las poblaciones circumpolares, cuando éstas se comparan con las de los europeos y norteamericanos (Froehle, 2008).

CAPÍTULO 2: Marco Metodológico

1. Objetivo

Determinar la exactitud en la cuantificación del gasto calórico en niños y adolescentes mediante dispositivos de monitorización (brazaletes) comparados con algún método Gold standard sobre los indicadores métricos “objetividad, validez y confiabilidad”.

2. Protocolo

Se utilizaron las recomendaciones del “Manual Cochrane de revisiones sistemáticas de intervenciones, para la realización de esta revisión sistemática (Centro Cochrane Iberoamericano, 2011).

3. Criterios para la Evaluación de Estudios Incluidos

3.1. Tipos de estudios

Se seleccionaron estudios de precisión de valoración (RS) y estudios experimentales clínicos (ECA/ECC). Los cuales midieran cuantificación del gasto calórico con dispositivos inteligentes (pulseras, brazaletes) comparándolo con algún método Gold Standard (DLW y/o CD). Definiendo RS, ECA Y ECC según las recomendaciones del manual Cochrane para revisiones sistemáticas de intervenciones (Centro Cochrane Iberoamericano, 2011).

3.2. Tipos de participantes

Niños sanos desde los 6 años y adolescentes sanos hasta los 19 años. Definiendo sano como el desarrollo y mantenimiento de un óptimo bienestar físico, mental, espiritual y social en función y medida del desarrollo de la edad (Healthy Aging, Healthy Lifestyle) (Pubmed Mesh Terms , 2018).

3.3. Tipos de intervención

Se incluyeron estudios que compararan acelerómetros con agua doblemente marcada y/o calorimetría directa. Los cuales midieran gasto calórico en niños y/o adolescentes en condiciones de campo y/o laboratorio.

3.4. Tipos de Outcomes

Se seleccionaron los estudios que tuvieran al menos uno de los outcomes definidos (Validez, Objetividad y Confiabilidad). Total energy expenditure (TEE), Basal metabolic rate (BMR), Sleeping metabolic rate (SMR), Activity counts per minute (ACM), Activity counts per day (ACD), Activity energy expenditure (AEE), Physical activity level (PAL) y Physical activity ratio (PAR).

3.4.1. Outcomes primarios

3.4.1.1. Total energy expenditure (TEE)

El TEE o gasto energético total (GET) es el nivel de energía necesario para mantener el equilibrio entre el consumo y gasto energético, cuando el individuo presenta peso, composición corporal y actividad física compatible con un buen estado de salud. Debiéndose hacer ajustes para individuos con diferentes estados fisiológicos como crecimiento, gestación, lactancia y envejecimiento (OMS, 1998).

3.4.1.2. Basal metabolic rate (BMR)

BMR o tasa metabólica basal (TMB) representa la integración de la actividad mínima de todos los tejidos del cuerpo en condiciones de equilibrio, se expresa como producción de calor o consumo de oxígeno por unidad de tamaño corporal. Mitchell la definió como la “tasa mínima de gasto energético compatible con la vida” (Melier, Lilia, & María del Pilar, 2011).

3.4.1.3. Sleeping metabolic rate (SMR)

SMR o tasa metabólica del sueño (TMS), similar a la BMR es aproximadamente el 60% del gasto total de energía. Aunque ambos se miden en posición supina, la SMR se mide durante el sueño mientras que la BMR se mide en estado post absorción de nutrientes cuando el sujeto está despierto (Ganpule, Tanaka, Ishikawa-Takata, & Tabata, 2007).

3.4.1.4. *Activity counts per minute (ACM)*

Se define como un output del acelerómetro (conteos/minuto) que se basa en una medición de frecuencia (Hz) del eje x, el eje y, y el eje z. Corresponde a la media de estos tres ejes de medición y se calcula como la suma de todos los conteos durante el periodo de uso dividido por el total de tiempo de uso en minutos (Anna, y otros, 2015). Este permite clasificar la intensidad de la AF del sujeto en (Cutoff Points) sedentaria, ligera, moderada y vigorosa, siendo menos empleado el nivel muy vigoroso (Calahorro, y otros, 2015).

3.4.1.5. *Activity counts per day (ACD)*

Se define como un output del acelerómetro (counts/minute) se basa en una medición de frecuencia (Hz) del eje x, el eje y, y el eje z. Corresponde a la media de estos tres ejes de medición y se calcula como la suma de todos los conteos por minuto durante el periodo de uso dividido por la cantidad de días válidos (Anna, y otros, 2015). Este permite clasificar la intensidad de la AF del sujeto en (cutoff points) sedentaria, ligera, moderada y vigorosa, siendo menos empleado el nivel muy vigoroso (Calahorro, y otros, 2015).

3.4.2. *Outcomes secundarios*

3.4.2.1. *Activity energy expenditure (AEE)*

AEE o gasto energético por actividad se describe como la cantidad de energía que consume el cuerpo durante 24 horas además del metabolismo basal, como a través de la actividad física y mental, la termorregulación en diferentes ambientes, el crecimiento, regeneración tras lesiones, entre otros. El incremento de la actividad física permite aumentar de manera considerable el gasto energético por actividad (Heil, 2006).

3.4.2.2. *Physical activity level (PAL)*

PAL o nivel de actividad física (NAF) se describe como la proporción entre el gasto energético total y la tasa metabólica basal. Se usa para determinar la cantidad e intensidad de la actividad física habitual de un individuo (Todd, y otros, 2006).

3.4.2.3. *Physical activity ratio (PAR)*

Se define como la relación entre el gasto de energía correspondiente a una actividad sedentaria o física (kJ / min) y la tasa metabólica basal (BMR kJ/min), se puede calcular mediante la división entre el coste energético de la actividad (kJ / min) y la tasa metabólica basal (kJ / min). Sus valores van desde 1 para actividades muy suaves hasta 8 o incluso más para actividades muy intensas, se expresan como múltiplos del BMR (S, y otros, 2009).

4. Métodos de Búsqueda para Identificar los Estudios

Para el desarrollo de esta revisión se realizó una búsqueda en la literatura electrónica de artículos publicados sin limitación temporal, hasta diciembre del año 2018, en los idiomas español, inglés y portugués. La búsqueda finalmente tuvo una duración de 3 meses. Desde el día en que se definieron las palabras claves hasta el día de la búsqueda y recolección de los estudios de las bases de datos (octubre 2018- diciembre 2018). Se incluyen las fechas de búsqueda de todos los estudios incluidos.

4.1. Búsqueda electrónica

Se realizó la búsqueda en los siguientes motores:

- Pubmed (25 noviembre 2018)
- Epistemonikos (4 diciembre 2018)
- Google Scholar (8 diciembre 2018)

4.2. Palabras claves utilizadas en la búsqueda:

Se realizó una búsqueda avanzada con las siguientes palabras:

“Validation”, “ Energy metabolism”, “Energy cost”, Energy expenditure”, “Total energy expenditure”, “Wearable sensors” “Wearable electronic devices”, “Bracelets”, “Cardiac monitors”, “Accelerometer device”, “Accelerometers”, “Activity trackers”, “Monitors trackers”, “Self monitoring”, “Direct calorimetry”, Doubly labeled water”, “Children”,

“Kids”, “Adolescent”.

Se utilizaron combinaciones con operadores booleanos AND y OR.

4.3. Otros recursos de búsqueda de los estudios

Con la finalidad de realizar una búsqueda más sensible, se realizó una búsqueda manual de artículos presentes en las referencias bibliográficas de aquellos que fueran relevantes para el estudio, además de una búsqueda de literatura gris en tesis de pre y postgrado de la universidades latinoamericanas y nacionales, como Universidad de Chile (UCH), Pontificia Universidad Católica de Chile (PUC) y Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación (UMCE).

4.4. Selección de estudios

Los autores (LG y SS) evaluaron los títulos y resúmenes de los estudios encontrados en los motores de búsqueda electrónica de manera independiente. Excluyendo aquellos que resultaran poco relevantes. Se obtuvieron los estudios en formato full text, donde los autores evaluaron si estos cumplían con los criterios de elegibilidad. En los casos de desacuerdo entre los autores, un tercer autor (EQ) dirimía la situación y se llegaba a un consenso grupal.

CAPITULO 3: Resultados

1. Búsqueda y Selección de Estudios

La búsqueda se realizó durante los días 25 de noviembre, 4 de diciembre y 8 de diciembre de 2018. Esta búsqueda fue realizada por dos autores de manera independiente (SS y LG), en las distintas bases de datos mencionadas anteriormente.

Al finalizar cada búsqueda, se realizó un consenso junto a un tercer investigador (EQ) para el análisis de los artículos incluidos. Al no existir estudios que cumplieran con los criterios de búsqueda, los investigadores declaran esta revisión como vacía. Las búsquedas fueron realizadas en las bases de datos Pubmed (figura 1), Epistemonikos (figura 2), Google Scholar y literatura gris (tesis pre y postgrado de universidades latinoamericanas y nacionales, como UCH, PUC y UMCE). Fueron obtenidos finalmente un total de 77 artículos en la búsqueda. Se realizó un screening en los cuales fueron incluidos estudios relevantes para la revisión según título y abstract. De la base Pubmed de un total de 13 artículos se incluyeron 7. En Epistemonikos de un total de 4 se incluye 1 artículo. En Google Scholar de un total de 60 artículos se incluyeron 6. Por último, en la búsqueda manual se encontraron 7 artículos y se excluyó 1.

Aplicando los criterios de elegibilidad mencionados anteriormente, ninguno cumplió con los requisitos para ser incluido en esta revisión.

Al no existir artículos que cumplieran con los criterios de selección para participar en esta revisión sistemática, específicamente en el ítem "comparación", el cual abarca la medición de objetividad, validez y confiabilidad de dispositivos inteligentes (brazaletes)

frente a algún método gold standard, los autores deciden declarar esta búsqueda vacía. Es por esto que se incluyeron 3 estudios de tipo ECC para realizarles un análisis, en el cual reportará la comparación de dispositivos inteligentes (no brazaletes) sobre los dominios seleccionados a evaluar en esta revisión (ver Anexos 1-3).

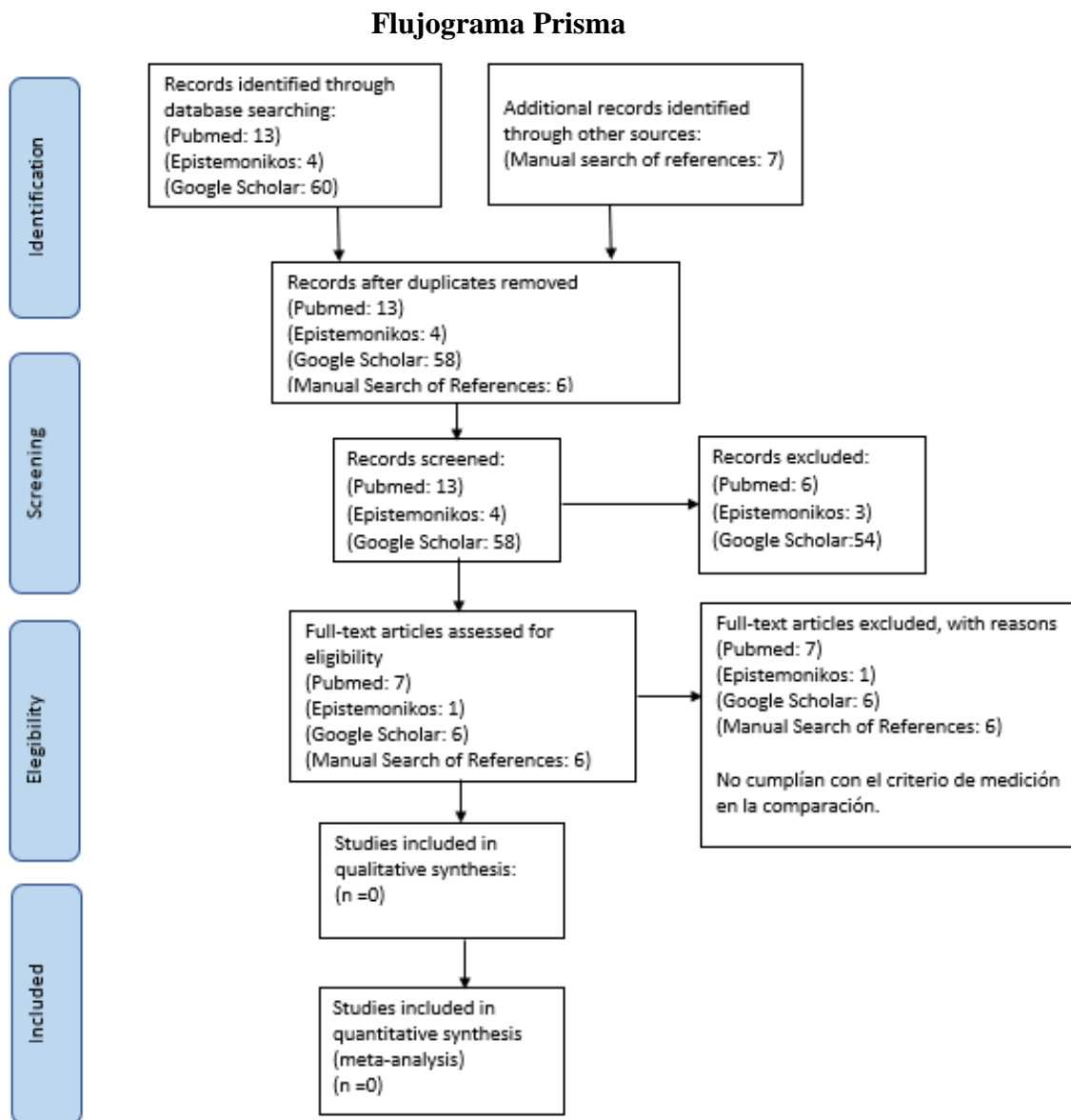


Figura 1. Diagrama prisma de selección de artículos.

Estrategia de búsqueda en Pubmed

- #1 Validation
- #2 Energy Metabolism
- #3 Energy cost
- #4 Energy expenditure
- #5 #2 OR #3 OR #4
- #6 Wearable Electronic Devices
- #7 Bracelets
- #8 Cardiac monitors
- #9 Accelerometer device
- #10 Monitor Trackers
- #11 #6 OR #7 OR #8 OR #9 OR #10
- #12 Direct Calorimetry
- #13 Doubly labeled water
- #14 #12 OR #13
- #15 Children
- #16 Kids
- #17 Adolescent
- #18 #15 OR #16 OR #17
- #19 #1 AND #5 AND #11 AND #14 AND #18

Figura 2. Búsqueda altamente avanzada Pubmed

Estrategia de búsqueda en Epistemonikos

- #1 Validation
- #2 Energy Metabolism
- #3 Energy cost
- #4 Energy expenditure
- #5 #2 OR #3 OR #4
- #6 Wearable Electronic Devices
- #7 Bracelets
- #8 Cardiac monitors
- #9 Accelerometer device
- #10 Monitor Trackers
- #11 #6 OR #7 OR #8 OR #9 OR #10
- #12 Direct Calorimetry

#13 Doubly labeled water
#14 #12 OR #13
#15 Children
#16 Kids
#17 Adolescent
#18 #15 OR #16 OR #17
#19 #1 AND #5 AND #11 AND #14 AND #18

Figura 3. Búsqueda altamente avanzada Epistemonikos.

Estrategia de búsqueda en Google Scholar

“validation or validity of monitor trackers or accelerometers in energy expenditure in childrens”

2. Estudios Incluidos

Ninguno de los estudios encontrados en las bases de datos utilizadas (Pubmed, Epistemonikos y Google Scholar) cumplían con los criterios de selección para participar de esta revisión sistemática, debido a esto los autores declaran esta revisión como vacía.

3. Estudios Excluidos

- **Pubmed**

3 artículos excluidos por no comparar con algún método Gold standard. 2 artículos por título y abstract. 1 artículo por no ser en la población objetivo.

- **Epistemonikos**

3 artículos excluidos por título y abstract.

- **Google Scholar**

45 artículos excluidos por título y abstract. 4 artículos excluidos por no comparar con algún método Gold standard. 3 artículos excluidos por no ser en la población objetivo. 2 artículos excluidos por duplicado.

- **Búsqueda Manual de Referencias**

1 artículo excluido por duplicado.

CAPÍTULO 4: Discusión

La contabilización de la actividad física y gasto calórico ha adquirido una mayor relevancia durante los últimos años debido a la evolución de los métodos de medición de estas variables, los cuales son cada vez más económicos y accesibles en la población. Dentro de estas alternativas de medición surgen los acelerómetros, que son dispositivos portátiles de una popularidad creciente en el mercado para el monitoreo de la actividad física, sueño, entre otros. Estos aparatos fomentan positivamente el control de variables y datos personales para los comportamientos relacionados a una buena salud (Almalki, Gray, & Sanchez, 2015), además de proporcionar herramientas interactivas durante el monitoreo de actividades a través de un dispositivo móvil o computadora para un seguimiento y almacenamiento de datos a largo plazo (Lyons, Lewis, Mayrsohn, & Rowland, 2014) (Cadmus-Bertram, Marcus, Patterson, Parker, & Morey, 2015). Los acelerómetros fomentan el cumplimiento de metas diarias o a largo plazo y se pueden utilizar para comparar con usuarios cercanos o de otras comunidades, lo cual es ventajoso para aumentar la realización de actividad física en general (Michie, y otros, 2011).

Estos dispositivos de actividad no solo se utilizan para su consumo en el mercado, sino también en distintos estudios. Las intervenciones relacionadas con la actividad física y gasto calórico utilizan diferentes tipos de acelerómetros para monitorear las distintas variables relacionadas con la medición calórica. Así, antes que se haga aún más un uso generalizado de estos aparatos, son necesarios estudios de investigación, ya sea para intervenir o medir, siendo relevante establecer su objetividad, validez y confiabilidad respecto a los métodos gold standard (Higgins & Straub, 2006).

Si bien la ventaja de los métodos gold standard de medición es que son las únicas técnicas disponibles que miden con precisión el gasto calórico en condiciones de laboratorio (DC) o de vida libre (DLW) durante largos periodos de tiempo, de igual manera, los beneficios de la acelerometría es que posee ventajas como proporcionar información sobre la frecuencia, intensidad, duración y cantidad total de la actividad física en la vida diaria. Idealmente debería usarse la combinación de estos métodos para obtener más información sobre el nivel de actividad física y gasto calórico, entre otras variables. Sin embargo, debido al alto costo monetario del DLW y DC, no siempre es posible combinarlos y rara vez se utilizan para poblaciones grandes de estudio. Por lo tanto, muchos estudios se han dirigido al desarrollo de ecuaciones predictivas, basadas en la acelerometría y características de los sujetos, para predecir las medidas de gasto calórico derivadas del DLW, en condiciones de vida libre y de laboratorio, con calorimetría (Plasqui & Westerterp, 2007).

Por lo expuesto anteriormente es que se decidió realizar una revisión sistemática para evidenciar la efectividad de los dispositivos de monitorización para cuantificar el gasto calórico en niños y adolescentes, dentro de la literatura actualmente disponible.

Como resultado de la búsqueda no se encontró evidencia respecto al uso de brazaletes en medición del gasto calórico en niños y adolescentes, dando en consecuencia una búsqueda vacía. Sin embargo, existen investigaciones enfocadas en otros dispositivos inteligentes con características similares a los brazaletes que también entregan una estimación del gasto calórico en el usuario, los cuales aportarían una posible validez respecto a su uso, para una futura aplicabilidad clínica (Higgins & Straub, 2006).

Los estudios de validación de estos dispositivos mostrados en una revisión sistemática (De Graauw, De Groo, Van Brussel, Streur, & Takken, 2010) proporcionan una estimación precisa de gasto calórico asociado a actividad (AEE) en niños a nivel grupal, la cual es más precisa cuando el modelo usado es derivado y utilizado en un entorno controlado de laboratorio. Asimismo, los mejores resultados de estos dispositivos son entregados cuando se combina la acelerometría uniaxial con monitor de frecuencia cardiaca o cuando se utiliza un acelerómetro triaxial. Por otro lado, la estimación y validación de los modelos durante

condiciones de vida libre es limitada, siendo necesario el desarrollo futuro de ecuaciones aplicables durante estas condiciones (De Graauw, De Groo, Van Brussel, Streur, & Takken, 2010).

Cabe destacar que al comparar la validez de diferentes dispositivos inteligentes, se deben hacer algunas consideraciones. Primero, cuando se usa la regresión múltiple con las características de los sujetos y los conteos de actividad (ACM/ACD), los estudios deben mencionar las correlaciones parciales para los conteos de actividad o el aumento en la variable R^2 por los conteos de actividad.

En segundo lugar, algunos estudios presentan la diferencia de medias entre los métodos después de haber calculado el gasto calórico utilizando solo las características del sujeto y los outputs del acelerómetro, aun cuando no se muestra información respecto a si los outputs del acelerómetro contribuyen significativamente a la ecuación de predicción.

En tercer lugar, para tener una idea de la capacidad de predicción del dispositivo para predecir el gasto calórico individual en lugar de solo a nivel grupal, se deben presentar los errores estándar (cuando se usa el análisis de regresión) o los límites (cuando se usan las diferencias de medias).

En cuarto lugar, se pueden aplicar varios métodos para el ajuste y corrección del gasto calórico en relación a la talla y composición corporal. El método más utilizado es el uso de relaciones, como el nivel de actividad física ($PAL = TEE \times BMR^{-1}$). Muchos autores utilizan esta relación como una medida de AF. Por otra parte, Schoeller y colaboradores (2010) concluyeron que dividir la AEE por el peso corporal es un medio apropiado para comparar el volumen de AF entre individuos de diferente tamaño corporal (Schoeller & Jefford, 2002). Estos autores enfatizan que no se recomienda utilizar como enfoque universal ya que probablemente no hay un factor de ajuste de aplicación general en la población.

Por último, las diferencias metodológicas en los diseños de los estudios podrían afectar los resultados. La ubicación del monitor en el cuerpo (muñeca, pecho, espalda baja,

brazo, pierna, cintura) hace variar el resultado. También puede haber diferencias en el procedimiento operativo estándar de la calorimetría y el agua doblemente marcada entre laboratorios, pero siempre deben coincidir en el periodo de observación. También la tasa metabólica basal (BMR) o del sueño, si es medida o calculada, y el nivel de AF así como el rango de AF (PAL) difieren entre las poblaciones, lo cual influye igualmente en el resultado.

Para efecto de esta revisión, en relación a las consideraciones mencionadas anteriormente, se evidencia una gran variabilidad entre los estudios encontrados (y por ende una gran heterogeneidad en los datos), en cuanto a los criterios de medición, el lugar del cuerpo donde se colocó el dispositivo y los distintos niveles de intensidad de actividad física, lo que dificulta o prácticamente imposibilita la realización de un metaanálisis. De la misma manera, se presume que las revisiones encontradas en la búsqueda realizada no presentaron metaanálisis por esta misma razón. Esta heterogeneidad entre los distintos estudios, en cuanto a sus criterios métricos y, por consiguiente, diferentes outcomes a evaluar, se evidencia en los anexos 1-3 de la presente revisión.

Finalmente, debido a las características que poseen estos dispositivos, al ser menos invasivos, menos costosos, fáciles de usar y de recolectar los datos de las estimaciones, pueden ser utilizados en condiciones de campo, laboratorio y vida libre, favoreciendo su aplicabilidad clínica, lo que permitiría la creación de programas y políticas educativas que fomenten estilos de vida saludables y una vida activa, enfatizando la relevancia que merece la actividad física como factor protector, medida preventiva y tratamiento en las enfermedades metabólicas asociadas al sedentarismo, las cuales van en aumento en nuestro país (Junaeb, 2017).

CAPÍTULO 5: Conclusión de los autores

Nuestra pregunta de investigación clínica no fue respondida en esta revisión sistemática, al resultar vacía para todas las estrategias de búsqueda realizadas, según nuestros criterios de inclusión y metodología utilizada.

Dependiendo del tipo de pregunta diagnóstica corresponde un diseño específico

1. Si la pregunta es ¿Qué tan reproducible es el test?, corresponde un estudio de variabilidad inter o intraobservador o de laboratorio.
2. Si la pregunta es ¿Qué tan exacto es el test?, corresponden estudios de corte transversal, con comparación del test a probar frente a un gold estándar.
3. Si la pregunta es ¿Qué tan frecuentemente afectan los resultados del test, las decisiones clínicas?, corresponden estudios de decisiones clínicas pre y post test.
4. Si la pregunta es ¿Cuáles son los costos, riesgos y aceptabilidad del test?, corresponden estudios prospectivos con seguimientos adecuados para evaluar las variables de interés.
5. Si la pregunta es ¿La realización del test mejora outcomes clínicos relevantes para las personas (críticos) o tiene efectos adversos?, corresponden idealmente a ensayos clínicos aleatorios y de no ser posible la realización de estos, pueden ser observacionales con grupo control, donde un grupo recibe el test a evaluar en comparación a un grupo control que recibe el gold estándar.

Esta metodología establece una jerarquía en las preguntas de diagnóstico, desde la reproducibilidad y exactitud de un test, hasta los efectos sobre outcomes clínicamente relevantes para las personas (outcomes críticos), que traerían como consecuencia el cambio en la conducta terapéutica de aplicar un test u otro.

Así, para responder secuencialmente nuestra pregunta de investigación, inicialmente es necesaria la realización de estudios de exactitud diagnóstica, y avanzar hasta llegar a estudios experimentales que analicen el efecto de los dispositivos inteligentes (brazaletes) sobre outcomes clínicamente relevantes para las personas, tales como calidad de vida, comorbilidades, gasto calórico en actividades, funcionalidad cardiorrespiratoria, funcionalidad musculoesquelética entre otros outcomes críticos que puedan establecerse.

Es necesario que los estudios futuros sean de buena calidad metodológica (bajo riesgo de sesgo) y que reporten el detalle de las intervenciones o acciones realizadas entre los grupos (protocolos de medición, intervenciones, co-intervenciones y seguimientos), todo lo anterior facilitaría la aplicabilidad clínica del uso de los dispositivos inteligentes (brazaletes).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- A, E. B., & A, M. W. (1986). Use of food quotients to predict respiratory quotients for the doubly-labelled water method of measuring energy expenditure. *Hum Nutr Clin Nutr*, 381-391.
- A, S. M., & P, D. M.-R. (2008). Valoración del gasto energético en los niños. Implicaciones fisiológicas y clínicas. Métodos de medición. *Asociación española de pediatría*, 165-180.
- Abraira, V. (2006). Biases in studies on diagnostic tests. *Family Medicine-SEMERGEN* , 24-26.
- Abrams, S., & Wong, W. (2003). Stable isotopes in human nutrition. . *Laboratory methods and research applications*, .
- Almalki, M., Gray, K., & Sanchez, F. (2015). The use of self-quantification systems for personal health information: big data management activities and prospects. Health Information Science Systems. *Biomedicine and Healthcare*, 2047-2501.
- Anderson, J., Konz, E., Frederich, R., & Wood, C. (2001). Long-term weight-loss maintenance: a meta-analysis of US studies. *American journal of clinical nutrition*, 579-84.
- Anna, S., Henk, S., Annelies, H. G., Koen, F. J., Imke, v. K., Eva, C., & Pieter, J. S. (2015). Validation of the TracmorD Triaxial Accelerometer to Assess Physical Activity in Preschool Children. *PEDIATRIC OBESITY* , 1877-1883.
- Anne, L. A., Maurice, R. P., Firoz, A. V., Issa, F. Z., & Nancy, F. B. (2012). Validation of Uniaxial and Triaxial Accelerometers for the Assessment of Physical Activity in Preschool Children. *Journal of Physical Activity and Health*, 9, 944-953.

- Avons, P., Garthwaite, P., Davies, H., & Murgatroyd, P. J. (1988). Avons P, Garthwaite P, Davies HL, Murgatroyd PR, James WP. Approaches to estimating physical activity in the community: calorimetric validation of actometers and heart rate monitoring. *Eur J Clin Nutr*, 185-96.
- Bassett, D. J. (2000). Validity and reliability issues in objective monitoring of physical activity. *Res Q Exerc Sport.*, 30.
- Bassett, D. J., Ainsworth, B., Swartz, A., Strath, S., O'Brien, W., & King, G. (2000). Validity of four motion sensors in measuring moderate intensity physical activity. *Med Sci Sports Exerc*, 471-80.
- Bouten, C., Koekkoek, K., Verduin, M., Kodde, R., & Janssen, J. (1997). A triaxial accelerometer and portable data processing unit for the assessment of daily physical activity. *EEE Trans Biomed Eng*, 136.
- Bouten, C., Westerterp, K., Verduin, M., & Janssen, J. (1994). Assessment of energy expenditure for physical activity using a triaxial accelerometer. *Med Sci Sports Exerc*, 26.
- Brage, S., Brage, N., Franks, P., Ekelund, U., & Wareham, N. (2005). Reliability and validity of the combined heart rate and movement sensor Actiheart. *European Journal of Clinical Nutrition*, 561-70.
- Brooks, G., Butte, N., Rand, W., Flatt, J., & Caballero, B. (2004). Chronicle of the Institute of Medicine physical activity recommendation: how a physical activity recommendation came to be among dietary recommendations. *American journal of clinical nutrition*, 921S-30.
- Caballero, B. (2001). Introduction. Symposium: Obesity in developing countries: biological and ecological factors. *Journal of nutrition*, 866 S-70.
- Cadmus-Bertram, L., Marcus, B., Patterson, R., Parker, B., & Morey, B. (2015). Randomized trial of a Fitbit-Based physical activity intervention for women. *American Journal of Preventive Medicine*, 414–8.
- Calahorra, C. F., Torres-Luque, G., López-Fernández, I., Santos, L. A., Garatachea, N., & Álvarez, C. E. (2015). Actividad física y acelerometría; orientaciones metodológicas, recomendaciones y patrones. *Nutrición Hospitalaria*, 115-118.

- Centro Cochrane Iberoamericano. (2011). *Manual Cochrane de Revisiones Sistematicas de Intervenciones*. Barcelona : Centro Cochrane Iberoamericano.
- Christoph, S., Florian, H., Thimo, W., Alexander, D., Michael, K., & Tim, M. (2018). Heart Rate Monitoring in Team Sports A Conceptual Framework for Contextualizing Heart Rate Measures for Training and Recovery Prescription. *Frontiers in Physiology*, 2-4.
- Crouter, S., Churilla, J., & Bassett, D. (2008). Accuracy of the Actiheart for the assessment of energy expenditure in adults. *European Journal of Clinical Nutrition*, 704-11.
- Daniels, S., Arnett, D., Eckel, R., Gidding, S., Hayman, L., Kumanyika, S., . . . Williams, C. (2005). Overweight in children and adolescents. Pathophysiology, consequences, prevention and treatment. *Circulation*, 1999-2012.
- De Graauw, S., De Groo, J., Van Brussel, M., Streur, M., & Takken, T. (2010). Review of Prediction Models to Estimate Activity-Related Energy Expenditure in Children and Adolescents. *International Journal of Pediatrics*.
- Diehl, K., Thiel, A., Zipfel, S., Mayer, J., Litaker, D., & Schneider, S. (2012). How healthy is the behavior of young athletes? A systematic literature review and meta-analyses. *Journal of Sports Science and Medicine*, 201-220.
- FAO/WHO/UNU. (1985). Energy and protein requirements. *Repor of a Joint FAO/WHO/UNU Expert Consultation*, 220.
- FAO/WHO/UNU. (2005). Human energy requirements. *Report of a Joint FAO/WHO/UNU Expert Consultation*, 96.
- Ferro-Luzzi, A. (2005). The conceptual framework for estimating food energy Requirement. *Public Health Nutrition*, 940-52.
- Froehle, A. (2008). Climate Variables as Predictors of Basal Metabolic Rate: New Equations. *Am J of Human Biology*, 510-29.
- Fung, T., Hu, F., Yu, J., Chu, N., Spiegelman, D., Tofler, G., . . . Rimm, E. (2000). Leisure-Time Physical Activity, Television Watching, and Plasma Biomarkers of Obesity and Cardiovascular Disease Risk. *American journal of epidemiology*, 1171-78.
- Ganpule, A. A., Tanaka, S., Ishikawa-Takata, K., & Tabata, I. (2007). Interindividual variability in sleeping metabolic rate in Japanese subjects . *European Journal of Clinical Nutrition*, 1256–1261.

- González, L., Giraldo, N., Estrada, A., Muñoz, A., Mesa, E., & Herrera, C. (2007). La adherencia al tratamiento nutricional y composición corporal: un estudio transversal en pacientes con obesidad o sobrepeso. *Revista Chilena de Nutrición*, 46-54.
- GV, K., SR, V., R, K., RP, K., AK, W., M, N., . . . AV, K. (2009). Relationship between physical activity measured using accelerometers and energy expenditure measured using doubly labelled water in Indian child. *European Journal of Clinical Nutrition* , 63, 1313–1319.
- Harris, J., & Benedict, F. (1919). *A Biometric Study of the Basal Metabolism in Man*. Washington, DC: Publication No. 279.
- Heil, D. P. (2006). Predicting Activity Energy Expenditure Using the Actical Activity Monitor. *Exercise and Sport*, 64–80.
- Hendelman, D., Miller, K., Baggett, C., Debold, E., & Freedson, P. (2000). Validity of accelerometry for the assessment of moderate intensity physical activity in the field. *Med Sci Sports Exerc*, 442-9.
- Henry, C. (2005). Basal metabolic rate studies in humans: measurement and development of new equations. *Public Health Nutrition*, 8 (7A) 1133-1152.
- Heymsfield, S., Harp, J., Rowell, P., Nguyen, A., & Pietrobelli, A. (2006). How much may I eat? Calorie estimates based upon energy expenditure prediction equations. *Obesity Reviews*, 361-370.
- Higgins, P., & Straub, A. (2006). Understanding the error of our ways: Mapping the concepts of validity and reliability. *Nursing Outlook*, 23-29.
- IPAQ. (Octubre de 2002). International Physical Activity Questionnaire. *CUESTIONARIO INTERNACIONAL DE ACTIVIDAD FÍSICA*.
- John, R. S., & Russell, R. (2001). Pate Physical Activity Assessment in Children and Adolescents . *Sports med*, 439-454.
- Junaeb. (Noviembre de 2017). Informe Mapa Nutricional 2017. *Revista online nutrición y vida*, 20-102.
- K, R. W., Carlijn, V., & C, B. (1997). Physical activity assessment: Comparison between movement registration and doubly labeled water method . *Zeitschrift fir Ernfihrungswissenschaft* , 263-267 .

- Kelly, R. E., Michelle, M. G., & Robert, D. F. (2015). Systematic review of the validity and reliability of consumer wearable activity trackers . *International Journal of Behavioral Nutrition* , 12-159.
- Labayen, I., Lopes-Marqués, J., & Martínez, J. (1997). Métodos de medida do gasto energético. *Nutrición clínica*, 7-18.
- Lee, I., & Skerrett, P. (2001). Physical activity and all-cause mortality: what is the dose-response relation? *Medicine and Science in Sports and Exercise*, S459-71.
- Lee, I., Sesso, H., Oguma, Y., & Paffenborger, J. (2003). Relative intensity of physical activity and risk of coronary heart disease. *Circulation*, 1110-6.
- Levine, J., Baukol, P., & Westerterp, K. (2001). Validation of the Tracmor triaxial accelerometer system for walking. *Med Sci Sports Exerc*, 7.
- LOPEZ, A. M., JAIME, M., DAVID A, F., TENA, H.-H., FRANK, A. F., RICHARD, M. S., . . . BARBARA, A. G. (2004). Ability of the Actiwatch accelerometer to predict free-living energy expenditure in young childrens. *Obes Res.*, 12: 1859 –1865.
- Lorenzo, D., Tagliabue, A., Andreoli, A., Testolin, G. C., & Deurenberg, P. (2001). Measured and predicted resting metabolic rate in Italian males and females, aged 18 ± 59. *European Journal of Clinical Nutrition*, 208-214.
- Lorenzo, D., Tagliabue, A., Andreoli, A., Testolin, G., Comelli, M., & Deurenberg, P. (2001). Measured and predicted resting metabolic rate in Italian males and females. *European Journal of Clinical Nutrition*, 208-214.
- Lorenzo, D., Tagliabue, A., Andreoli, A., Testolin, G., Comelli, M., & Deurenberg, P. (2001). Measured and predicted resting metabolic rate in Italian males and females. *European Journal of Clinical Nutrition*, 208-214.
- Lyons, E., Lewis, Z., Mayrsohn, B., & Rowland, J. (2014). Behavior change techniques implemented in electronic lifestyle activity monitors: A systematic content analysis. *Journal of Medical Internet Research*, e192.
- Manson, J., Skerrett, P., Greeland, P., & Vanlallie, T. (2004). The Escalatin Pandemics of Obesity and Sedentary Lifestyle. *Archives of Internal Medicine*, 249-58.
- Marije, B. H., G, P., Willem-Jan, M., Gerver, K. R., & Westerterp. (2003). Physical activity level measured by doubly labeled water and accelerometry in children. *Eur J Appl Physiol* , 624–626.

- Mataix J, M. J.-2. (2006). *Balance de energía corporal y alimentación humana*. .
Barcelona: Editorial Oceano.
- Mcardle, W., Katch, F., & Katch, V. E. (2001). *Exercise Physiology: Energy, Nutrition and Human Performance*. New York: Editorial Lippincott Williams & Wilkins.
- Melier, V. Z., Lilia, L. P., & María del Pilar, B. P. (2011). Gasto Energetico en Reposo y Ccomposición Corporal en Adultos Energy expenditure in repose related to body composition in adults. *Rev Fac Med*, 4-6.
- Melzer, K., Karsegard, V., Genton, L., Kossovsky, M., Kayser, B., & Pichard, C. (2007). Comparison of equations for estimating resting metabolic rate in healthy subjects over 70 years of age. *Clin Nutr.*, 498-505.
- Michie, S., Ashford, S., Sniehotta, F., Dombrowski, S., Bishop, A., & French, D. (2011). A refined taxonomy of behaviour change techniques to help people change their physical activity and healthy eating behaviours: The CALO-RE taxonomy. *Psychology and health*, 1479-98.
- Ministerio del Deporte. (Marzo de 2016). Encuesta Nacional de Hábitos en la Población de 18 años y más.
- Montoye, H., Kemper, H., Saris, W., & Washburn, R. (1996). Measuring Physical Activity and Energy Expenditure Champaign. *Human kinetics*, 191.
- Montoye, H., Washburn, R., Servais, S., Ertl, A., Webster, J., & Nagle, F. (1983). Estimation of energy expenditure by a portable accelerometer. *Med Sci Sports Exerc*, 403-7.
- Müller, M., Bosy-Westpha, A., Klau, S., Kreyman, G., Lührmann, P., & Neuhaüser-Berthold, M. (2004). WHO equations have shortcomings for predicting resting energy expenditure in persons from a modern, affluent population: generation of a new reference standard from a retrospective analysis of a German database of resting energy expenditure. *J Clin Nutr*, 1379-90.
- NANCY, F. B., WILLIAM, W. W., JONG, S. L., ANNE, L. A., MAURICE, R. P., & ISSA, F. Z. (2013). Prediction of Energy Expenditure and Physical Activity in Preschoolers . *Medicine & Science in Sports & Exercised*, 0195-9131/14/4606-1216/0.

- Nuria, G. V., Euclides, C. A., & José, A. d. (2003). METHODS FOR QUANTIFYING ENERGY EXPENDITURE AND PHYSICAL ACTIVITY. *Archivos de medicina del deporte*, .
- OHN, J. R., LOUISE, A. K., COLETTE, M., DIANE, M. J., SLATER, C., STAN, G., & JAMES, Y. P. (2006). Validation of Actigraph accelerometer estimates of total energy expenditure in young children . *J International Journal of Pediatric Obesity*, 161-167.
- Ojiambo, R., Kenn, K., Toomas, V., John, R., Vera, V., Inge, H., . . . Yannis. (2012). Validity of hip-mounted uniaxial accelerometry with heart rate monitoring vs. triaxial accelerometry in the assessment of free-living energy expenditure in young children: the IDEFICS Validation Study. *J Appl Physiol*, 113: 1530–1536.
- OMS. (1998). OBESITY: PREVENTING AND MANAGING. *WHO Consultation on Obesity* (págs. 104-105). Geneva: WHO Library Cataloguing-in-Publication Data.
- OMS. (s.f.). Cuestionario Mundial sobre Actividad Física (GPAQ).
- OMS. (s.f.). OMS. Obtenido de www.who.int.
- Plasqui, G., & Westerterp, K. (2007). Physical Activity Assessment With Accelerometers: An Evaluation Against Doubly Labeled Water. *Obesity*, 2371-9.
- Pubmed Mesh Terms . (Junio de 2018). *Pubmed*. Obtenido de www.ncbi.nlm.nih.gov: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/mesh/?term=Healthy>
- PUYAU, M. R., A, L. A., F, A. V., I, Z., & N, F. B. (2004). Prediction of Activity Energy Expenditure Using Accelerometers in Children. *Med. Sci. Sports Exerc*, Vol. 36, No. 9, pp. 1625–1631.
- PUYAU, M. R., ANNE, L. A., FIROZ, A. V., & NANC, Y. F. (2002). Validation and calibration of physical activity monitors in children. *Obes Res*, 150–157.
- Puyau, M., Adolph, A., Vohra, F., & Butte, N. (2002). Validation and calibration of physical activity monitors in children. *Obes Res*, 150-7.
- Redondo, R. B. (2015). RESTING ENERGY EXPENDITURE; ASSESSMENT METHODS AND APPLICATIONS. *Revista Española de Nutrición Comunitaria*, 5.

- RK, J., J, R., & MI, G. (1998). Physical activity related energy expenditure in children by doubly labeled water as compared with the Caltrac accelerometer . *International Journal of Obesity* , 22, 1046-1052.
- S, L., C, B., R, G., Boniello, S., F, A., C, L., & A, S. (2009). Physical activity ratios for various commonly performed sedentary and physical activities in obese adolescents. *Journal of Endocrinological Investigation* , 79–82.
- Salech, F., Mery, V., Larrondo, F., & Rada, G. (2008). Studies that evaluate a diagnostic test: interpreting its results. *Medical Journal of Chile*, 1208-1208.
- Sanne, I. d., Bakker, I., Marijke, H.-R., Remy, A. H., & Willem, v. M. (2006). Clinimetric review of motion sensors in children and adolescents. *Journal of Clinical Epidemiology*, 670–680.
- Schneider, P., Crouter, S., & Bassett, DR. (2004). Pedometer measures of free-living physical activity: comparison of 13 models. *Med Sci Sports Exerc*, 33-36.
- Schoeller, & DA. (1998). Measurement of energy expenditure in freelifing humans by using doubly labeled water. *J Nutr.*, 1278–89.
- Schoeller, D., & Jefford, G. (2002). Determinants of the energy costs of light activities: inferences for interpreting doubly labeled water data. *Int J Obes Relat Metab Disord*, 26: 97–101.
- Speakman, J. (1999). The history and theory of the doubly labeled water technique. *Journal Clinical Nutrition*, 68, 932S-938S.
- Spears, K., Kim, H., Behall, K., & Conway, J. (2009). Hand-Held indirect calorimeter offers advantages compared with prediction equations, in a group of overweight women, to determine resting energy expenditures and estimated total energy expenditures during research screening. *J am diet assoc*, 836-45.
- Strath, S., Bassett, D., Swartz, A., & Thompson, D. (2001). Simultaneous heart rate-motion sensor technique to estimate energy expenditure. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 2118-23.
- Strath, S., Brage, S., & Ekelund, U. (2005). Integration of physiological and accelerometer data to improve physical activity assessment. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, S563-71.

- TANAKA, C., SHIGEHO, T., JUNKO, K., & TAISHI, M. (2007). Triaxial accelerometry for assessment of physical activity in young children. *Obesity* , 1233–1241.
- Todd, M. M., James, E. E., Kushang, V., Dale, A. S., Lisa, H. C., Marjolein, V. F., . . . Tamara, B. (2006). Daily Activity Energy Expenditure and Mortality Among Older Adults. *American Medical Association*, 171-179.
- Ulf, E., Jan, A., & Klaas, W. (2003). Is the ArteACC Index a Valid Indicator of Free-Living Physical Activity in Adolescents? . *OBESITY RESEARCH* , Vol. 11 No. 6 June 793-801.
- Valenzuela, L., & Cifuentes, L. (2008). Validity of diagnostic test studies. *Medical Journal of Chile*, 136 (3), 401-404.
- Watanabe, T., Nomura, M., Nakayasu, K., Kawano, T., Ito, S., & Nakaya, Y. (2006). Relations between thermic effect of food, insulin resistance and autonomic nervous activity. *J Med Invest*, 153-58.
- Weijs, P., Kruizenga, H., Dijk, A., Meij, B., Langius, J., Knol, D., & Strack, R. (2008). Validation of predictive equations for resting energy expenditure in adult outpatients and inpatients. *Clin Nutr*, 150-57.

ANEXOS

Anexo 1: *Validity of hip-mounted uniaxial accelerometry with heart-rate monitoring vs. triaxial accelerometry in the assessment of free-living energy expenditure in young children: the IDEFICS Validation Study.* (Ojiambo, y otros, 2012)

Método	Tipo de estudio: Ensayo clínico controlado Diseño: Prospectivo Duración: 7-8 días
Población	96 niños y niñas de entre 4-10 años fueron reclutados de cuatro centros de validación de las universidades de Glasgow (Reino Unido), Ghent (Bélgica), Gothenburg (Suecia) y Zaragoza (España). Los cuales debían cumplir con los siguientes criterios Inclusión: <ul style="list-style-type: none">● Monitorearse durante 6 días seguidos● Monitorearse al menos un día durante el fin de semana 600 minutos continuos para la validación de datos recomendada en estudios anteriores. Exclusión: <ul style="list-style-type: none">● Tener enfermedades concomitantes

	<ul style="list-style-type: none"> ● Como hubo problemas de reclutamiento en algunos centros, se seleccionaron niños y niñas con sobrepeso y obesidad en tratamiento que no contaran con otras enfermedades concomitantes. <p>Finalmente fueron seleccionados 49 niños y niñas para este estudio.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 25 niñas (51%) y 24 niños (49%) ● Con una edad promedio de 6.9 ± 1.5 de un rango de 4 a 10 años ● Con un peso de $24.7 - 6.6$ kg de un rango de 14–48 kg ● Con una talla de $122 - 9.5$ cm de un rango de 100.5–140 cm ● Con un IMC de $16.6 - 3.0$ kg/m² de un rango de 13.6–26 kg/m²
Intervención	<p>El propósito de este estudio fue examinar la validez del Actitrainer (acelerómetro uniaxial con monitor de FC) y los acelerómetros triaxial y uniaxial 3DNX con el criterio de agua doblemente marcada (DLW) durante actividades de vida libre en niños pequeños. Los niños y niñas usaron los acelerómetros por 7 días consecutivos. El dispositivo fue puesto en la cadera derecha fijado con un elástico, además se les fijó en el pecho el monitor de FC. Los sujetos debían usar los dispositivos desde el momento en que se levantaban en la mañana hasta que se acostaran en la noche para así monitorear un día completo de actividad física. Cabe mencionar que estos se retiraron durante las actividades acuáticas. En promedio de uso de</p>

	<p>los dispositivos fue de 720 ± 46 minutos con un rango de 619 - 810 minutos por día.</p> <p>Se utilizaron dos reglas para excluir los datos: 1) todas las cuentas negativas fueron reemplazadas por el código de datos faltantes 2) los períodos de 20 minutos o más cuentas en cero consecutivas fueron reemplazadas por el código de datos faltantes antes del análisis adicional.</p> <p>En la medición hubo un tiempo total de monitoreo el cual se dividió en actividades leves (sedentarias) y físicas en diferentes intensidades y los datos de HR (mínima, media y máxima) además de la diferencia en la FC durante actividades moderadas y leve (ModHR, SedHR) también se calculó en función de los outputs de la acelerometría (CPM).</p>
Outcomes	<p>Total energy expenditure (TEE): Se midió el total energy expenditure con agua doblemente marcada de acuerdo al protocolo de Maastricht. Donde los sujetos consumieron los isótopos de deuterio y oxígeno-18. Se tomó la primera muestra de orina al día 0 (antes de tomar el DLW) y la segunda en los días 1,4 y 8. La tasa producción de CO₂ fue medida de la desaparición diferencial de los dos isótopos usando la ecuación de Schoeller y fue convertida en energy expenditure (EE) usando la ecuación de Weir.</p> <p>Basal metabolic rate (BMR): Se midió con la ecuación de Schofield, asumiendo una dieta promedio que resulte en una relación de intercambio gaseoso de 0,85 (cita). La ecuación basada en el género, edad, altura y el</p>

	<p>peso se utilizaron para medir BMR en sujetos de 4-10 años como se describe a continuación: $BMR \text{ (kcal / día)} = 19.59 \text{ BM} + 1.303 \text{ H} + 414.9$ (hombres) y $BMR \text{ (kcal / día)} = 16.969 \text{ BM} + 1.618 \text{ H} + 371.2$ (Mujeres), donde BM es la masa corporal en kilogramos y H es la altura en centímetros. Estas ecuaciones se han identificado como las que muestran el mejor acuerdo con la BMR medida en niños pequeños y adolescentes.</p> <p>Physical activity level (PAL): Una vez obtenidos los valores del total energy expenditure (TEE) y basal metabolic rate (BMR) se utilizó la relación entre ambos valores para calcular el PAL ($PAL = TEE/BMR$), luego se hizo una correlación con los resultados de la acelerometría</p> <p>Activity energy expenditure (AEE): Se utilizó la relación de ambos valores mencionados anteriormente para calcular el AEE ($AEE = 0.9X \text{ TEE} - BMR$) donde luego se hizo una correlación con los resultados de la acelerometría.</p> <p>Activity counts per minute (ACM): Se midió con los 3 dispositivos de acelerometría y se hizo una correlación de los resultados con los obtenidos con el DLW.</p>
<p>Conclusión de los autores</p>	<p>La acelerometría uniaxial y triaxial puesta en cadera tienen validez en la evaluación del gasto calórico (EE) en condiciones de vida libre en niños. En la cohorte del estudio Actitrainer uniaxial y 3DNX uniaxial tuvieron una validez comparable respecto al acelerómetro 3DNX triaxial (Figura 1 y 2). Además, hubo una asociación positiva entre Actitrainer y los outputs de 3DNX y PAL</p>

	<p>(Physical activity level) (Tabla 2 y 3). Lo cual contradice a anteriores estudios, lo que se podría explicar por el uso de un modelo anterior de 3DNX, un menor número de sujetos de estudio y las diferencias específicas entre los estudios.</p> <p>Actitrainer uniaxial y 3DNX triaxial fueron validados para la evaluación en niños pequeños de 4 a 10 años. Además, la adición de la monitorización de la FC mejora la validez predictiva de la acelerometría, sin embargo, aún no se valida la exactitud de la mayoría de la alta gama existente de monitores de actividad, quedando por determinar su validez en futuros estudios en condiciones diferentes.</p>
--	--

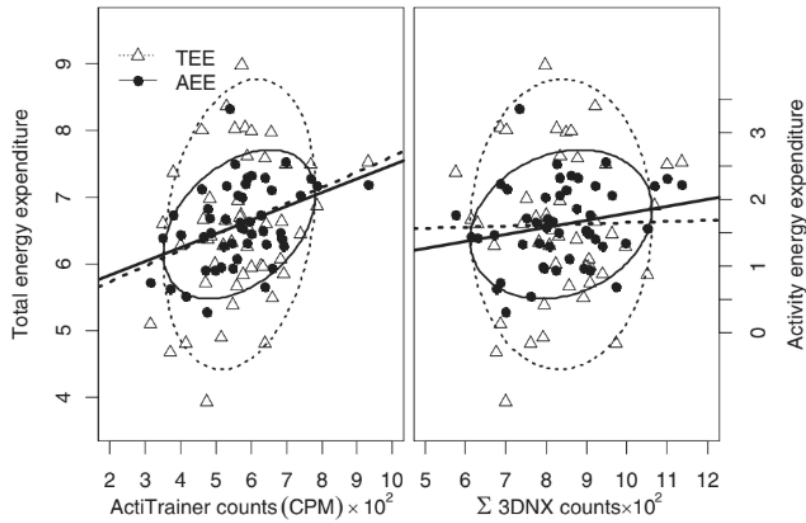


Fig. 1. Relationship of ActiTrainer and 3DNX accelerometer outputs with total energy expenditure (TEE) and activity-induced energy expenditure (AEE) (with linear regression lines and 80% prediction data ellipses) in 4- to 10-yr-old children. Under bivariate normality, the percentage of observations falling inside the ellipse should closely agree with the specified confidence level. Data ellipse collapses diagonally as the correlation between two variables approaches 1 or -1. Data ellipse is more circular when two variables are uncorrelated.

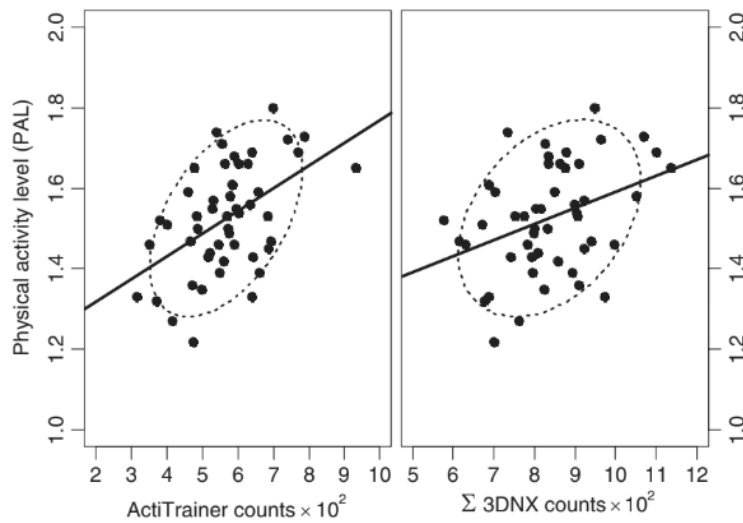


Fig. 2. Relationship of ActiTrainer and 3DNX accelerometer outputs with physical activity level (PAL; with linear regression lines and 80% data ellipses) in young children. Under bivariate normality, the percentage of observations falling inside the ellipse should closely agree with the specified confidence level. Data ellipse collapses diagonally as the correlation between two variables approaches 1 or -1. Data ellipse is more circular when two variables are uncorrelated.

Table 2. Comparison of the accuracy of TEE prediction models using body mass plus uniaxial with heart rate vs. triaxial accelerometry

Model	R^2	ΔR^2	SEE	PE	P
BM	71%		0.37	0.43	$P < 0.05$
BM + ActiTrainer	82%	11%	0.49	0.28	$P < 0.05$
BM + ActiTrainer + (ModHR - SedHR)	86%	15%	0.44	0.23	$P < 0.05$
BM + 3DNX _z	81%	10%	0.64	0.33	$P < 0.05$
BM + 3DNX _z + 3DNX _x	81%	10%	0.71	0.29	$P < 0.05$
BM + 3DNX _z + 3DNX _x + 3DNX _y	83%	12%	0.71	0.30	$P < 0.05$
BM + $\sum 3DNX_{xyz}$	79%	8%	0.74	0.29	$P < 0.05$

CPM-ActiTrainer, counts per minute of uniaxial ActiTrainer accelerometer contribution to the regression coefficient; CPM-3DNX_z, counts per minute of z-axis (longitudinal) contribution to the regression coefficient; CPM-3DNX_x, counts per minute of x-axis (anteroposterior) contribution to the regression coefficient; CPM-3DNX_y, counts per minute of y-axis (mediolateral) contribution to the regression coefficient; CPM- $\sum 3DNX_{xyz}$, counts per minute of triaxial sum of 3DNX accelerometer contribution to the regression coefficient; (ModHR - SedHR), difference in HR during sedentary and moderate activities; ΔR^2 , change in R^2 relative to the first model containing body mass as the single predictor; TEE, total energy expenditure; BM, body mass; SEE, standard error of estimate; PE, prediction error.

Table 3. Comparison of the accuracy of AEE prediction models using body mass plus uniaxial accelerometry and heart rate vs. triaxial accelerometry

Model	R^2	Δr^2	SEE	PE	P
BM	35%		0.28	0.26	$P < 0.05$
BM + ActiTrainer	57%	22%	0.4	0.18	$P < 0.05$
BM + ActiTrainer + (ModHR – SedHR)	61%	26%	0.38	0.18	$P < 0.05$
BM + 3DNX _z	55%	20%	0.5	0.20	$P < 0.05$
BM + 3DNX _z + 3DNX _x	56%	21%	0.56	0.19	$P < 0.05$
BM + 3DNX _z + 3DNX _x + 3DNX _y	58%	22%	0.57	0.19	$P < 0.05$
BM + Σ 3DNX _{xyz}	51%	16%	0.56	0.20	$P < 0.05$

Anexo 2: Análisis del estudio *Validation of the TracmorD Triaxial Accelerometer to Assess Physical Activity in Preschool Children* (Anna, y otros, 2015)

Método	Tipo de estudio: Ensayo clínico controlado (ECC) Diseño: Prospectivo Duracion: 6-7 días.
Población	30 niños y niñas preescolares de 3-4 años de edad de la provincia de Drenthe (Holanda) participaron en este estudio. Fueron seleccionados aleatoriamente de la cohorte de

	<p>nacimiento de GECKO- Drenthe (Groningen Expert Center for Kids with Obesity). Este es un cohorte de nacimientos basado en la población que estudia los factores de riesgo para el sobrepeso en niños pequeños.</p> <p>Los criterios de inclusión fueron los siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Firmar un consentimiento informado sobre los procedimientos que los niños y las niñas debían seguir en el estudio. <p>Criterios de exclusión:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Tener limitaciones médicas las cuales podrían afectar la realización de actividad física. <p>De los 30 niños seleccionados:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 12 niños (40%) y 18 niñas (60%) ● Edad: $3,5 \pm 0,3$ de un rango de 3,1-4,1 ● Peso: $16,3 \pm 1,9$ de un rango de 12,1-21,2 kg ● Talla: $101,0 \pm 5,4$ de un rango de 86,0-113,1 cm.
Intervención	<p>El propósito de este estudio fue examinar la validez del TracmorD (acelerómetro triaxial) en comparación con el criterio de agua doblemente marcada (DLW) durante actividades de vida libre (caminata) en niños. Los niños y niñas usaron el acelerómetro por 5 días consecutivos y su uso comenzó el mismo día del protocolo del agua doblemente marcada (DLW). El dispositivo fue fijado en la línea media de la espalda lumbar mediante un elástico. Los padres reportaron las horas de sueño, el despertar y el tiempo de uso del acelerómetro. Cabe mencionar que estos se retiraron durante actividades acuáticas. No se</p>

	<p>consideró válido un día de uso de acelerómetro cuando la suma entre el uso de este y el tiempo dedicado a dormir no sumaron al menos 19 horas.</p>
<p>Outcome</p>	<p>Total energy expenditure (TEE): TEE fue medido con agua doblemente marcada (DLW). El día 0 los niños bebieron las muestras de deuterio y oxígeno-18. Las muestras de saliva fueron recolectadas por los padres a las 4, 16, 72 y 120 h después de la primera dosis, quienes registraron fecha y hora exactas de la recolección. La muestra se frotó con un bastoncillo de algodón en la boca de los niños durante 1-2 minutos y luego se colocó en un plástico hermético. A los participantes no se les permitió comer ni beber durante 30 minutos. Los padres guardaron las muestras (congeladas) para que los investigadores la recogieran los días 6 y/o 7. El agua corporal total (TBW) fue calculado estimando los espacios de dilución de los isótopos, usando la dilución de estos en tres puntos de tiempo. Luego con estos resultados se calculó el TEE a través de la ecuación de weir modificada.</p> $TEE \text{ (kcal/day)} = 3.9rCo2/RQ + 1.1rCO2.$ <p>Basal metabolic rate (BMR): Se calculó el BMR a través de la ecuación de Schofield. Esto se hizo para una comparación final debido a que se usó el SMR ya que se consideraba más adecuado en esta población. Ya que los investigadores encontraron más adecuado medir su metabolismo mientras dormían.</p> <p>Sleeping metabolic rate (SMR): SMR se midió utilizando la mascarilla de ventilación</p>

Deltatrac II MBM 200 metabolic monitor. Este es un dispositivo de calorimetría indirecta de sistema abierto que mide VO_2 y VCO_2 y a partir de estas variables calcula el cociente respiratorio ($RQ = VCO_2/VO_2$) y el gasto calórico. Los niños fueron medidos mientras dormían con la mascarilla durante las tardes durante 30 minutos. La medición de VO_2 y VCO_2 comenzó después de que los gases estuvieran estables en la mascarilla (5 minutos aproximadamente), Cuando los niños despertaban se quitaba la mascarilla y la medición se iniciaba cuando volvían a dormir. Cuando algún niño despertaba y no volvía a conciliar el sueño, la medición se obtenía en otra noche dentro de las próximas 2 semanas.

Physical activity level (PAL):

Una vez obtenidos los valores del total energy expenditure (TEE) y basal metabolic rate (BMR) se utilizó la relación entre ambos valores para calcular el PAL ($PAL = TEE/BMR$), luego se hizo una correlación con los resultados de la acelerometría.

Activity energy expenditure (AEE):

Se utilizó la relación de ambos valores mencionados anteriormente para calcular el AEE ($AEE = 0.9 \times TEE - BMR$) donde luego se hizo una correlación con los resultados de la acelerometría.

Activity counts per minute (ACM): Se midió con TracmorD y se hizo una correlación con los resultados obtenidos por el DLW, invalidando las mediciones cuya suma total entre actividades y sueño no sumaran al menos 19 horas.

	<p>Activity counts per day (ACD): Se midió con TracmorD y se hizo una correlación con los resultados obtenidos por el DLW invalidando las mediciones cuya suma total entre actividades y sueño no sumaran al menos 19 horas</p>
<p>Conclusión de los autores</p>	<p>El estudio presento ciertas limitaciones como el bajo número de participantes de este, el cual bajó más aún debido a la recolección de datos (se validó 3 días en 1 niño, 4 días en 2 niños y 5 días en 17 niños. También hubo una sobreestimación de ciertos parámetros debido a las características del estudio. Como la ecuación de Schofield que sobrestima el BMR al compararla con los resultados de este estudio en comparación de los infantes con un SMR inferior. Al parecer la discrepancia se debe al hecho de que la BMR se estimó de acuerdo con la ecuación utilizada por la FAO / OMS / UNU en este grupo de edad joven puede llevar a errores, puede ser menos adecuado para niños de 3 a 4 años. Es un fenómeno bien conocido que el error aumenta en la base dados de la población para la que se desarrolló la ecuación predictiva.</p> <p>Teniendo esto en consideración TracmorD proporciona validez moderada a fuerte que respalda su uso en la evaluación de las variables de PAL y AEE en condiciones de vida libre en niños preescolares (Figura 1, Tabla 2). Dadas las características del estudio, el uso de TracmorD durante 3 días es comparable al uso en 5 días (Figura 2) en este grupo de etario. Los outputs del TracmorD en ACM y junto con las características propias de los sujetos (peso y género) da una estimación válida de PAL y AEE. En ACD junto con la altura, género y duración del sueño da una estimación válida de PAL y</p>

	AEE.
--	------

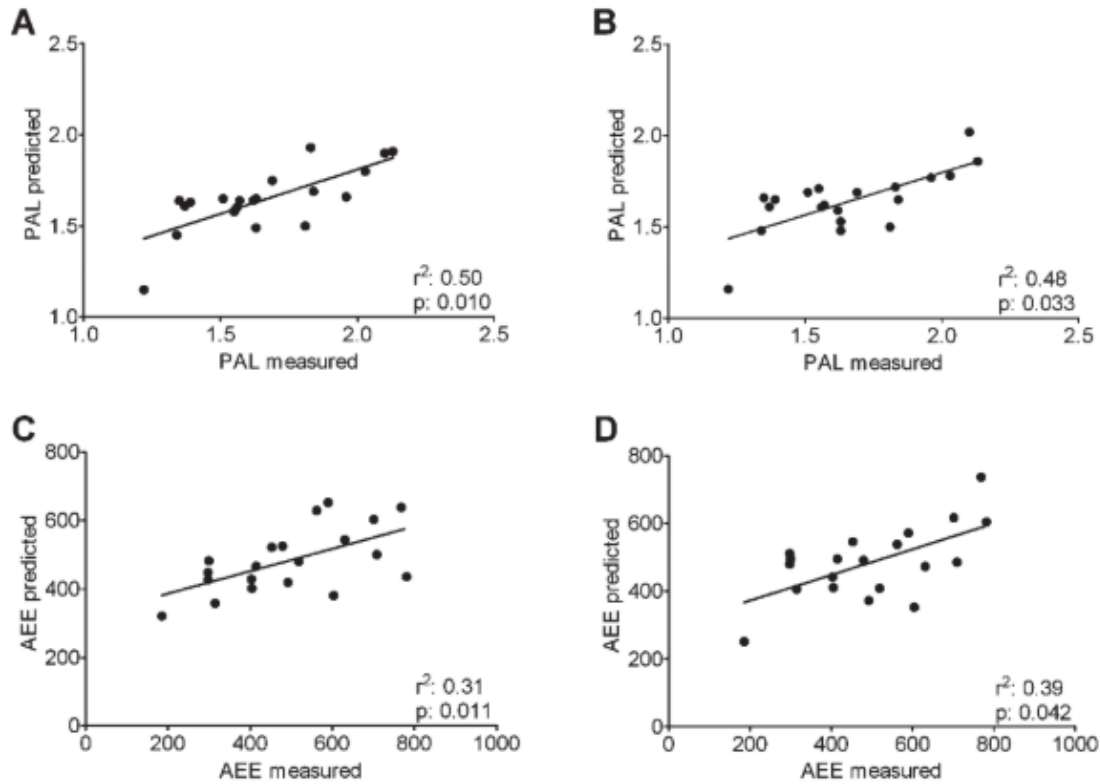


FIGURE 1 Measured versus predicted values for physical activity level (PAL) and activity energy expenditure (AEE). **A:** $PAL_{predicted} = 1.04 + 2.86 \times ACM \times 10^{-4} - 0.044 \times \text{weight} + 0.15 \times \text{gender}$. **B:** $PAL_{predicted} = 0.265 + 4.24 \times ACD \times 10^{-7} - 0.011 \times \text{height} + 0.096 \times \text{sleep duration} + 0.195 \times \text{gender}$. **C:** $AEE_{predicted} = -189.8 + 0.183 \times ACM$. **D:** $AEE_{predicted} = -1,411.6 + 2.93 \times ACD \times 10^{-4} + 82.8 \times \text{sleep duration} + 122.3 \times \text{gender}$. ACD, activity counts per day; ACM, activity counts per minute; gender (1: boys, 2: girls); height in cm; sleep duration in minutes; weight in kg.

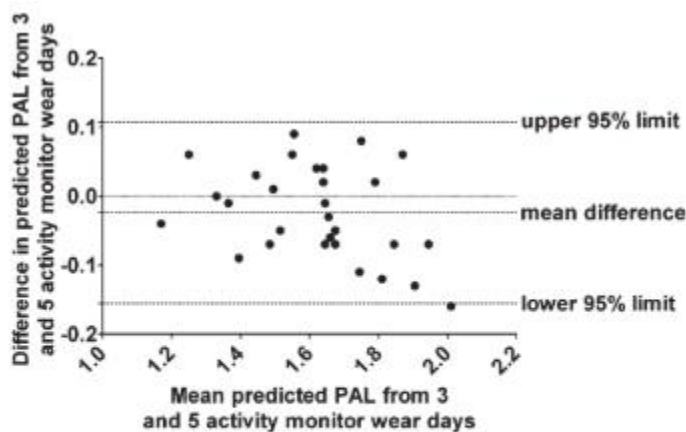


FIGURE 2 Bland-Altman plot for the level of agreement in predicted physical activity level (PAL) between 5 or 3 days of physical activity measurement by the Tracmor_D. Mean difference (bias): -0.02 ± 0.07 (-1.2% of mean PAL) and 95% limits of agreement of $-0.16; 0.11$ ($-9.8; 6.8\%$ of mean PAL).

TABLE 2 Prediction models of PAL, AEE, and TEE

	ACM as PA outcome			ACD as PA outcome		
	B	95% CI	R ²	B	95% CI	R ²
PAL^a						
Univariate model						
Intercept	0.55			Intercept	0.97	
ACM × 10 ⁻⁴	2.96	1.06-4.87	0.37**	ACD × 10 ⁻⁷	2.93	0.12-5.75
						0.21*
Multivariate model ^b						
Intercept	1.04			Intercept	0.265	
ACM × 10 ⁻⁴	2.86	1.04-4.69		ACD × 10 ⁻⁷	4.24	1.16-7.33
Weight	-0.044	-0.102 to 0.014		Height	-0.011	-0.030 to 0.008
Gender	0.15	-0.06 to 0.36	0.50**	Sleep duration	0.096	-0.022 to 0.213
				Gender	0.195	-0.033 to 0.424
						0.48*
AEE^a						
Univariate model						
Intercept	-189.8			Intercept	110.6	
ACM	0.183	0.048 to 0.319	0.31*	ACD × 10 ⁻⁴	1.65	0.34 to 3.64
						0.15
Multivariate model ^b						
Intercept	-189.8			Intercept	-1,411.6	
ACM	0.183	0.048-0.319	0.31*	ACD × 10 ⁻⁴	2.93	0.82-5.04
				Gender	122.3	-38.0 to 282.5
				Sleep duration	82.8	1.9-163.8
						0.39*
TEE^c						
Multivariate model ^b						
Intercept	-19.9			Intercept	-1,169.6	
ACM	0.173	0.022-0.323		ACD × 10 ⁻⁴	2.71	0.37-5.05
SMR	0.831	-0.085 to 1.746	0.29	Sleep duration	82.48	-0.83 to 165.80
				SMR	0.77	-0.17 to 1.70
				Gender	117.57	-48.41 to 283.54
						0.38

P value model *P < 0.05, **P < 0.01.

ACD, activity counts per day; ACM, activity counts per minute; AEE, activity energy expenditure; CI, confidence interval; PA, physical activity; PAL, physical activity level; SMR, sleeping metabolic rate; TEE, total energy expenditure.

^an = 20.

^bBackward regression analyses with SMR (only for the prediction model of TEE), weight (kg), height (cm), gender (1: boys, 2: girls), sleep duration (hours/day), and ACM or ACD as prediction factors. Entry criteria: 0.20, removal criteria: 0.25.

^cn = 25.

Anexo 3: Análisis del estudio *Prediction of Energy Expenditure and Physical Activity in Preschoolers*. (De Graauw, De Groo, Van Brussel, Streur, & Takken, 2010)

Método	<p>Tipo de estudio: Ensayo clínico controlado (ECC)</p> <p>Diseño: Prospectivo</p> <p>Duración: 7 días</p>
Población	<p>Se reclutaron a niños por edad y sexo utilizando volantes en clínicas locales y centros de preescolares en Houston (USA). El diseño general del estudio requería dos cohortes independientes para desarrollar y validar las ecuaciones de predicción para EE (energy expenditure) en niños de edad preescolar.</p> <p>Se seleccionaron 50 niños y niñas para la medición minuto a minuto en la sala de calorimetría.</p> <p>Se seleccionaron 105 niños para la medición con el protocolo de agua doblemente marcada (DLW) en condiciones de vida libre.</p> <p>Los criterios de inclusión fueron los siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Niños sanos sin enfermedades concomitantes ● Niños que cumplieran con los criterios de validación del estudio. <p>Criterios de exclusión:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Niños con medicamentos recetados ● Niños con enfermedades crónicas como trastornos endocrinos, asma tratada con esteroides, apnea del sueño y cualquier condición que interfiera con la realización de actividad física.

	<p>Niños medidos con calorimetría:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 25 niños (50%) y 25 niñas (50%) ● Edad: 4.5 ± 0.8 con un rango de 3.1-5.9 años ● Peso: 17.6 ± 2.6 de un rango de 13.7-24.2 kg. ● Talla: 1.06 ± 0.07 de un rango de 0.91- 1.21 metros. <p>Niños medidos con agua doblemente marcada (DLW):</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 105 niños (no especifica sexo) ● Edad: $4,6 \pm 0,9$ años ● Peso $18,3 \pm 3,7$ kg ● Talla $1,07 \pm 0,076$ m
Intervención	<p>El propósito de este estudio fue validar el acelerómetro uniaxial Actiheart (con monitor de frecuencia cardiaca) y el acelerómetro triaxial Actigraph GT3X+ con el criterio de agua doblemente marcada en condiciones de vida libre y calorimetría directa en laboratorio. Para la validación de datos de acelerometría se utilizaron los modelos de series de tiempo de corte transversal (CSTS) y Reglas multivariadas de regresión adaptativa (MARS). El Actiheart se puso en el pecho de los niños con 2 electrodos para el cálculo de la FC, y El Actigraph GT3X+ se puso en la cresta iliaca derecha de los niños mediante un elástico. Ambos se utilizaron por 7 días para la comparación con DLW y el protocolo minuto a minuto de DC.</p>
Outcomes	<p>Total energy expenditure (TEE): TEE fue medido con el protocolo de DLW por 7 días.</p>

	<p>Se recolectaron muestras de orina o de cada participante. El día 0 cada niño recibió por vía oral los isotopos de referencia, luego debieron estar de 5 a 10 minutos sin beber agua ni consumir alimento alguno. Se les dieron instrucciones a los padres para recolectar las muestras de orina en casa durante los días 1 y 7. Luego estas fueron congeladas y enviadas a analizar al laboratorio después del día 7. Los datos obtenidos fueron calculados mediante la ecuación de Weir para el cálculo del TEE También se calculó el TEE a través de la calorimetría en los niños en donde realizaron distintas actividades durante el día como ver televisión, jugar videojuegos, colorear, cocinar, bailar, actividades aeróbicas, comer y correr. Estas actividades fueron realizadas desde las 9:00 de la mañana hasta las 16:00 de la tarde dando un break para el almuerzo a las 11:30 y el break del snack desde las 9:30 hasta 14:30 horas.</p> <p>Activity energy expenditure (AEE): AEE Se calculó mediante la diferencia entre el total energy expenditure y el basal metabolic rate de acuerdo con la ecuación de Schofield.</p> <p>Activity counts: Se calculo mediante los modelos de regresión CSTS y MARS y luego se hizo una correlación con los resultados obtenidos de los métodos gold estándar.</p>
<p>Conclusión de los autores</p>	<p>Los modelos CSTS y MARS presentan una predicción aceptable por el cálculo de gasto calórico en niños de edad preescolar. Mostrando una validez moderada en la predicción de la actividad física sedentaria, liviana, y de moderada a vigorosa. (Tabla 4). Pese a tener diversidad étnica entre los niños,</p>

los errores de predicción no se asociaron a sus características como edad, sexo, peso, altura o las puntuaciones del z del IMC. Los rangos de error en la calorimetría fueron aceptables (T7.4% a T10.8%). Hubo concordancia entre el gasto calórico predicho y la medición de este (CCC = 0.86–0.93) afirmando validez para esta población (tabla 2). En relación con el DLW, el porcentaje de error osciló entre el 8,5% y el 10,1%, obteniendo rangos comparables con los errores entregados por los modelos predictivos en la validación de la calorimetría. Hubo una concordancia entre el gasto calórico predicho y medido (CCC = 0.69–0.82) afirmando la validez en la población (tabla 3). Dado el hecho que los métodos Gold estándar involucra supuestos y posibles fuentes de error (Schoeller & DA, 1998), los autores consideran que los errores dados por los modelos de predicción son aceptables. El modelo CSTS parece sobrevalorar levemente los resultados en comparación a los valores del modelo MARS. Se recomienda el uso de Actiheart o ActiGraph + HR para aplicaciones de 24 horas y para periodos de vigilia Actiheart, ActiGraph + HR o ActiGraph. (Figura 1-a)

TABLE 2. Prediction errors of the CSTS and MARS models for the prediction of EE versus room respiration calorimetry.

	CSTS Model			MARS Model		
	Actiheart	ActiGraph	ActiGraph + HR	Actiheart	ActiGraph	ActiGraph + HR
Mean absolute error (kcal·min ⁻¹)						
All data	-0.034 ± 0.114 ^a		-0.014 ± 0.075	-0.027 ± 0.104		0.006 ± 0.085
Awake	-0.039 ± 0.121	-0.005 ± 0.07	-0.012 ± 0.082	-0.033 ± 0.109	0.009 ± 0.071	0.003 ± 0.088
Sleep	0.015 ± 0.088		-0.013 ± 0.061	0.046 ± 0.07		0.053 ± 0.055
Mean percent error (%)						
All data	-2.9 ± 10.8		-1.1 ± 7.4	-1.9 ± 9.6		1.3 ± 8.1
Awake	-3.1 ± 10.9	-0.2 ± 6.7	-0.6 ± 7.5	-2.5 ± 9.6	1.1 ± 6.6	0.8 ± 7.9
Sleep	2.5 ± 16		-2.7 ± 11.9	8.6 ± 12.6		10.1 ± 9.8
RMSE (kcal·min ⁻¹)						
All data	0.117		0.075	0.107		0.085
Awake	0.126	0.070	0.082	0.112	0.070	0.087
Sleep	0.089		0.059	0.080		0.073
r ²	0.873	0.876	0.898			

^an = 50 (n = 21 for sleep); data are given as means and standard deviation.

CSTS = cross-sectional time series; EE = energy expenditure; HR = heart rate; MARS = multivariate adaptive regression splines; RMSE = root mean square error.

TABLE 3. Prediction errors of the CSTS and MARS models for the prediction of TEE versus doubly labeled water method, presented as mean absolute error, percent error, and RMSE.

	CSTS Model		MARS Model	
	Actiheart	ActiGraph + HR	Actiheart	ActiGraph + HR
Mean absolute error (kcal·d ⁻¹)	-19 ± 115	41 ± 97	27 ± 123	79 ± 115
Mean percent error (%)	-0.5 ± 9.7	4.1 ± 8.5	3.2 ± 10.1	7.5 ± 10
RMSE (kcal·d ⁻¹)	116	105	125	139

^an = 105; data are given as means and standard deviation.

CSTS = cross-sectional time series; HR = heart rate; MARS = multivariate adaptive regression splines; RMSE = root mean square error; TEE = total energy expenditure.

TABLE 4. Accelerometer count cutoffs for sedentary/light, light/moderate, and moderate/vigorous cutoffs for physical activity in preschool-age children.

	Sedentary/ Light	Light/ Moderate	Moderate/ Vigorous
Actiheart x-axis (cpm)	41	449	1297
ActiGraph vector magnitude (cpm)	820	3908	6112
ActiGraph x-axis (cpm)	240	2120	4450

cpm = counts per minute.

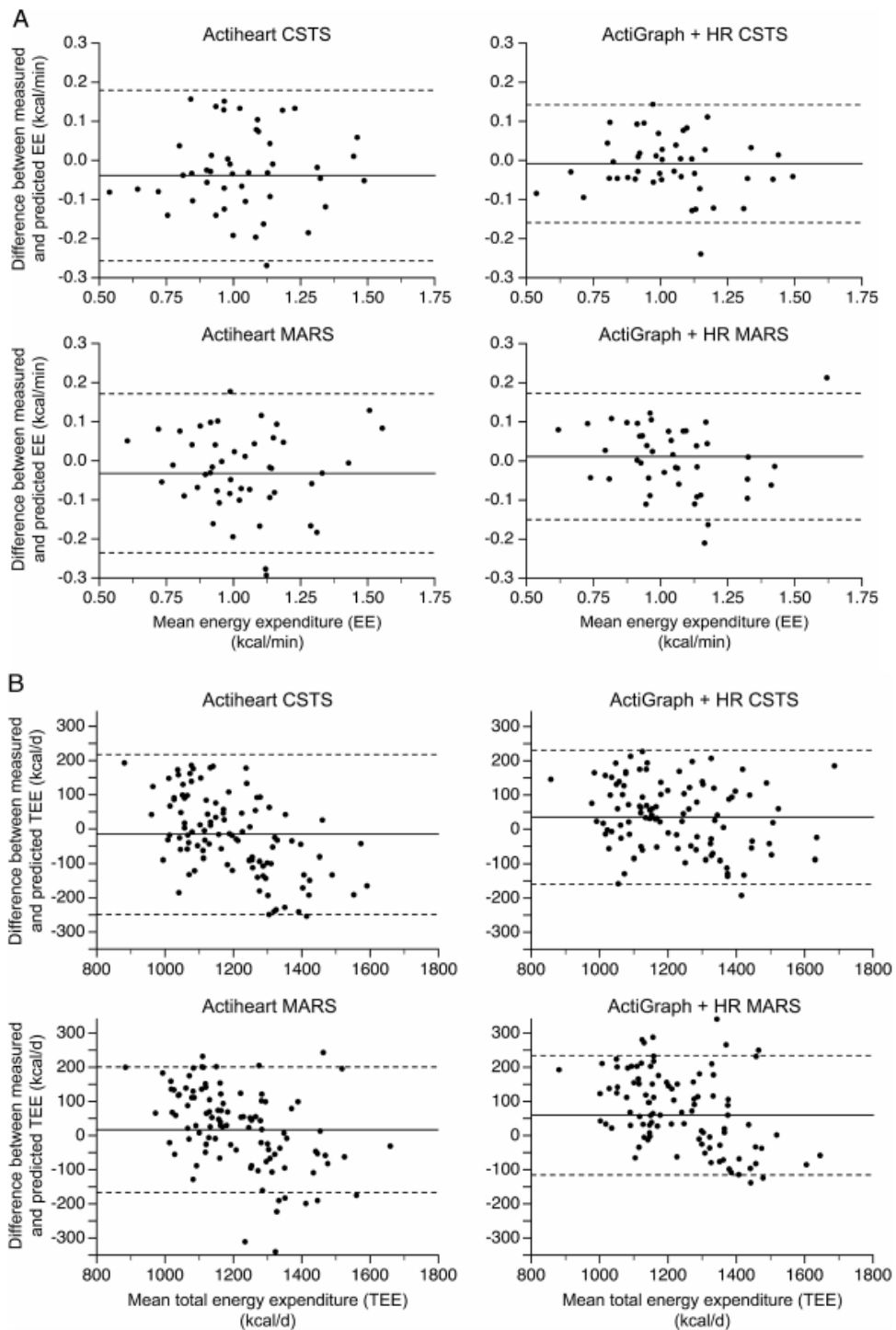


FIGURE 1—A, Bland–Altman plots evaluating the prediction of EE by CSTS and MARS models using Actiheart and ActiGraph devices versus energy expenditure measured by room respiration calorimetry ($n = 50$). The mean difference between measured EE and predicted EE is plotted against the mean of the two methods; the mean bias is shown by a *solid line* and the 95% limits of agreement are shown by *dash lines*. B, Bland–Altman plots evaluating the prediction of TEE by CSTS and MARS models using Actiheart and ActiGraph devices versus TEE measured by DLW method ($n = 105$). The mean difference between measured TEE and predicted TEE is plotted against the mean of the two methods; the mean bias is shown by a *solid line* and the 95% limits of agreement are shown by *dash lines*. CSTS = cross-sectional time series; DLW = doubly labeled water; EE = energy expenditure; MARS = multivariate adaptive regression splines.

Anexo 4: Segunda estrategia de búsqueda en los motores

Estrategia de búsqueda en Pubmed

- #1 Validation
- #2 Energy cost
- #3 Energy metabolism
- #4 Total energy expenditure
- #5 #2 OR #3 OR #4
- #6 Wearable sensors
- #7 Wearable electronic devices
- #8 Accelerometers
- #9 Activity trackers
- #10 Self monitoring
- #11 #6 OR #7 OR #8 OR #9 OR #10
- #12 Doubly labeled water
- #13 Direct Calorimetry
- #14 #12 OR #13
- #15 Kids
- #16 Childrens
- #17 Adolescents
- #18 #15 OR #16 OR #17
- #19 #1 AND #5 AND #11

Estrategia de búsqueda en Epistemonikos

- #1 Validation
- #2 Energy cost
- #3 Energy metabolism
- #4 Total energy expenditure
- #5 #2 OR #3 OR #4
- #6 Wearable sensors
- #7 Wearable electronic devices
- #8 Accelerometers
- #9 Activity trackers
- #10 Self monitoring
- #11 #6 OR #7 OR #8 OR #9 OR #10
- #12 Doubly labeled water
- #13 Direct Calorimetry
- #14 #12 OR #13

#15 Kids

#16 Childrens

#17 Adolescents

#18 #15 OR #16 OR #17

#19 #1 AND #5 AND #11

Estrategia de búsqueda en Google Scholar

“Bracelets validation in comparison doubly labeled water in energy expenditure in children”

Anexo 5: Artículos full texts excluidos.

Estudio	Diseño de estudio	Población	Comparación/Intervención	Criterios exclusión
(OHN, y otros, 2006)	ECC Prospectivo	85 niños de 4 a 6 años con un promedio de 4,6 años 4,6 y una DS 1,1	Se comparo acelerometría (Actigraph) con DLW en condiciones de campo durante 7 días para validar el dispositivo	No brazaletes (se usó acelerometría en cadera)
(Marije, G, Willem-Jan, Gerver, & Westerterp, 2003)	ECC Prospectivo	11 niños de 3 a 12 años con un promedio de 6.9 años y una DS de 2.2	Se comparo acelerometría (TracmorD) con DLW en condiciones de campo durante 14 días para validar el dispositivo	No brazaletes (se usó acelerometría en espalda lumbar)
(Kelly, Michelle, & Robert, 2015)	RS Prospectivo	Adolescentes (11-18) y adultos (18-60)	Comparaba acelerómetros con distintos criterios como pasos, distancia, AF, GC, sueño entre otros	Los 2 estudios que eran en adolescentes de la RS no comparaban con algún método gold estándar
(Anna, y otros, 2015)	ECC Prospectivo	30 niños de 3 a 5 años con un promedio de 3.4 años 3,4 años y un DS de 0,4	Comparaba acelerometria (TracmorD) con DLW durante 7 días para validar el dispositivo	No brazaletes (se usó acelerometria en espalda lumbar)
(RK, J, & MI, 1998)	ECC Prospectivo	31 niños con un promedio de 8,3 años con una DS de 2,0	Comparaba acelerometria (Caltrac) con DLW por 16 días para validar el dispositivo	No brazaletes (Se usó acelerometria en cadera)
(Plasqui &	RS	Niños, adolescentes	Comparaba acelerometria	No brazaletes (los estudios

Westerterp, 2007)	Prospectivo	y adultos de distintos espectros de edad.	(8 modelos tintos) con DLW por distintos días dependiendo del protocolo para la validación de los dispositivos en la literatura	reportaron uso de acelerometria en pecho, espalda lumbar, cadera y tobillo)
(NANCY, y otros, 2013)	ECC Prospectivo	Niños de 3 a 5 años. 50 niños (4.5 ± 0.8) 105 niños (4.6 ± 0.9)	Comparaba acelerometria y monitor de frecuencia cardiaca (ActiGraph GT3X+ y Actiheart) con DLW (105 niños) por 7 días y DC por 30 minutos (50 niños) para la validación de estos dispositivos	No brazaletes (se usó acelerómetro en cadera y monitor de FC en pecho)
(Ojiambo, y otros, 2012)	ECC Prospectivo	59 niños de 4 a 10 años con un promedio de 6,9 años y una DS de 1,5	Comparaba acelerometria (actitrainer con HR y 3DNX) con DLW por 7 días para la validación de estos dispositivos	No brazaletes (ambos acelerómetros se usaban en cadera)
(Ulf, Jan, & Klaas, 2003)	ECC Prospectivo	36 adolescentes de 14 a 19 años con un promedio de 18,1 años y una DS de 1,3	Comparaba acelerometria (MTI) con DLW por 14 días para la validación de este dispositivo	No brazaletes (se usó acelerometria en cadera)
(K, Carlijn, & C, 1997)	ECC Prospectivo	30 adultos	Comparaba acelerometria (Tracmor) con DLW por 7 días y DC para la validación de este dispositivo	No brazaletes (se usó acelerometria en cadera) No cumple con la población objetivo (niños y adolescentes)
(LOPEZ, y otros, 2004)	ECC Prospectivo	29 niños de 4 a 6 años con un promedio de 4,9 años y una DS de	Comparaba acelerometria (Actiwatch) con DLW por 8 días para la validación de este dispositivo.	No brazaletes (se usó acelerometria en tobillo)

		0,9		
(De Graauw, De Groo, Van Brussel, Streur, & Takken, 2010)	RS Prospectivo	Niños y adolescentes de 6 a 18 años	Comparaba acelerometria (5 tipos distintos) con DLW y CI para ver la validación de estos dispositivos en la literatura	No brazalete (se usó acelerometria en espalda lumbar, cadera y tobillo) No comparaba con algún método gold estándar
(Anne, Maurice, Firoz, Issa, & Nancy, 2012)	ECC Prospectivo	65 niños de 3 a 5 años con un promedio de 4,5 años y una DS de 0,8	Comparaba acelerometria (Actical, Actiheart y RT3) con DC por 3 horas de protocolo para ver la validación de estos dispositivos.	No brazalete (se usó acelerometria en pecho y cadera)
(PUYAU, A, F, I, & N, 2004)	ECC Prospectivo	32 niños y adolescentes 7 a 18 años. niños (12.3 ± 3.2) niñas (13.3± 3.3)	Comparaba acelerometria (Actical y Actiwatch) con CD por 4 horas según el protocolo para ver la validación de estos dispositivos	No brazalete (se usó acelerometria en cadera)
(GV, y otros, 2009)	ECC Prospectivo	58 niños de 8 a 10 años con un promedio de 8.8 años y una DS de 0.3	Comparaba acelerometria (Actigraph) con DLW por 14 días según el protocolo para ver la validación de este dispositivo	No brazalete (se usó acelerometria en cadera)
(PUYAU, ANNE, FIROZ, & NANC, 2002)	ECC Prospectivo	26 niños y adolescentes de 6 a 16 años hombres (10.7± 2.9) mujeres (11.1± 2.9)	Comparaba acelerometria (Actigraph CSA y Actiwatch MM) con calorimetría directa por 6 horas según el protocolo para ver la validación de estos dispositivos	No brazalete (se usó acelerometria se usó en cadera y tobillo)
(TANAKA, SHIGEHO,	ECC Prospectivo	27 niños y niñas de 6 a 8 años con un	Comparaba acelerometria (Activtracer) con CI	No brazalete (se usó acelerometria en cadera)

JUNKO, & TAISHI, 2007)		promedio de 6 años y una DS de 0,3	(Douglas bag method) para ver la validacion de este dispositivo.	No comparaba con algún método gold estándar
(Sanne, Bakker, Marijke, Remy, & Willem, 2006)	RS Prospectivo	Niños y adolescentes de distintos espectros de edad	Comparaba acelerómetros (7) y Podómetros (2) con 20 ítems de evaluación como DLW y CI	No brazaletes (dispositivos se usaban en pecho, cadera, espalda baja y tobillo) No comparaba con algún método gold estándar
(John & Russell, 2001)	RS Prospectivo	Niños y adolescentes de distintos espectros de edad	Comparaba acelerómetros y podómetros con distintos ítems, como CI y DLW	Los estudios que comparan brazaletes no comparan con algún método gold estándar ni en población objetivo. Los demás descartados por no brazaletes