



Original

Estado sobre la situación del uso y utilidades potenciales de las nuevas tecnologías para medir actividad física. Revisión sistemática de la literatura



Carla Collazo^{a,*}, Josefa González Santos^b, Jerónimo González Bernal^b y Esther Cubo^a

^a Hospital Universitario de Burgos, Burgos, España

^b Universidad de Burgos. Hospital del Rey, Burgos, España

INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

Historia del artículo:

Recibido el 9 de junio de 2020

Aceptado el 8 de septiembre de 2020

Palabras clave:

Dispositivo electrónico inteligente
Monitorización pasiva
Actividad física
Enfermedades
Estilo de vida

R E S U M E N

Objetivo: Revisar la mejor evidencia científica disponible sobre el uso de las nuevas tecnologías para evaluar actividad física y su relación con la salud.

Diseño: Revisión sistemática de 39 artículos.

Fuentes de datos: Artículos publicados en PubMed, Web of Science, Medline y Science Direct, durante los últimos 10 años.

Selección de estudios: Se seleccionaron artículos relacionados con ensayos clínicos publicados en inglés/español en base a los siguientes términos: «aging», «physical activity assessment», «wearable technology», «telemedicine», «new technologies» y «disease».

Extracción de datos: Mediante método PRISMA.

Resultados: La actividad física (AF) diurna y nocturna se registra con dispositivos electrónicos inteligentes (DEI). Estos acoplan sensores de movimiento que permiten una monitorización activa y pasiva. Este sistema de registro está dentro del grupo de biomarcadores digitales. La gran ventaja que proporcionan los DEI es la posibilidad de estudiar evaluación remota y longitudinalmente la AF. Pero existen importantes limitaciones también, como son la falta de patrones de AF establecidos como *gold standard*, que caractericen a la población con base en los grupos de edad, sexo y enfermedad de base.

Conclusiones: El uso de los DEI representa un nuevo sistema de monitorización de AF, dentro del grupo de biomarcadores digitales. No obstante, faltan estudios que permitan establecer su asociación con el estado de salud dentro de los diferentes grupos de población.

© 2020 Los Autores. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Status on the situation of the use and potential utilities of the new technologies to measure physical activity. Systematic review of literature

A B S T R A C T

Objective: Review the best scientific evidence available on the use of new technologies to assess physical activity and its relationship with health.

Design: Systematic review of 39 articles.

Data sources: Articles published in PubMed, Web of Science, Medline and Science Direct, during the last 10 years.

Selection of studies: Articles related to clinical trials published in English/Spanish were selected based on the following terms: «aging», «physical activity assessment», «wearable technology», «telemedicine», «new technologies» y «disease».

Data extraction: Using the PRISMA method.

Keywords:

Intelligent electronic device
Passive monitoring
Physical activity
Diseases
Lifestyle

* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: carlacollazoriobo@gmail.com (C. Collazo).

Results: Day and night physical activity (PA) is recorded with intelligent electronic devices (DEI). These couple motion sensors that allow active and passive monitoring. This registration system is within the group of digital biomarkers. The great advantage provided by intelligent electronic devices is the possibility of studying remote and longitudinal evaluation of PA. But there are important limitations as well, such as the lack of established PA standards such as gold-standard, that characterize the population based on age groups, sex and underlying disease.

Conclusions: The use of DEI represents a new AF monitoring system, within the group of digital biomarkers. However, studies are lacking to establish its association with the health status within the different population groups.

© 2020 The Authors. Published by Elsevier España, S.L.U. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Introducción

En el año 2002, la Comisión Europea emitió un informe comunicando que, un tercio de las muertes que se producen en España están relacionadas con factores de riesgo evitables: 67.000 se deben al tabaquismo, 52.000 a la mala alimentación, 32.000 al consumo de alcohol y 9.500 a la escasa actividad física (AF)¹. Evitar estos factores de riesgo pueden mejorar, por tanto, el estado de salud, disminuir el deterioro funcional y mejorar la supervivencia².

La AF entendida como «cualquier movimiento corporal producido por los músculos esqueléticos que resulta en un gasto de energía»³, ha sido tradicionalmente registrada mediante cuestionarios que deben ser validados en el idioma y grupo de población que se desea evaluar. Durante la última década, los dispositivos electrónicos inteligentes (DEI) o «wearables» han cobrado un gran protagonismo científico (tabla 1). Estos dispositivos llevan sensores de movimiento, los más frecuentes son los acelerómetros de tres ejes (registran mediciones de inercia, la velocidad y la posición), y los giroscopios (registran orientación y rotación de la dimensión). Este registro de movimiento, analizado mediante algoritmos previamente validados, pertenece al grupo de biomarcadores digitales que ofrecen información de diferentes signos/síntomas físicos. Estos sensores de movimiento pueden encontrarse en diversos equipos/instrumentos, destacando relojes, bandas, gafas, anillos y ropa inteligente.

La medicina del siglo XXI se caracteriza por el avance tecnológico y accesibilidad al mercado digital, formando parte de esta revolución, la monitorización asistencial, diagnóstico remoto de la AF a través de los nuevos DEI y a tiempo real⁴. Los DEI han revolucionado por tanto, la forma de evaluar la AF, pues permiten su registro de forma remota, longitudinal, y dentro del entorno del paciente, fuera de la consulta médica, proporcionando información sobre la AF ecológicamente válida⁵.

Este artículo tiene como objetivo revisar la mejor evidencia científica disponible sobre el uso de las nuevas tecnologías para evaluar actividad física y su relación con la salud.

Tabla 1
Ventajas e inconvenientes de los dispositivos electrónicos inteligentes (DEI)

Ventajas	Seguimiento de la actividad durante un periodo de tiempo largo. Asistencia de calidad para todas las personas, independientemente de dónde vivan. Mayor seguimiento y, por tanto, mayor conocimiento de las patologías. Información objetiva y fiable. Estandarización de la información recogida.
Inconvenientes	Ausencia de legislación que proteja los datos biomédicos. Falta de comparabilidad entre unos DEI y otros. Elevado coste económico, tanto de los dispositivos como del software para el análisis de los datos recogidos.

Método

Diseño: Revisión sistemática en Pubmed, Web of Science, Medline y Science Direct, con los términos mesh: «aging», «physical activity assessment», «wearable technology», «telemedicine», «new technologies» y «disease».

Se incluyeron aquellos estudios publicados en los últimos 10 años (2010-2020), que evalúan AF mediante un DEI, cuyo diseño metodológico fuese una revisión bibliográfica, artículos de revisión o ensayos clínicos en humanos. Se excluyeron los estudios de casos únicos y los que estuviesen publicados en una lengua diferente al inglés o el castellano (tabla 2, figura 1). Para la extracción de datos se aplicó la escala de calidad PRISMA. La investigadora principal (CC) evaluó los artículos y las discrepancias se resolvieron por consenso. Se revisaron un total de 39 artículos, incluyendo finalmente 29 (tabla 3).

Resultados

Acceso a los dispositivos electrónicos inteligentes: la popularidad de los DEI va en aumento, además de ser una industria en rápido crecimiento centrada en la salud⁶. La mejora tecnológica, la facilidad de uso, el tamaño y abaratamiento han hecho que estos dispositivos estén al alcance de profesionales sanitarios y población general⁷⁻⁹. Se ha comprobado que tener problemas de salud es un factor potenciador de la adherencia a los DEI⁹.

A nivel médico, los DEI proporcionan información sobre la AF de los pacientes de forma real, continua y longitudinal, así como una cuantificación del comportamiento motor¹⁰. Además, recopilan datos objetivos de síntomas, variaciones diarias y ritmo circadiano, favoreciendo una atención más personalizada y mayor conocimiento⁸. La información recogida sobre AF puede ser usada por un gran colectivo de profesionales sanitarios, destacando, médicos de atención primaria, medicina especializada como cardiología, endocrinología, neurología, terapeutas ocupacionales y otros profesionales (ciencias del deporte).

Sistemas de monitorización activa o pasiva de actividad física: la monitorización de la AF puede ser activa, en la que el sujeto realiza movimientos específicos que son registrados; o pasiva, recogiendo la actividad motora habitual. Entre los diferentes sistemas de monitorización pasiva de AF se encuentran los podómetros mecánicos o contadores de pasos, caracterizados por ser los dispositivos más simples, que miden el movimiento humano. Dentro de las limitaciones, la principal es que no reflejan la intensidad del movimiento y, por tanto, las estimaciones de gasto energético derivadas de la AF no son exactas³.

Los sistemas magnéticos, los ópticos o la grabación de video también se usan para medir de forma objetiva la AF. Los principales problemas de estos son el elevado coste y uso de una instrumentación compleja, la configuración del entorno y la falta de intimidad, que dificultan su acceso y uso en entornos libres³.

Tabla 2
Resultados de la búsqueda de artículos usando los términos de búsqueda y sus combinaciones

Términos de búsqueda y combinaciones	Número de publicaciones		
	Total	Incluidos	Excluidos
«Physical activity assessment» AND «Wearable technology»	22.343	11	22.332
«Telemedicine» AND «Physical activity»	4.553	13	4.540
«Wearable» AND «Disease» AND «Physical activity»	103.198	15	103.183
Número total de artículos incluidos para la revisión después de eliminar los duplicados o no interesantes	27		
Número total de artículos incluidos en las secciones de referencia de los artículos preseleccionados	2		
Número final de artículos incluidos para realizar este artículo	29		

Nota: los artículos son excluidos al no cumplir los criterios establecidos, estar duplicados, no cumplir los criterios PRISMA o al considerarse no relevantes.

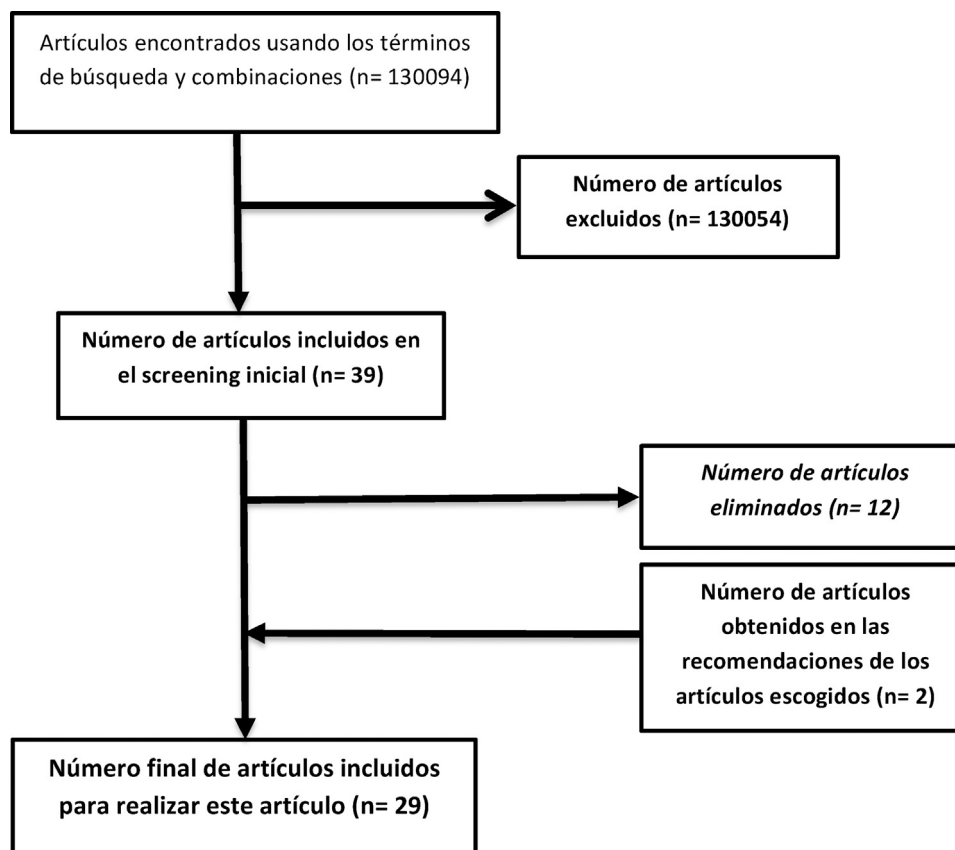


Figura 1. Diagrama de flujo que resume los pasos involucrados en la búsqueda bibliográfica.

Los sistemas que se basan en la acelerometría facilitan datos objetivos de los niveles de AF y gasto energético. Se usan comúnmente en investigación, ya que han sido ampliamente aceptados como sensores útiles y prácticos para medir y evaluar la AF^{3,11}. Los acelerómetros portátiles, como el actígrafo, proporcionan evaluaciones rigurosas de la actividad motora y ritmos circadianos en la vida diaria del paciente, y son usados como medidas válidas y objetivas que permiten desarrollar intervenciones terapéuticas o medir la eficacia en ensayos clínicos¹².

La colocación anatómica de los DEI tiene una crucial importancia para poder interpretar adecuadamente los datos. Es decir, fundamentalmente miden aquella parte anatómica sobre la que se colocan, y la precisión del movimiento a distancia es todavía un reto. Para poder compensar esta limitación, algunos equipos colocan diferentes sensores al mismo tiempo en distintas partes del cuerpo y así se registra información multianatómica del movimiento. Las localizaciones de posición más comunes son esternón, espalda baja y cintura, aunque también las muñecas, cadera y extremidades inferiores³. Otra opción es colocar los sensores cinemáticos en la ropa, aunque lo ideal es que estén unidos al cuerpo,

para que no interfieran el movimiento relativo entre sensores y cuerpo³.

El mercado ofrece diferentes soluciones para la supervisión de la AF general. Una de ellas son los dispositivos que integran acelerómetros, entre los que se encuentran: ActiGraphTM (actígrafo de referencia^{4,11}), SenseWearTM, FitbitTM o StayHealthy Inc³. No obstante, cabe señalar que, a pesar de que el registro de movimiento y AF presenta un gran potencial, existen limitaciones para interpretar los datos, debido a la falta de acuerdo en las definiciones de AF ligera, moderada e intensa¹².

Por otra parte, existen DEI específicos para monitorizar actividades concretas como la marcha, por ejemplo Physilog^{R13} o los trastornos del movimientos (temblor esencial o enfermedad de Parkinson, donde se pueden registrar síntomas axiales como marcha, caídas, congelamiento de la marcha) con Personal KinetigraphTM (PKGTM), Kinesia 360TM o STAT-ONTM.

Telemonitorización mediante teléfonos móviles: el uso de teléfonos móviles representa el gran avance de los últimos 10 años en la investigación sobre biomarcadores digitales y estados de salud poblacionales. Asimismo, ha habido un aumento en el número de

Tabla 3
Resumen de los artículos incluidos en la revisión

Autores	Año	Título	Muestra	Conclusiones
Mercer K, Giangregorio L, Schneider E, Chilana P, Li M, Grindrod K.	2016	Acceptance of commercially available wearable activity trackers among adults aged over 50 and with chronic illness: A mixed-methods evaluation.	Muestra intencional de 32 participantes mayores de 50 años, que habían sido diagnosticados previamente con una enfermedad crónica, que incluye enfermedad vascular, diabetes, artritis y osteoporosis.	Para los adultos mayores que viven con enfermedades crónicas, los rastreadores de actividad portátiles se perciben como útiles y aceptables. Los nuevos usuarios pueden necesitar soporte para configurar el dispositivo y aprender a interpretar sus datos.
Yang CC, Hsu YL.	2010	A review of accelerometry-based wereable motion detectors for physical activity monitoring.		La monitorización de AF utilizando técnicas de acelerometría permite la medición de actividad automática, continua y a largo plazo de sujetos en un entorno de vida libre. Todos los acelerómetros proporcionan un recuento básico de pasos y recuentos de actividad (intensidad) que se pueden utilizar para estimar el gasto de energía debido a la AF.
Gu D, Li T, Wang X, Yang X, Yu Z.	2019	Visualizing the intellectual structure and evolution of electronic health and telemedicine research.		Este estudio proporciona una estructura de conocimiento integral de la salud electrónica para académicos en el campo de la informática de la salud, lo que puede ayudarlos a comprender rápidamente los puntos críticos de investigación y elegir futuros proyectos de investigación.
Liu S, Gao R, Mo L, Freedson P.	2013	Wearable Sensing for Physical Activity Measurement: Design and Performance Evaluation.		El artículo presenta varios aspectos fundamentales de un diseño de un dispositivo portátil multisensor, así como su rendimiento.
Tully J, Dameff C, Longhurst C.	2020	Wave of Wearables. Clinical Management of Patients and the Future of Connected Medicine.		Este artículo aborda los aspectos fundamentales de la telemedicina, así como la integración de la información que dan los <i>wearables</i> a los médicos, y cómo integrar los datos en las historias clínicas.
Leth S, Hansen J, Nielsen O, Dinesen B.	2017	Evaluation of Commercial Self-Monitoring Devices for Clinical Purposes: Results from the Future Patient Trial, Phase I.	Los participantes en el estudio fueron 22 voluntarios sanos, entre 22 y 52 años, sin ninguna discapacidad para caminar que pudiera interferir en los patrones de marcha naturales.	Este estudio muestra que algunos dispositivos de monitorización son más adecuados que otros para medir el recuento de pasos a velocidades lentas al caminar.
Chiauzzi E, Rodarte C, DasMahapatra P.	2015	Patient-centered activity monitoring in the self-management of chronic health conditions.		La capacidad de medir la actividad a través de una variedad de métodos permitirá a los pacientes asumir un mayor control en su atención médica. Sin embargo, se deben abordar los desafíos clave en la validez de los datos, la usabilidad, la integración programática, la integración clínica y la privacidad de los datos del usuario.
Jang IY, Kim HR, Lee E, Jung HW, Park H, Cheon SH et al.	2018	Impact of a wearable device-based walking programs in rural older adults on physical activity and health outcomes: Cohort study.	La muestra está formada por adultos mayores que viven en la comunidad.	El programa basado en actividad física mejoró la condición física, las mediciones antropométricas y las categorías de evaluación geriátrica en un pequeño grupo de adultos mayores en áreas rurales con recursos limitados para el monitoreo.
Porciuncula F, Roto A, Kumar D, Davis I, Roy S, Walsh C, et al.	2018	Wearable movement sensors for rehabilitation: A focused review of technological and clinical advances.		Los sensores portátiles son una tecnología de rehabilitación prometedora debido a su precisión, no invasividad y fácil implementación, en comparación con otros métodos. Su medición complementaria del movimiento cinemático, la actividad neuronal y la dinámica muscular ofrecen un enfoque específico para evaluar y tratar diferentes afecciones neurológicas y ortopédicas.
Ruiz Zafra A, Orantes González E, Noguera M, Benghazi K, Heredia Jimenez J.	2015	A comparative study on the suitability of smartphones and imu for mobile, unsupervised energy expenditure calculi.		La principal conclusión de este estudio fue que la estimación de EE basada en el cálculo de recuento utilizando dispositivos móviles depende en gran medida de cada dispositivo, y aún requiere de técnicas de corrección individualizadas para cada dispositivo.
O'Brien J, Gallagher P, Stow D, Hammerla N, Ploetz T, Firbank M, et al.	2017	A study of wrist-worn activity measurement as a potential real-world biomarker for late-life depression.	29 adultos con depresión en la vejez y 30 controles sanos conformaron la muestra de este estudio.	Los pacientes con depresión en la vejez tuvieron una reducción significativa en la actividad física general, en comparación con los controles sanos. La evaluación de parámetros de actividad específicos reveló, además, los correlatos de las deficiencias asociadas.

Tabla 3 (continuación)

Autores	Año	Título	Muestra	Conclusiones
Tzallas A, Tsipouras M, Rigas G, Tsalikakis D, Karvounis E, Chondrogiorgi, M, et al.	2014	PERFORM: a system for monitoring, assessment and management of patients with Parkinson's disease.		El sistema PERFORM es utilizado por los pacientes con EP y de una manera sencilla, segura, indolora y no invasiva para registrar el estado motor del paciente durante intervalos de tiempo prolongados. De esta manera, el médico puede tener una visión precisa, a largo plazo y objetiva del estado motor del paciente, en relación con la ingesta de medicamentos y alimentos.
Aromatario O, Van Hoya A, Vuillemin A, Foucaut AM, Crozet C, Pommier J, et al.	2019	How do mobile health applications support behaviour changes? A scoping review of mobile health applications relating to physical activity and eating behaviours.		Para comprender el valor agregado de las aplicaciones móviles de salud en el apoyo a cambios de comportamiento, parece importante basarse en los paradigmas relacionados con la evaluación de tecnologías sanitarias, considerando las características de las tecnologías y en la evaluación de intervenciones complejas.
King A, Hekler E, Grieco L, Winter S, Sheats J, Buman M, et al.	2013	Harnessing different motivational frames via mobile phones to promote daily physical activity and reduce sedentary behavior in aging adults.	La población consistió en adultos de 45 años o más que vivían en la comunidad y que no eran suficientemente activos físicamente y que usasen teléfono móvil no inteligente.	Es necesario crear un diseño interactivo orientado al usuario, para mejorar la potencia de las aplicaciones de los dispositivos móviles, para así promover el cambio de comportamiento en áreas clave de la salud.
Seto E, Leonard K, Cafazzo J, Barnsley J, Masino C, Ross H.	2012	Mobile phone-based telemonitoring for heart failure management: a randomized controlled trial.	Se reclutaron 100 pacientes de una clínica de función cardíaca y se asignaron al azar a grupos de control y telemonitorización.	Nuestros hallazgos proporcionan evidencia de una mejor calidad de vida a través de un mejor cuidado personal y manejo clínico de un sistema de telemonitorización basado en teléfonos móviles. El uso del sistema basado en teléfonos móviles tuvo una alta adherencia y fue factible para los pacientes, incluidos los ancianos y aquellos sin experiencia con teléfonos móviles.
Fukuoka Y, Komatsu J, Suarez L, Vittinghoff E, Haskell W, Noorishad T, et al.	2011	The mPED randomized controlled clinical trial: applying mobile persuasive technologies to increase physical activity in sedentary women protocol.	La muestral está formada por 192 mujeres físicamente inactivas.	Si se consigue demostrar la eficacia de la intervención con teléfonos móviles, los resultados podrán proporcionar nuevos conocimientos para las ciencias del comportamiento y salud.
Pan D, Dhall R, Lieberman A, Petitti D.	2015	A mobile cloud-based Parkinson's disease assessment system for home-based monitoring.	Se diseñó y desarrollo un prototipo de aplicación móvil de salud, y para evaluar el sistema se evaluaron a 40 pacientes con enfermedad de Parkinson (EP).	La contribución clave de este estudio fue la construcción de un sistema móvil de evaluación y monitoreo de la EP para extender la evaluación actual de la EP basada en el entorno clínico al entorno domiciliario. Los resultados de este estudio demostraron la viabilidad y un futuro prometedor para la utilización de la tecnología móvil en la gestión de DP.
Hossain H, Ramamurthy S, Khan M, Roy N.	2018	An active sleep monitoring framework using wearables.		Con el uso del <i>software</i> planteado, se podrá comprender mejor el comportamiento del sueño, gracias al uso de <i>wearables</i> .
Murphy J, Holmes J, Brooks C.	2017	Measurements of daily energy intake and total energy expenditure in people with dementia in care homes: The use of wearable technology.	Se reclutaron a 20 personas de dos residencias con diagnóstico confirmado de demencia.	Los resultados muestran que la tecnología portátil tiene el potencial de ofrecer monitoreo en tiempo real para brindar un manejo nutricional apropiado que esté más centrado en la persona para prevenir la pérdida de peso en la demencia.
Espay A, Hausdorff J, Sánchez-Ferro Á, Klucken J, Merola A, Bonato P, et al.	2019	A roadmap for implementation of patient-centered digital outcome measures in Parkinson's disease obtained using mobile health technologies.		Es necesario fomentar el desarrollo de sistemas integrados multicanal que pueden lograr una caracterización más sofisticada de la función de los pacientes con EP, una mejor adaptación de la terapia sintomática, una mayor participación y autoevaluación del paciente y mejores resultados generales de atención médica.
Lee J, Byun W, Keill A, Dinkel D, Seo Y.	2018	Comparison of wearable trackers' ability to estimate sleep.	Los participantes tenían 19 años o más, tenían patrones de sueño regulares y fueron reclutados en una Universidad del Medio Oeste.	Dado que los avances tecnológicos en los dispositivos portátiles ofrecerán constantemente alternativas más factibles y confiables para medir los patrones de sueño, los investigadores y profesionales deben estar informados sobre la comparabilidad de estos rastreadores portátiles que tienen un potencial significativo para la investigación y las aplicaciones prácticas para medir el sueño.

Tabla 3 (continuación)

Autores	Año	Título	Muestra	Conclusiones
Veenis J, Brugts J.	2019	Remote monitoring of chronic heart failure patients: invasive versus non-invasive tools for optimising patient management.		En los últimos años se han desarrollado muchas estrategias de monitoreo remoto y el desarrollo continúa a un ritmo rápido. No se ha demostrado que la monitorización remota no invasiva de los síntomas y signos, así como del peso, sea eficaz para mejorar las mediciones de los resultados. Además, la monitorización de biomarcadores o impedancia torácica no ha demostrado ser beneficiosa.
Nguyen H, Lebel K, Boissy P, Bogard S, Goubault E, Duval C.	2017	Auto detection and segmentation of daily living activities during a Timed Up and Go task in people with Parkinson's disease using multiple inertial sensors.	Se reclutaron a 12 adultos mayores diagnosticados con enfermedad de Parkinson temprana.	Este estudio demuestra la agilidad y transferibilidad de utilizar un sistema de unidades de medición de inercia para detectar y segmentar con precisión las actividades de la vida diaria en personas con trastornos del movimiento.
Pahor M, Guralnik J, Ambrosius W, Blair S, Bonds D, Church T, et al.	2014	Effect of structured physical activity on prevention of major mobility disability in older adults: the LIFE Study randomized clinical trial.	Muestra aleatoria de 1.635 personas sedentarias con limitaciones físicas, pero que podían caminar.	Un programa estructurado de actividad física de intensidad moderada, en comparación con un programa de educación para la salud, redujo la discapacidad de movilidad mayor durante 2,6 años entre adultos mayores en riesgo de discapacidad.
Espay A, Bonato P, Nahab F, Maetzler W, Dean J, Klucken J, et al.	2017	Technology in Parkinson's disease: challenges and opportunities.		A pesar de los desafíos, las continuas mejoras en la sofisticación tecnológica, la versatilidad y la capacidad de uso de los sensores han creado oportunidades para recopilar datos relevantes para la enfermedad, utilizando objetivos relevantes para los pacientes y sensibles a los síntomas e hitos específicos de la EP.
Düking P, Fuss F, Holmberg HC, Sperlich B.	2018	Recommendations for assessment of the reliability, sensitivity, and validity of data provided by wearable sensors designed for monitoring physical activity.		En el artículo se pueden encontrar recomendaciones generales para la evaluación de la confiabilidad del monitoreo de la carga de entrenamiento, la recuperación y la salud de los <i>wearables</i> .
Mackintosh K, Chappel S, Salmon J, Timperio A, Ball K, Brown H, et al.	2019	Parental perspectives of a wearable activity tracker for children younger than 13 years: Acceptability and usability study.	Con un total de 36 niños de entre 7-12 años, se realizó este estudio.	La mayoría de los padres informaron que el rastreador de actividad portátil era fácil de usar para sus hijos y una herramienta útil para realizar un seguimiento de la actividad diaria de sus hijos. Sin embargo, se identificaron varias barreras que pueden afectar el uso sostenido en el tiempo; Por lo tanto, deben considerarse tanto la funcionalidad como la portabilidad del rastreador de actividad.
Thorpe J, Forchhammer B, Maier A.	2018	Adapting mobile and wearable technology to provide support and monitoring in rehabilitation for dementia: a feasibility study.		Este estudio contribuye a la investigación y la práctica clínica al proporcionar un monitoreo conductual integral como solución para usar en un entorno de la vida real que se puede replicar para una variedad de aplicaciones donde el conocimiento sobre la movilidad individual y la actividad es relevante.
Shuger S, Barry V, Sui X, McClain A, Hand G, Wilcox S, et al.	2011	Electronic feedback in a diet- and physical activity-based lifestyle intervention for weight loss: a randomized controlled trial.	Se reclutaron a 197 adultos sedentarios con sobrepeso u obesos.	El autocontrol continuo de la tecnología portátil con retroalimentación en tiempo real puede ser particularmente útil para mejorar los cambios en el estilo de vida que promueven la pérdida de peso en adultos sedentarios con sobrepeso u obesidad. Esta estrategia, combinada con una intervención conductual basada en grupo, puede producir una pérdida de peso óptima.

aplicaciones que promocionan la salud¹⁴, tanto en las plataformas Android como en Apple, de acceso libre o de pago.

La incorporación de sensores cinemáticos al teléfono inteligente proporciona más libertad al consumidor y mejora la capacidad de registro remoto y acceso a usuarios durante un mayor período de tiempo^{15,16}. Los DEI acoplados a la telefonía móvil sirven como medio para desarrollar intervenciones en AF, establecer objetivos individualizados, proporcionando autocontrol y retroalimentación inmediata¹⁷, mejorando la adherencia de los usuarios a las nuevas tecnologías¹⁵. Se ha observado que su uso mejora la calidad de vida de los usuarios, a través de un mejor cuidado personal y la gestión clínica¹⁶. Los datos de AF se acumulan en la nube y tienen el potencial de mejorar la toma de decisiones y facilitar información relevante sobre la salud personal y poblacional¹⁸.

Actividad física y su relación con calidad de sueño, nutrición, y gasto energético:

Estudios previos de AF han evidenciado que existe una relación entre el índice de masa corporal, mortalidad y salud mental, mediante el uso de DEI⁷. En los pacientes frágiles, especialmente ancianos o con enfermedades crónicas, se pueden monitorizar también las caídas, con el fin de abordar cambios en los estilos de vida y optimizar tratamientos farmacológicos y no farmacológicos que las puedan evitar⁹. En enfermedades como la enfermedad cerebrovascular y las neurodegenerativas, los DEI pueden ser menos precisos al presentar estos pacientes una gran heterogeneidad y variabilidad del movimiento, según la gravedad y el tipo de enfermedad de base (parkinsonismos, ataxias, etc.)². Para poder solucionarlo, se han propuesto algoritmos de reconocimiento de los diferentes patrones de movimiento inteligentes que, tras un periodo breve de registro, aprendan por sí mismos a reconocer los patrones específicos de ese paciente y tipo de movimiento, y vuelquen, por tanto, información con gran sensibilidad y especificidad.

Identificar los trastornos del sueño es una tarea compleja, pues estos varían de una población a otra, grupo de edad y pueden asociarse a diferentes estados de salud y patologías. Asimismo, el sueño influye en la salud funcional, conductual y cognitiva de una persona¹⁹. Básicamente, los sensores de movimiento recogen la ausencia de movimiento, normalmente asociado a reposo nocturno/sueño o, por el contrario, actividad motora durante las horas de sueño (por ejemplo, movimientos periódicos nocturnos), o vigilia nocturna (síndrome de piernas inquietas). La atención preventiva de muchas enfermedades crónicas se basa en el reconocimiento precoz de los trastornos del sueño para disminuir su impacto en la salud²⁰. Se ha visto que el insomnio empeora la hipertensión arterial, y por tanto, la mortalidad cardiovascular¹⁷ y la calidad de vida en pacientes. Dentro de los diferentes DEI para monitorizar la actividad motora durante el reposo nocturno, los más usados son los actígrafos, que permiten registrar la actividad motora durante el sueño^{7,21,22}.

El estado nutricional también se beneficia de un buen seguimiento con un DEI. Diferentes autores han demostrado la existencia de una relación entre gasto energético diario e ingesta calórica con la masa corporal, y la AF²⁰. Por tanto, monitorizar AF permite cuantificar el gasto energético derivado del movimiento a través de los DEI, facilita la optimización en las recomendaciones dietéticas para obtener un balance energético adecuado (ingesta calórica = gasto energético). Estas recomendaciones nutricionales son especialmente importantes en poblaciones de alto riesgo de comorbilidad cardiovascular, como la población obesa con estilos de vida sedentario²⁰.

Discusión

Los DEI han revolucionado la forma de adquirir información sobre AF en la última década. Dentro de las ventajas, cabe destacar el

impacto directo en la autogestión y registro de AF en población sana y enferma. También a que a través de sensores multimodales validados, los DEI pueden capturar patrones de movimiento/marcha normales y anormales como el temblor, trastornos de la marcha, cojera y caídas^{5,7}. El uso de DEI podría también mejorar la equidad en la asistencia sanitaria, al facilitar y monitorizar AF de forma remota en pacientes con limitado acceso, como son los ancianos o personas con limitaciones para poder deambular y desplazarse a los centros sanitarios. Este acceso remoto podría tener un importante impacto en la gestión sanitaria, permitiendo la reducción de costes directos, como puede ser el transporte de los pacientes a consultas, e indirectos como ausencias laborales de sus acompañantes, por ejemplo²³.

El gran lastre de la sociedad actual es la inactividad física debido a estilos de vida sedentarios, asociada al aumento de enfermedades cardiovasculares y crónicas, y pérdida de independencia y disminución de la calidad de vida^{7,17,24}. Por estas razones, la OMS recomienda la AF para mejorar la salud cardiorrespiratoria, muscular, y ósea, y su uso como biomarcadores de salud cardiovascular y metabólica¹¹. Pero a pesar de esto, la mayoría de las personas no cumplen con dichas recomendaciones¹⁷. Se ha visto que la preservación de la capacidad para caminar 400 metros es primordial para mantener una buena calidad de vida e independencia en la comunidad²⁵.

La información proporcionada por los DEI es extremadamente sensible y debe estar sujeta a la protección de datos acordada en la legislación vigente. Este hecho tiene especial importancia en todas las aplicaciones libres que se pueden descargar a través de los teléfonos móviles. Dentro de las limitaciones de los DEI, cabe destacar la dificultad en la interpretación clínica de los datos volcados por los diferentes sistemas (algoritmos de movimiento) y su correlación con las estimaciones de gasto energético, frecuencia cardíaca y ritmos circadianos⁷. La variabilidad de los algoritmos y la falta de correlación entre las diferentes sistemas de registro, diferentes para cada dispositivo y actividad, limitan la comparabilidad de registro de movimiento y AF entre los diferentes DEI¹¹. Estos hechos hacen que exista una necesidad de crear tablas comparativas de los diferentes patrones de movimiento y AF recogidos por los DEI²⁶. Asimismo, es también necesario reducir el coste económico de los dispositivos, *softwares* y licencias para que sean más accesibles, tanto para la población general como para los diferentes entornos sanitarios con presupuestos limitados en la compra de nuevas tecnologías. Idealmente, se deberían crear plataformas abiertas e integradas con sistemas electrónicos de registros médicos proporcionados por los DEI²⁶. Igualmente, es también importante consensuar los marcadores de calidad y *gold standard* en la colocación anatómica de los DEI para su uso homogéneo y comparativo²⁷. El tiempo de uso es otra importante variable sobre la cual todavía no hay acuerdo, y que es fundamental para poder mejorar la adherencia de los pacientes, que depende también de la automotivación del usuario^{28,29}.

Hasta la actualidad, la interpretación clínica no está protocolizada y, en algunos casos, se realiza a través de personal sin/con certificaciones privadas no legisladas a nivel nacional o internacional. Además es extremadamente importante estudiar de forma sistemática la correlación existente entre las medidas obtenidas por los DEI, con medidas de calidad de vida relacionada con la salud y discapacidad asociada²¹. Por tanto, los estudios futuros deben continuar mejorando la tecnología de las aplicaciones³⁰, así como estandarizar las mediciones de los DEI para poder crear un conjunto de métricas establecido y aceptado²¹.

Esta revisión tiene algunas limitaciones, como son la exclusión de información recogida en sitios web que no proporcionaba ninguna literatura científica que pudiera ser revisada. Otra es que, a pesar de reconocer el auge que tiene la investigación tecnológica en países asiáticos, pioneros en robótica, muchos artículos

publicados no tienen la traducción disponible en inglés o en castellano, por tanto, no se han podido analizar.

Conclusiones

El uso de los DEI representa un nuevo sistema de monitorización de AF dentro del grupo de biomarcadores digitales. Los DEI tienen el gran potencial de poder mejorar la atención sanitaria y prevención individualizada de aquellas patologías que se benefician de una mejora de la AF. No obstante, se requieren estudios amplios, longitudinales sobre patrones de movimiento registrados por los DEI y su asociación con el estado de salud y calidad de vida.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Bibliografía

- Organization WH. Sedentary lifestyle: a global public health problem [Internet] 2002. Available from: <https://www.who.int/docstore/world-health-day/2002/fact.sheets4.en.shtml> [cited 2019 Nov 27].
- Mercer K, Giangregorio L, Schneider E, Chilana P, Li M, Grindrod K. Acceptance of Commercially Available Wearable Activity Trackers Among Adults Aged Over 50 and With Chronic Illness: A Mixed-Methods Evaluation. *JMIR Mhealth Uhealth* 2016;4(1).
- Yang CC, Hsu YL. A review of accelerometry-based wearable motion detectors for physical activity monitoring. *Sensors* [Internet] 2010;10(8):7772–88. Available from: <https://www.mdpi.com/1424-8220/10/8/7772>.
- Gu D, Li T, Wang X, Yang X, Yu Z. Visualizing the intellectual structure and evolution of electronic health and telemedicine research. *Int J Med Inform* 2019;130.
- Liu S, Gao R, Mo L, Freedson P. Wearable Sensing for Physical Activity Measurement: Design and Performance Evaluation. *IFAC Proc Vol* 2013;46(5):53–60.
- Tully J, Dameff C, Longhurst C. Wave of Wearables Clinical Management of Patients and the Future of Connected Medicine. *Clin Lab Med* 2020;40(1):69–82.
- Leth S, Hansen J, Nielsen O, Dinesen B. Evaluation of Commercial Self-Monitoring Devices for Clinical Purposes: Results from the Future Patient Trial Phase I. *Sensors* 2017;17(1):211.
- Chiauzzi E, Rodarte C, DasMahapatra P. Patient-centered activity monitoring in the self-management of chronic health conditions. *BMC Med* 2015;13(77).
- Jang IY, Kim HR, Lee E, Jung HW, Park H, Cheon SH, et al. Impact of a Wearable Device-Based Walking Programs in Rural Older Adults on Physical Activity and Health Outcomes: Cohort Study. *JMIR Mhealth Uhealth* 2018;6(11).
- Porciuncula F, Roto A, Kumar D, Davis I, Roy S, Walsh CJ, et al. Wearable Movement Sensors for Rehabilitation: A Focused Review of Technological and Clinical Advances. *PM R* 2018;10(9):S220–32.
- Ruiz Zafra A, Orantes González E, Noguera M, Benghazi K, Heredia Jimenez J. A Comparative Study on the Suitability of Smartphones and IMU for Mobile, Unsupervised Energy Expenditure Calculi. *Sensors* [Internet] 2015;15:18270–86. Available from: www.mdpi.com/journal/sensors.
- O'Brien J, Gallagher P, Stow D, Hammerla N, Ploetz T, Firbank M, et al. A study of wrist-worn activity measurement as a potential real-world biomarker for late-life depression. *Psychol Med* 2017;47(1):93–102.
- Tzallas A, Tsiouras M, Rigas G, Tsalikakis D, Karvounis E, Chondrogiorgi M, et al. PERFORM: a system for monitoring, assessment and management of patients with Parkinson's disease. *Sensors* 2014;14(11):21329–57.
- Aromataro O, Van Hoya A, Vuillemin A, Foucaut AM, Crozet C, Pommier J, et al. How do mobile health applications support behaviour changes? A scoping review of mobile health applications relating to physical activity and eating behaviours. *Public Health* 2019;175:8–18.
- King A, Hekler E, Grieco L, Winter S, Sheats J, Buman M, et al. Harnessing different motivational frames via mobile phones to promote daily physical activity and reduce sedentary behavior in aging adults. *PLoS One* 2013;8(4).
- Seto E, Leonard K, Cafazzo J, Barnsley J, Masino C, Ross H. Mobile phone-based telemonitoring for heart failure management: a randomized controlled trial. *J Med Internet Res* 2012;14(1).
- Fukuoka Y, Komatsu J, Suarez L, Vittinghoff E, Haskell W, Noorishad T, et al. The mPED randomized controlled clinical trial: applying mobile persuasive technologies to increase physical activity in sedentary women protocol. *BMC Public Health* 2011;11:933.
- Pan D, Dhall R, Lieberman A, Petitti D. A mobile cloud-based Parkinson's disease assessment system for home-based monitoring. *JMIR Mhealth Uhealth* 2015;3(1).
- Hossain HM, Ramamurthy S, Khan M, Roy N. An Active Sleep Monitoring Framework Using Wearables. *ACM Trans Interact Intell Syst* 2018;8(3).
- Murphy J, Holmes J, Brooks C. Measurements of Daily Energy Intake and Total Energy Expenditure in People with Dementia in Care Homes: The Use of Wearable Technology. *J Nutr Heal Aging* 2017;21(8):927–32.
- Espay A, Hausdorff J, Sánchez-Ferro Á, Klucken J, Merola A, Bonato P, et al. A roadmap for implementation of patient-centered digital outcome measures in Parkinson's disease obtained using mobile health technologies. *Mov Disord* 2019;34(5):657–63.
- Lee J, Byun W, Keill A, Dinkel D, Seo Y. Comparison of Wearable Trackers' Ability to Estimate Sleep. *Int J Environ Res Public Health* 2018;15(6):1265.
- Veenis JF, Brughts JJ. Remote monitoring of chronic heart failure patients: invasive versus non-invasive tools for optimising patient management. *Neth Heart J* 2019;28:3–13.
- Nguyen H, Lebel K, Boissy P, Bogard S, Goubault E, Duval C. Auto detection and segmentation of daily living activities during a Timed Up and Go task in people with Parkinson's disease using multiple inertial sensors. *J Neuroeng Rehabil* [Internet] 2017;14(1):26. Available from: <https://jneurolrehab.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12984-017-0241-2>.
- Pahor M, Guralnik J, Ambrosius W, Blair S, Bonds D, Church T, et al. Effect of structured physical activity on prevention of major mobility disability in older adults: the LIFE Study randomized clinical trial. *JAMA* 2014;311(23):2387–96.
- Espay A, Bonato P, Nahab F, Maetzler W, Dean J, Klucken J, et al. Technology in Parkinson disease: Challenges and Opportunities. *Mov Disord* 2017;31(9):1272–82.
- Düking P, Fuss FK, Holmberg HC, Sperlich B. Recommendations for Assessment of the Reliability, Sensitivity, and Validity of Data Provided by Wearable Sensors Designed for Monitoring Physical Activity. *JMIR Mhealth Uhealth* 2018;6(4).
- Mackintosh KA, Chappel SE, Salmon J, Timperio A, Ball K, Brown H, et al. Parental Perspectives of a Wearable Activity Tracker for Children Younger Than 13 Years: Acceptability and Usability Study. *JMIR Mhealth Uhealth* 2019;7(11).
- Thorpe J, Forchhammer BH, Maier AM. Adapting mobile and wearable technology to provide support and monitoring in rehabilitation for dementia: feasibility case series. *JMIR Form Res* 2019;3(4).
- Shuger SL, Barry VW, Sui X, McClain A, Hand GA, Wilcox S, et al. Electronic feedback in a diet- and physical activity-based lifestyle intervention for weight loss: a randomized controlled trial. *Int J Behav Nutr Phys Act* 2011;8(41).