

<https://doi.org/10.23913/ride.v15i29.2201>

Artículos científicos

Avances de sensores de movimiento para diagnóstico y seguimiento del Parkinson: revisión sistemática

***Advances in motion sensors for Parkinson's diagnosis and monitoring:
Systematic review***

***Avanços em sensores de movimento para diagnóstico e monitoramento do
Parkinson: revisão sistemática***

Valentín Trujillo Mora

Universidad Autónoma del Estado de México, México

vtrujillom@uaemex.mx

<https://orcid.org/0000-0002-5936-4795>

Rafael Rojas Hernández

Universidad Autónoma del Estado de México, México

rrojashe@uaemex.mx

<https://orcid.org/0000-0001-6649-067X>

Carlos Alberto Rojas Hernández

Universidad Autónoma del Estado de México, México

carojash@uaemex.mx

<https://orcid.org/0000-0002-1340-7067>

Jorge Bautista López

Universidad Autónoma del Estado de México, México

jbautistal@uaemex.mx

<https://orcid.org/0000-0002-0055-2310>

Asdrúbal López Chau

Universidad Autónoma del Estado de México, México

alchau@uaemex.mx

<https://orcid.org/0000-0001-5254-0939>

Elvira Ivone González Jaimes

Universidad Autónoma del Estado de México, México

ivonegj@hotmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-5328-5586>

Resumen

El Parkinson es una enfermedad neurodegenerativa que afecta a aproximadamente a cuatro o cinco millones de personas en el mundo. En México, el Instituto Nacional de Neurología y Neurocirugía reporta una incidencia anual de 50 nuevos casos por cada 100,000 habitantes. Se realizó una revisión sistemática en revistas científicas publicadas en los últimos cinco años, utilizando el método PRISMA para desarrollar un meta-análisis. El objetivo fue identificar avances en el uso de herramientas tecnológicas con sensores de registro de movimiento, empleadas para apoyar el diagnóstico clínico y el seguimiento de la enfermedad. Se analizaron 1,064 documentos obtenidos de bases de datos científicas: PubMed (645 artículos), Scopus (285 artículos) y Redalyc (134 artículos), todas enfocadas en áreas médicas, salud e ingeniería.

Los resultados subrayan la importancia de combinar evaluaciones clínicas tradicionales con tecnologías de monitoreo basadas en sensores de movimiento, las cuales han demostrado ser útiles en el diagnóstico y manejo de la enfermedad de Parkinson. Aunque estos avances tecnológicos ofrecen soluciones para el control y seguimiento de síntomas, la enfermedad permanece incurable. Sin embargo, las revisiones sistemáticas y los meta-análisis aportan evidencias valiosas que respaldan la toma de decisiones clínicas, optimizando los tratamientos y mejorando la calidad de vida de los pacientes. Este estudio enfatiza la necesidad de continuar investigando herramientas innovadoras que permitan un abordaje más eficaz de esta compleja enfermedad.

Palabras claves: enfermedad de Parkinson, evaluación clínica, evaluación por sensores, dispositivos móviles.

Abstract

Parkinson's disease is a neurodegenerative disease and its epidemiology is estimated at approximately four to five million people affected worldwide. In Mexico, the National Institute of Neurology and Neurosurgery estimates 50 new cases per 100 thousand inhabitants per year. Due to its epidemiological importance, the present study used a systematic review of scientific journals published in the last five years and with the data obtained a Meta-analysis was elaborated under the PRISMA Method, achieving the objective which was the estimation of the advances published with the use of technological tools that use movement recording sensors to support clinical diagnosis and follow-up of Parkinson's disease. The material consisted of scientific journals published in databases with medical and general orientation (PubMed, Scopus and Redalyc) on clinical evaluation and technological tools with sensors for recording body movement in Parkinson's disease. Results, the systematic review identified 1,064 documents, divided into: 1) Records eliminated before screening 412, 2) Projection items were eliminated for various conditions 647. Therefore, only five documents were meta-analyzed. The analysis of the first one showed motor and non-motor characteristics monitoring in inertial measurement units. The second discusses a wrist accelerometer that in just one minute can accurately diagnose fluctuations of bradykinesia. The third disclosed a wearable sensor gait monitoring system evaluating various treatments. The fourth described a mobile app that controls the monitoring and detection of tremor occurrences based on smartphone data, demonstrating 99.13% sensitivity and 100% multifactorial specificity. The fifth and last article was selected because it is a Systematic Review edited five years ago that exposes articles since 2000. In the article it comments on sensors that evaluate one or other symptoms separately, now there are portable devices that store data on symptoms and treatments given to the same patient, providing accurate disease monitoring on a mobile device. Conclusions, the diagnosis, treatment and prognosis of Parkinson's disease should always start with clinical evaluation with different clinical and laboratory methods. Technological tools for monitoring by motion sensors help in the diagnosis of the disease. Although all methods of evaluation and monitoring are becoming more and more specialized, at present Parkinson's disease is not curable, there are only methods of control and elimination of symptoms. The information obtained by systematic reviews and meta-analyses bring to light the evidence and provide a solid basis for clinical and treatment decisions.

Keywords: Parkinson's disease, clinical assessment, sensor evaluation, mobile devices.



Resumo

O Parkinson é uma doença neurodegenerativa que afeta aproximadamente quatro a cinco milhões de pessoas no mundo. No México, o Instituto Nacional de Neurologia e Neurocirurgia relata uma incidência anual de 50 novos casos por 100.000 habitantes. Foi realizada uma revisão sistemática em revistas científicas publicadas nos últimos cinco anos, utilizando o método PRISMA para desenvolver uma meta-análise. O objetivo foi identificar avanços no uso de ferramentas tecnológicas com sensores de registro de movimento, utilizadas para apoio ao diagnóstico clínico e monitoramento da doença. Foram analisados 1.064 documentos obtidos em bases de dados científicas: PubMed (645 artigos), Scopus (285 artigos) e Redalyc (134 artigos), todos voltados às áreas médica, saúde e engenharia.

Os resultados sublinham a importância de combinar avaliações clínicas tradicionais com tecnologias de monitorização baseadas em sensores de movimento, que têm demonstrado ser úteis no diagnóstico e tratamento da doença de Parkinson. Embora estes avanços tecnológicos ofereçam soluções para controlar e monitorizar os sintomas, a doença continua incurável. No entanto, revisões sistemáticas e meta-análises fornecem evidências valiosas que apoiam a tomada de decisões clínicas, otimizando tratamentos e melhorando a qualidade de vida dos pacientes. Este estudo enfatiza a necessidade de continuar a pesquisar ferramentas inovadoras que permitam uma abordagem mais eficaz a esta doença complexa.

Palavras-chave: doença de Parkinson, avaliação clínica, avaliação de sensores, dispositivos móveis.

Fecha Recepción: Julio 2023

Fecha Aceptación: Octubre 2024

Introducción

El Parkinson es una enfermedad neurodegenerativa que ocupa el segundo lugar en prevalencia después del Alzheimer. A nivel mundial, se estima que la epidemiología del Parkinson afecta a aproximadamente entre cuatro y cinco millones de personas. Se presenta en alrededor del 0.3% de la población mayor de 40 años y en aproximadamente el 1.3% de las personas mayores de 60 años. En México, no se disponen de cifras exactas sobre su prevalencia, aunque el Instituto Nacional de Neurología y Neurocirugía calcula la existencia de 50 casos nuevos por cada 100 mil habitantes al año. Su origen es desconocido, sin embargo, se ha identificado la concurrencia de factores como la contaminación ambiental, el

bajo nivel de nutrientes proteicos, el sedentarismo y factores genéticos, los cuales representan alrededor del 7% de los casos (Salom y Látinez, 2023).

En el párrafo anterior se discutió la alta prevalencia del Parkinson tanto a nivel mundial como en México, lo que subraya la necesidad de atención epidemiológica. La contribución del presente estudio es realizar una revisión sistemática y un meta-análisis para conocer los últimos avances en el diagnóstico y el seguimiento de tratamientos exitosos. La información reportada en documentos científicos testimonia la disminución de síntomas, la reducción de efectos secundarios o la estabilización de la enfermedad, considerando que el Parkinson es una enfermedad crónica y degenerativa. También es importante tener en cuenta las cuantiosas afectaciones físicas, emocionales y económicas que esta enfermedad causa tanto a los enfermos como a sus familiares, sistemas de apoyo e instituciones que los atienden (Martínez-Fernández *et al.*, 2016).

La revisión sistemática y el meta-análisis realizados en la presente investigación utilizaron el método Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA), centrado en el diagnóstico y seguimiento de la enfermedad de Parkinson en los últimos cinco años. El método PRISMA se emplea para recopilar y sintetizar los hallazgos de los estudios científicos más recientes y significativos, proporcionando los avances necesarios para el control de la enfermedad, tal como se reporta en los documentos de corte científico (Page *et al.*, 2021).

El Parkinson presenta actualmente dos métodos de diagnóstico y seguimiento, el principal y más utilizado es el clínico porque evalúa síntomas y signos físicos, emocionales y sociales y el otro es complementario del primero; es muy utilizado en la actualidad, implementado por el uso de diversas herramientas tecnológicas que ayudan a dar mayor precisión al diagnóstico y seguimiento de tratamientos porque pueden lograr un monitoreo continuo con la programación de tarjetas que registran sensores y actuadores por módulos que puede almacenar diversa información exacta y continua de diversos síntomas o signos (Sica *et al.*, 2021).

Antecedentes generales

Los primeros reportes publicados de la enfermedad de Parkinson se presentan en “Essays on the shaking palsy” publicado por James Parkinson en 1817 donde se realiza la descripción de la enfermedad de manera formal, aunque se tienen registros de la enfermedad en las antiguas culturas. Los más antiguos son reportados de los siglos 1500-1200 a. C. en la cultura egipcia; para el año 1000 a. C. en la India y para el 800 a. C. en medicina tradicional China con tratamientos tradicionales (Nei-Jing) describiendo a la enfermedad de Parkinson como temblores cefálicos y de manos. En Europa, mucho tiempo después, Galeno de Pérgamo hace estudios y reportes más detallados sobre la enfermedad (Domingo, 2015).

Lamentablemente durante varios siglos no se cuenta con registros exactos de la enfermedad de Parkinson, y es hasta el siglo XVII en que se utiliza el término temblor para describirla por parte de Nicolas Tulp; aunque también es mencionada por figuras como Leonardo Da Vinci, Rembrandt o Shakespeare y médicos como Baptiste Sagar, John Hunter o Boissier de Sauvages. Para 1817 Parkinson presenta datos más detallados de diagnósticos y sus tratamientos; por eso es que se le da su nombre, Parkinson describe los síntomas motores de las extremidades y su evolución, detallando alteración del sueño, esfínteres, estreñimiento y sialorrea. En los últimos 40 años surgió un interés más alto en el tratamiento de la enfermedad de Parkinson lo que ha permitido desarrollar tratamientos racionales y eficaces para el control de síntomas motores (Rosler y Young, 2011).

Antecedentes fisiológicos de la enfermedad

La enfermedad de Parkinson es un trastorno neurodegenerativo crónico producido por la destrucción de neuronas ‘dopaminérgicas’, que se encuentran en una región del cerebro denominada ‘ganglios basales’, en concreto en una parte del tronco del encéfalo llamada ‘sustancia negra’. Estas neuronas actúan en el sistema nervioso central y se utilizan como neurotransmisor primario de la dopamina, sustancia encargada de transmitir la información necesaria para el correcto control de los movimientos. Sin los niveles adecuados de dopamina aparecen el temblor, la rigidez, la lentitud de movimiento y la inestabilidad postural, entre otros síntomas. La enfermedad de Parkinson afecta, por tanto, a aquellas zonas encargadas de coordinar la actividad, el tono muscular y los movimientos. Con el tiempo, origina un menoscabo progresivo no sólo de las capacidades motoras, también, en algunos casos, de la función cognitiva y autónoma y de la expresión de las emociones (Domingo, 2015; Martínez-Fernández *et al.*, 2016).



Al principio la enfermedad era diagnosticada con métodos fenomenológicos donde el diseño de estudio era descriptivo, exploratorio o interpretativo, según los síntomas expresados por el paciente para detectar la evolución de la enfermedad y los efectos de los tratamientos aplicados. Las preguntas de investigación eran relacionadas con el avance de la enfermedad clasificado en tres etapas: 1) Etapa temprana o etapa inicial expresada por los síntomas que pueden ser sutiles en miembros superiores de forma unilateral mostrando temblor leve o rigidez. 2) Etapa intermedia o medida donde los síntomas motores se vuelven más pronunciados. El temblor, la rigidez y la bradicinesia (movimientos lentos) pueden afectar ambos miembros superiores. 3) Etapa avanzada se manifiesta en los síntomas motores impactando principalmente a los miembros superiores. La rigidez muscular puede ser más intensa y la bradicinesia puede dificultar enormemente los movimientos de la mano y los dedos mostrando problemas de coordinación fina y dificultades en el agarre y la manipulación de objetos (Martínez-Fernández *et al.*, 2016; Moreno, *et al.*, 2019).

Existen herramientas para el diagnóstico clínico, dos de ellas son muy utilizadas en la actualidad por su precisión en el diagnóstico y registro de avances de la enfermedad, las cuales son: 1) La Escala de Hoehn y Yahr desarrollada por los médicos Hoehn y Yahr (1967) referida por (Clerici, *et al.*, 2019) que clasifica y mide las etapas de la enfermedad de Parkinson en función de la progresión de los síntomas motores considerándose la escalas más comúnmente utilizadas en la evaluación clínica de la enfermedad de Parkinson, porque tiene un nivel de confiabilidad entre observadores (ICC=0,98), intra-observador (ICC=0,98), confiabilidad interna (alfa de Cronbach = 0,96) y 2). La Escala Unificada de Calificación de la Enfermedad de Parkinson en inglés es conocida como Unified Parkinson's Disease Rating Scale (UPDRS) creada por Unified Parkinson's Disease Rating Scale Committee, siendo elaborada en 1980 y se encuentra referida por Anagani and Oroszi (2022) considerándose una escala más completa y precisa porque evalúa en forma numérica tres aspectos muy importantes de la evolución de la enfermedad dividida en: Parte I evalúa los síntomas del estado de ánimo, la cognición, la capacidad de pensamiento y la conducta; la Parte II evalúa las actividades cotidianas, como vestirse, comer, bañarse, caminar y hablar por el grado de discapacidad y dependencia y; la Parte III evalúa los síntomas motores, la rigidez muscular, la bradicinesia (movimientos lentos), el temblor y la postura, tanto en estado de reposo como durante el movimiento.

Antecedentes de sensores electrónicos

Los sensores inerciales, como los acelerómetros y giroscopios, son ampliamente utilizados para medir las vibraciones y el movimiento en diferentes partes del cuerpo, incluido el miembro superior. Estos sensores son pequeños, portátiles y se pueden integrar en dispositivos de monitoreo que los pacientes pueden llevar consigo durante el día.

Un estudio publicado por Sica *et al.* (2021) en la revista *PLoS One* describió el desarrollo de un sistema de evaluación de la enfermedad de Parkinson basado en un sensor inercial. El sistema utilizaba un acelerómetro para medir las vibraciones en la mano y el brazo durante diferentes tareas motoras. Los datos recolectados se procesaron y analizaron utilizando algoritmos específicos para identificar características asociadas con la enfermedad de Parkinson.

Otro avance en este campo se encuentra en el uso de tarjetas programables o microcontroladores para el procesamiento de datos y el análisis en tiempo real de las vibraciones medidas por los sensores. Estos dispositivos son capaces de adquirir datos de los sensores y ejecutar algoritmos de procesamiento de señales para extraer características relevantes. Además, permiten la comunicación inalámbrica para transmitir los datos a una unidad de visualización o a un dispositivo médico para su análisis sincrónico o asincrónicos (Rodríguez-Molinero, 2022).

En un estudio publicado por Tello y Concepción (2021) en la revista de investigación de sistemas e informática, se utilizó app móvil que controla el monitoreo y detección de ocurrencias del temblor de Parkinson. El sistema fue capaz de registrar y analizar las vibraciones del miembro superior en tiempo real, proporcionando información objetiva sobre el movimiento y la rigidez muscular.

Estos avances en sensores y tarjetas programables para el registro de las vibraciones del miembro superior en el diagnóstico y seguimiento del Parkinson tienen el potencial de mejorar la detección temprana de la enfermedad, el monitoreo de la progresión y la evaluación de la eficacia de los tratamientos. Sin embargo, es importante destacar que la implementación clínica de estos dispositivos aún está en desarrollo y se necesitan más investigaciones para validar su precisión y utilidad en escenarios clínicos reales (Pérez-López *et al.*, 2022).

La elaboración de las herramientas tecnológicas más precisas y de fácil uso en médico-paciente han tenido mayor evolución en 2021. Dicho avance científico se encuentra en *los sensores y tarjetas programables para el registro y medición de las vibraciones de los*



miembros superiores donde se expresan con mayor frecuencia los síntomas de Parkinson. Sin embargo, es importante tener en cuenta que la investigación científica avanza constantemente, por lo que hay que estar a la vanguardia de desarrollos recientes (Rodríguez-Moliner *et al.*, 2022; Pérez-López *et al.*, 2022).

Pregunta de investigación

Cuáles serán los sensores de movimiento registrados en revistas científicas de los últimos cinco años como complemento de diagnóstico y tratamiento de la enfermedad de Parkinson en pacientes entre 40 a 80 años de edad y de ambos géneros.

Objetivo

El objetivo es realizar una investigación sistemática de los últimos cinco años de herramientas tecnológicas que utilicen sensores de registro de movimiento para apoyo de diagnósticos clínicos y seguimiento a la enfermedad de Parkinson.

Objetivos particulares

1. Recopilar información de revistas científicas recientes sobre herramientas tecnológicas de sensores de movimiento aplicadas como apoyo al diagnóstico clínico y seguimiento de la enfermedad del Parkinson.
2. Realizar un meta-análisis de la información recopilada sobre sensores de movimiento utilizados como apoyo al diagnóstico clínico y seguimiento de la enfermedad del Parkinson.

Materiales y métodos

Se realizará una revisión sistemática a través del uso del Método PRISMA para recopilar y sintetizar los hallazgos de estudios que abordan una pregunta claramente formulada (Higgins, *et al.*, 2019; Page *et al.*, 2021).

La revisión sistemática fue realizada en artículos científicos de base de datos de orientación médica y general (*PubMed, Scopus y Redalyc*) sobre el tema de evaluación clínica y herramientas tecnológicas con sensores para el registro de movimiento corporales en la enfermedad de Parkinson.

Participantes diagnosticados con enfermedad de Parkinson entre 40 y 80 años de edad.

Material

Se utilizó revisión de revistas científicas de bases con datos de PubMed y Medline, Scopus y Redalyc (Tabla 1).

PubMed es una base de datos bibliográficos y científicos y las búsquedas se realizan en inglés sobre medicina siendo gratuita proveniente de National Library of Medicine.

Scopus es una base de datos bibliográficas y citas emitidas por la editorial Elsevier, localizada en los Países Bajos especializada en temas científicos, técnicos y médicos. Posee la colección ScienceDirect de revistas electrónicas, algunas son de consulta gratuita.

Redalyc es una plataforma que contiene datos de revistas científicas de la Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal, administrado por la Universidad Autónoma del Estado de México. Contiene diversos campos del conocimiento (ciencias de la salud e ingeniería), tema de nuestra investigación cuya consulta es gratuita. Su objetivo principal es promover la difusión y visibilidad de la investigación realizada en América Latina, el Caribe, España y Portugal.

Criterios para la selección de revistas científicas

Criterios de inclusión

- 1- Estudio con participantes entre 40 y 80 años de ambos géneros con la enfermedad de Parkinson.
- 2- Estudios clínicos no probabilísticos por diagnóstico y aleatorios.
- 3- Estudios longitudinales
- 4- Estudio publicado entre 2017-2022.
- 5- Estudio con la utilización de herramientas tecnológicas de sensores de movimiento.

Criterios de exclusión

- 1- Estudio no centrados en la enfermedad de Parkinson.
- 2- El no uso de valoración clínica y herramientas tecnológicas de sensores de movimiento para realizar diagnósticos de la enfermedad de Parkinson

Procedimiento

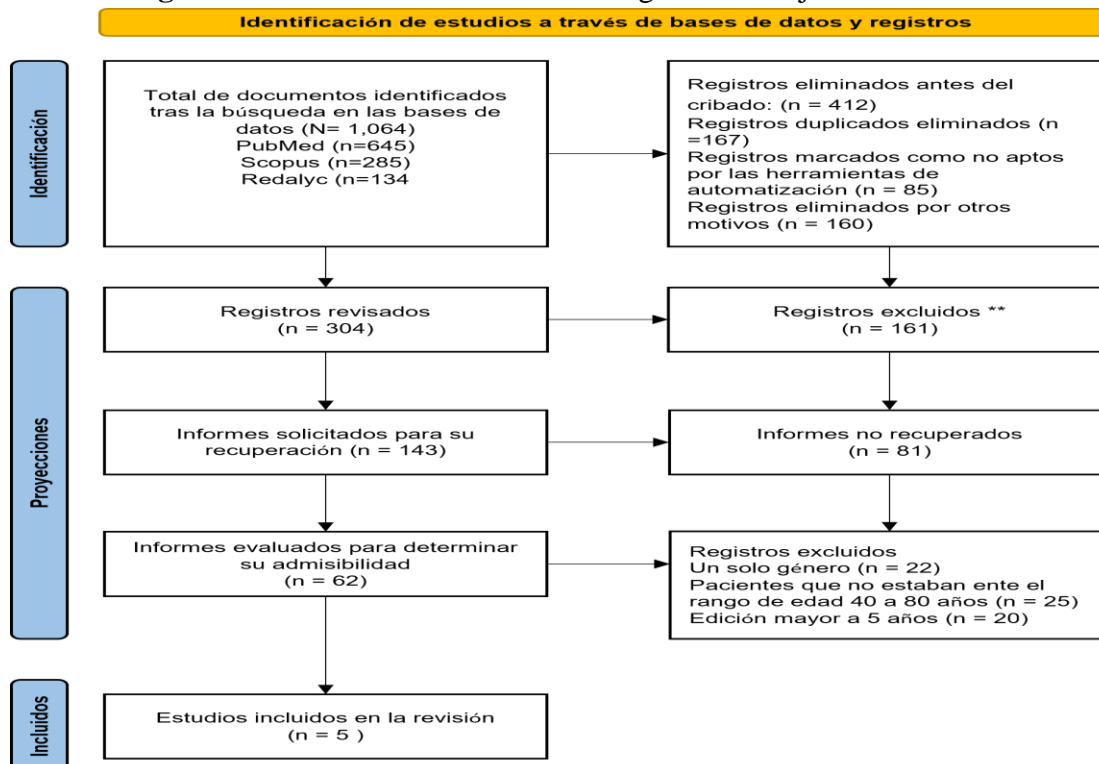
Tabla 1. Procedimiento para identificación de estudios

| | |
|---------|---|
| PubMed | La búsqueda fue con palabras clave “Parkinson’s disease” “diagnosis” “clínica evaluation” “Motion Evaluator Sensors”. Se pueden utilizar los operadores tales como ‘AND, OR, NOT”. Solo se utilizó el operador “AND” , entradas “Parkinson’s disease AND diagnosis AND clínica evaluation AND body movement evaluator sensors |
| Scopus | La búsqueda fue con palabras clave “Parkinson’s disease” “diagnosis” “clínica evaluation” “Motion Evaluator Sensors”. Solo se utilizó el operador “AND” con entradas “Parkinson’s disease AND diagnosis AND clínica evaluation AND body movement evaluator sensors |
| Redalyc | En la búsqueda fue se utilizaron los términos “enfermedad de Parkinson”, “diagnostico”, “evaluación clínica” y “sensores evaluadores de movimiento corporal”. |

Fuente: Elaboración propia

Resultados

Figura 1. Selección de estudios con diagrama de flujo Prisma 2020



Fuente: Elaboración propia con información del formato de Page *et al.* (2021).

Tabla 2. revisión sistemática de sensores y tecnologías portátiles para ayudar en el diagnóstico y monitoreo del tratamiento de la enfermedad de Parkinson

| Tema 1 | | Lista de elementos | Reportado SI/NO |
|------------------------------|----|---|-----------------|
| Título y autor | | New Sensor and Wearable Technologies to Aid in the Diagnosis and Treatment Monitoring of Parkinson's Diseases (Monje <i>et al.</i> , 2019). | SI |
| Título | 1 | Identificar el informe como una revisión sistemática. | NO |
| FONDO | | | |
| Objetivo | 2 | Proporcione una declaración explícita de los objetivos principales o preguntas de la investigación. | SI |
| METODO | | | |
| Elegibilidad de criterio | 3 | Especifique los criterios de inclusión y exclusión participantes. | SI |
| Información de recursos | 4 | Especifique las fuentes de información bases de datos y registros) utilizadas para identificar los estudios. | SI |
| Riesgos básicos | 5 | Especificar los métodos utilizados para evaluar los estudios incluidos. | SI |
| Síntesis de resultados | 6 | Especifique los métodos utilizados para presentar y sintetizar los resultados. | SI |
| RESULTADOS | | | |
| Estudios incluidos | 7 | Indique el número total de estudios y participantes incluidos y resuma las características relevantes de los estudios. | SI |
| Síntesis de los resultados | 8 | Presentar los resultados principales, indicando preferiblemente el número de estudios incluidos y participantes para cada uno. Si se realizó un metaanálisis, informe la estimación resumida y el intervalo de confianza/credibilidad. Si compara grupos, indique la dirección del efecto (es decir, qué grupo se ve favorecido). | SI |
| DISCUSIÓN | | | |
| Limitaciones de la evidencia | 9 | Proporcione un breve resumen de las limitaciones de la evidencia incluida en la revisión (p.ej. riesgo de sesgo del estudio, inconsistencia e imprecisión). | SI |
| Interpretación | 10 | Proporcionar una interpretación general de los resultados y las implicaciones importantes. | SI |
| OTRO | | | |
| Financiamiento | 11 | Especifique la fuente principal de financiación para la revisión. | NO |
| Registro | 12 | Proporcione el nombre y el número de registro. | SI |

Fuente: Elaboración propia sobre formato de Page et al. (2020b). The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews.

Tabla 3. Monitoreo de la bradicinesia en la enfermedad de Parkinson usando un acelerómetro de muñeca

| Tema 4 | | Lista de elementos | Reportado SI/NO |
|------------------------------|----|--|-----------------|
| Título y autor | | Rapid Dynamic Naturalistic Monitoring of Bradykinesia in Parkinson's Disease Using a Wrist-Worn Accelerometer. (Habets <i>et al.</i> , 2021) | SI |
| Título | 1 | Identificar el informe como una revisión sistemática. | NO |
| FONDO | | | |
| Objetivo | 2 | Proporcione una declaración explícita de los objetivos principales o preguntas de la investigación. | SI |
| METODO | | | |
| Elegibilidad de criterio | 3 | Especifique los criterios de inclusión y exclusión participantes y procedimientos médicos y de herramientas tecnológicas. | SI |
| Información de recursos | 4 | Especifique las fuentes de información bases de datos y registros utilizadas para identificar los estudios. | SI |
| Riesgos básicos | 5 | Especificar los métodos utilizados para evaluar los procedimientos con sensores incluidos. | SI |
| Síntesis de resultados | 6 | Especifique los métodos utilizados para presentar y sintetizar los resultados. | SI |
| RESULTADOS | | | |
| Estudios incluidos | 7 | Indique el número total de estudios y participantes incluidos y resuma las características relevantes de los estudios con medicamentos o herramientas tecnológicas. | SI |
| Síntesis de los resultados | 8 | Presentar los resultados principales, indicando preferiblemente el número de estudios incluidos y participantes para cada uno. Si se realizó un metaanálisis, informe la estimación resumida y el intervalo de confianza/credibilidad. Si compara grupos, indique la dirección del efecto de los mismos. | SI |
| DISCUSIÓN | | | |
| Limitaciones de la evidencia | 9 | Proporcione un breve resumen de las limitaciones de la evidencia incluida en la revisión riesgo de sesgo del estudio, inconsistencia por tratamientos. | SI |
| Interpretación | 10 | Proporcionar una interpretación general de los resultados y las implicaciones importantes. | SI |
| OTRO | | | |
| Financiamiento. | 11 | Especifique la fuente principal de financiación para la revisión | SI |
| Registro | 12 | Proporcione el nombre y el número de registro. | SI |

Fuente: Elaboración propia con información del formato de Page *et al.* (2021).

Tabla 4. Ciencia aplicada en sensor portátil único para el análisis de la marcha en la enfermedad de Parkinson: un estudio preliminar.

| Tema 5 | | Lista de elementos | Reportado SI/NO |
|------------------------------|----|--|-----------------|
| Título y autor | | Single Wearable Sensor for Gait Analysis in Parkinson's Disease: A Preliminary Study. Applied Sciences. (Pierleoni et al., 2022). | SI |
| Título | 1 | Identificar el informe como una revisión sistemática. | NO |
| FONDO | | | |
| Objetivo | 2 | Proporcione una declaración explícita de los objetivos principales o preguntas de la investigación. | SI |
| METODO | | | |
| Elegibilidad de criterio | 3 | Especifique los criterios de inclusión y exclusión participantes y métodos de registro electrónico. | SI |
| Información de recursos | 4 | Especifique las fuentes de información bases de datos y registros utilizados para identificar los estudios. | SI |
| Riesgos básicos | 5 | Especificar los métodos utilizados para evaluar los estudios incluidos de medicamentos y movimientos registrados en extremidades superiores. | SI |
| Síntesis de resultados | 6 | Especifique los métodos utilizados para presentar y sintetizar los resultados. | SI |
| RESULTADOS | | | |
| Estudios incluidos | 7 | Indique el número total de estudios y participantes incluidos y resuma las características relevantes de los estudios. | SI |
| Síntesis de los resultados | 8 | Presentar los resultados principales, indicando preferiblemente el número de estudios incluidos y participantes para cada uno. Si se realizó un metaanálisis, informe la estimación resumida y el intervalo de confianza/credibilidad. Si compara grupos y es parte del protocolo del estudio Parkinson@Home | SI |
| DISCUSIÓN | | | |
| Limitaciones de la evidencia | 9 | Proporcione un breve resumen de las limitaciones de la evidencia incluida en la revisión de herramientas electrónicas usadas y sus avances del proyecto. | SI |
| Interpretación | 10 | Proporcionar una interpretación general de los resultados y las implicaciones importantes. | SI |
| OTRO | | | |
| Financiamiento | 11 | Especifique la fuente principal de financiación para la revisión. | SI |
| Registro | 12 | Proporcione el nombre y el número de registro. | SI |

Fuente: Elaboración propia con información del formato de Page *et al.* (2021).

Tabla 5. Ciencia aplicada en móvil con técnicas de machine learning en datos de sensores inerciales para el monitoreo e identificación de ocurrencias del temblor de Parkinson

| Tema 4 | | Lista de elementos | Reportado SI/NO |
|------------------------------|----|--|-----------------|
| Título y autor | | Una aplicación móvil con técnicas de machine learning a partir de datos de sensores inerciales para el monitoreo e identificación de ocurrencias del temblor de Parkinson (Tello y Concepción, 2021) | SI |
| Título | 1 | Identificar el informe como una revisión sistemática. | NO |
| FONDO | | | |
| Objetivo | 2 | Proporcione una declaración explícita de los objetivos principales o preguntas de la investigación. | SI |
| METODO | | | |
| Elegibilidad de criterio | 3 | Especifique los criterios de inclusión y exclusión participantes. | SI |
| Información de recursos | 4 | Especifique las fuentes de información bases de datos y registros utilizado app móvil que controla el monitoreo y detección de ocurrencias del temblor de Parkinson. | SI |
| Riesgos básicos | 5 | Especificar los métodos utilizados para evaluar los estudios incluidos. | SI |
| Síntesis de resultados | 6 | Especifique los métodos utilizados para presentar y sintetizar los resultados con app tiene como base el framework Ionic y usa técnicas de regresión lineal para la identificación temprana a partir de datos de sensores inerciales. | SI |
| RESULTADOS | | | |
| Estudios incluidos | 7 | Indique el número total de estudios y participantes incluidos y resuma las características relevantes de los la app móvil. | SI |
| Síntesis de los resultados | 8 | Presentar los resultados principales, indicando preferiblemente el número de estudios incluidos y participantes para cada uno. Si se realizó un metaanálisis, informe la estimación resumida y el intervalo de confianza/credibilidad. | SI |
| DISCUSIÓN | | | |
| Limitaciones de la evidencia | 9 | Proporcione un breve resumen de las limitaciones de la evidencia incluida en la revisión con otras tecnologías usadas. | SI |
| Interpretación | 10 | Proporcionar una interpretación general de los resultados y las implicaciones importantes teniendo en cuenta las variables, especificaciones, modelos, arquitectura y casos de usos que permiten el óptimo. | SI |

Fuente: Elaboración propia con información del formato de Page *et al.* (2021).

Tabla 6. Meta-Análisis de revisión sistemática de Uso de wearables en bradicinesia y la rigidez en pacientes con enfermedad de Parkinson

| Tema 5 | | Lista de elementos | Reportado SI/NO |
|------------------------------|----|---|-----------------|
| Título y autor | | Using wearables to assess bradykinesia and rigidity in patients with Parkinson’s disease: a focused, narrative review of the literature. (Teshuva <i>et al.</i> , 2019) | SI |
| Título | 1 | Identificar el informe como una revisión sistemática. | SI |
| FONDO | | | |
| Objetivo | 2 | Proporcione una declaración explícita de los objetivos principales o preguntas de la investigación. | SI |
| METODO | | | |
| Elegibilidad de criterio | 3 | Especifique los criterios de inclusión y exclusión participantes. | SI |
| Información de recursos | 4 | Especifique las fuentes de información bases de datos y registros) utilizados para identificar los estudios. | SI |
| Riesgos básicos | 5 | Especificar los métodos utilizados para evaluar los estudios incluidos. | SI |
| Síntesis de resultados | 6 | Especifique los métodos utilizados para presentar y sintetizar los resultados. | SI |
| RESULTADOS | | | |
| Estudios incluidos | 7 | Indique el número total de estudios y participantes incluidos y resuma las características relevantes de los estudios. | SI |
| Síntesis de los resultados | 8 | Presentar los resultados principales, indicando preferiblemente el número de estudios incluidos y participantes para cada uno. Si se realizó un metaanálisis, informe la estimación resumida y el intervalo de confianza/credibilidad. Si compara grupos, indique la dirección del efecto (es decir, qué grupo se ve favorecido). | SI |
| DISCUSIÓN | | | |
| Limitaciones de la evidencia | 9 | Proporcione un breve resumen de las limitaciones de la evidencia incluida en la revisión (p.ej. riesgo de sesgo del estudio, inconsistencia e imprecisión). | SI |
| Interpretación | 10 | Proporcionar una interpretación general de los resultados y las implicaciones importantes. | SI |
| OTRO | | | |
| Financiamiento. | 11 | Especifique la fuente principal de financiación para la revisión. | SI |
| Registro | 12 | Proporcione el nombre y el número de registro. | SI |

Fuente: Elaboración propia con información del formato de Page *et al.* (2021).

Discusión

El Parkinson es una enfermedad crónica neurodegenerativa y su epidemiología se estima aproximadamente entre cuatro o cinco millones de personas afectadas en el mundo y su origen es desconocido (Salom y Látinez, 2023). Por su importancia requiere una atención científica donde se puedan analizar los hallazgos recientes con una revisión sistemática y meta-análisis de los últimos cinco años para dar a conocer los diagnósticos y seguimiento de los tratamientos (Lidstone *et al.*, 2020).

La revisión sistemática fue realizada con el método de investigación PRISMA para recopilar y sintetizar los hallazgos de estudios científicos (Page *et al.*, 2021) en las plataformas electrónicas de PudMed, Focus y Redalyc. Focalizando la búsqueda en diagnósticos y seguimiento de tratamientos para la enfermedad de Parkinson donde se utilizaban métodos clínicos y herramientas tecnológicas para el monitoreo continuo de signos y/o síntomas de pacientes entre 40 a 80 años de ambos géneros (Sica *et al.*, 2021).

El total de documentos identificados fue de 1,064, los cuales se dividieron de la siguiente manera: 1) PudMed (National Library of Medicine) con 645 revistas científicas en la plataforma, que demostró tener mayor alcance debido a su dedicación al área médica; 2) Scopus (editorial Elsevier) con 285 revistas científicas en la plataforma, especializada en medicina y revistas electrónicas; y 3) Redalyc (sede en la Universidad Autónoma del Estado de México) con 134 revistas científicas en la plataforma, extraídas de la Red Latinoamericana, Caribe, España y Portugal, especializada en ciencias de la salud e ingeniería. Las dos primeras plataformas se encuentran en idioma inglés, utilizando únicamente el operador "AND" con las entradas "Parkinson's disease", "diagnosis", "clinical evaluation", y "body movement evaluator sensors". En la última plataforma, en idioma español, las entradas utilizadas fueron "enfermedad de Parkinson", "diagnóstico", "evaluación clínica" y "sensores para evaluar movimientos corporales". Los operadores utilizados se seleccionaron de acuerdo a criterios de inclusión, y posteriormente se emplearon otros filtros de exclusión como la edad, género y antigüedad de la edición. Finalmente, solo cinco artículos fueron incluidos en el meta-análisis (Figura 1).

El meta-análisis incluyó cuatro artículos en inglés y uno en español, los cuales presentan diversas fortalezas, ya que todos contienen las variables a evaluar y permiten estimar los beneficios de la asociación entre las variables del diagnóstico clínico y el uso de herramientas tecnológicas de sensores que miden el movimiento corporal de forma constante y precisa en la enfermedad de Parkinson (Page *et al.*, 2021). Los cinco artículos incluidos

presentan la enfermedad de Parkinson en diferentes escenarios y bajo distintos efectos de tratamientos, proporcionando estimaciones diagnósticas y seguimiento de tratamientos de manera precisa y real. Es muy útil contar con marcadores más precisos para el diagnóstico y el seguimiento de los síntomas (Di Biase *et al.*, 2022).

El tema a investigar también presenta sus limitaciones, ya que existen centros de atención e investigación que realizan diagnósticos y tratamientos parciales sin llevar un control exhaustivo del padecimiento, utilizando únicamente escalas neurológicas. Esto es problemático, ya que la enfermedad de Parkinson es multifactorial, y la apatía hacia su medición con escalas neuropsiquiátricas, clínicas generales y sensores de monitoreo limita la precisión de los diagnósticos y tratamientos (Custodio *et al.*, 2018).

El primer artículo, titulado "New Sensor and Wearable Technologies to Aid in the Diagnosis and Treatment Monitoring of Parkinson's Disease" (Monje *et al.*, 2019), discute la evolución y perfeccionamiento de diversas herramientas electrónicas con sensores de movimiento para la detección de síntomas de la enfermedad de Parkinson. El artículo detalla la monitorización más sensible de las características motoras y no motoras, así como los ajustes precisos en los tratamientos médicos. Aunque las evaluaciones clínicas siguen siendo más utilizadas debido a su carácter tradicional para evaluar los diversos y progresivos síntomas de la enfermedad de Parkinson, esta característica de la enfermedad impide la estandarización de sensores. Sin embargo, los nuevos dispositivos, especialmente las unidades de medición inercial, están revolucionando el diagnóstico y la monitorización del tratamiento. La validez y confiabilidad de estos nuevos dispositivos siguen siendo cuestionadas, lo que limita la generalización de estas tecnologías en la práctica clínica (Tabla 2).

El segundo artículo, titulado "Rapid Dynamic Naturalistic Monitoring of Bradykinesia in Parkinson's Disease Using a Wrist-Worn Accelerometer" (Habets *et al.*, 2021), es parte del protocolo del estudio Parkinson@Home. Este estudio utiliza un acelerómetro de muñeca a corto plazo para monitorear las fluctuaciones naturalistas de la bradicinesia en 20 pacientes durante sus rutinas diarias. La prueba se realizó para detectar en qué etapa se encontraban los pacientes (inicial, intermedia o avanzada), ya que cada una de estas manifiesta síntomas específicos (Martínez-Fernández *et al.*, 2016; Moreno *et al.*, 2019). Los pacientes estaban en tratamiento con medicamentos para el control de la bradicinesia, y se compararon tres grupos con diferentes síntomas y tratamientos. Se demostró que la bradicinesia se puede clasificar utilizando acelerometría de muñeca en un solo minuto. La

monitorización motora rápida y naturalista del Parkinson tiene un potencial clínico significativo para evaluar fluctuaciones sintomáticas y terapéuticas dinámicas, y para ayudar a adaptar los tratamientos en una escala de tiempo rápida (Tabla 3).

El tercer artículo, titulado "Single Wearable Sensor for Gait Analysis in Parkinson's Disease: A Preliminary Study" (Pierleoni *et al.*, 2022), presenta un sistema de monitorización continua basado en un único sensor portátil colocado en la parte inferior de la espalda, junto con un algoritmo para la evaluación de los parámetros de la marcha. Se utilizaron escenarios de laboratorio y domésticos para grabar y evaluar a los pacientes durante 12 horas. Los resultados mostraron una buena precisión del algoritmo propuesto, demostrando una sensibilidad del 99.13% y una especificidad del 100%. El seguimiento de diferentes medicamentos y la actividad del paciente requiere ajustes del algoritmo, por lo que se considera una herramienta útil tanto en entornos clínicos como domésticos para la monitorización de las actividades de la vida diaria en sujetos con enfermedad de Parkinson (Tabla 4).

El cuarto artículo seleccionado, titulado "Una aplicación móvil como técnicas de machine learning a partir de datos de sensores inerciales para el monitoreo e identificación de ocurrencias del temblor de Parkinson" (Tello y Concepción, 2021), presenta el desarrollo de una app móvil que controla el monitoreo y detección de ocurrencias del temblor de Parkinson. La aplicación, de tipo híbrida, utiliza técnicas de aprendizaje automático (machine learning) y datos de sensores inerciales presentes en teléfonos inteligentes (smartphones) para registrar el historial del paciente en cuanto a movimiento y rigidez, así como la dosificación de medicamentos recetados en el tratamiento. La app se basa en el framework Ionic y emplea técnicas de regresión lineal para la identificación temprana de temblores a partir de datos de sensores inerciales, mostrando buenos resultados en el monitoreo del movimiento y la administración de medicamentos. Este historial preciso permite un seguimiento adecuado del Parkinson (Tabla 5).

El quinto y último artículo, titulado "Using wearables to assess bradykinesia and rigidity in patients with Parkinson's disease: a focused, narrative review of the literature" (Teshuva *et al.*, 2019), fue seleccionado por ser una revisión sistemática que incluye artículos publicados desde el año 2000 y editada hace cinco años, mostrando avances en las herramientas tecnológicas para la detección de movimientos mediante sensores portátiles de algunos síntomas, registrados por separado. El actual metaanálisis muestra avances, ya que los sensores están cada vez más especializados, y a través de tarjetas informáticas localizadas

en un solo dispositivo, se pueden registrar diversos movimientos de forma espontánea para diagnósticos sincrónicos o almacenar por largos períodos diferentes tipos de movimientos. Esto permite un seguimiento preciso de los tratamientos con diversos medicamentos. Es importante mencionar que la información reportada por estas herramientas tecnológicas es sensible y exacta, pero no se ha podido estandarizar debido a que los movimientos del Parkinson pueden variar ampliamente por ser una enfermedad neurodegenerativa multifactorial. Esta razón hace que los neurólogos siempre partan de diagnósticos clínicos y que los dispositivos electrónicos sean utilizados como apoyo en diagnósticos, seguimiento de tratamientos y pronósticos individuales (Tabla 6).

Conclusiones

El diagnóstico y seguimiento de tratamientos con el uso de evaluaciones clínicas y herramientas tecnológicas es cada vez más preciso. El diagnóstico y pronóstico de una enfermedad crónica neurodegenerativa como el Parkinson es complejo, ya que es fundamental analizar en qué etapa se encuentra, detener los síntomas, estabilizar al paciente y evitar episodios de crisis. La mejoría o eliminación de los síntomas se logra mediante una adecuada medicación y una evaluación continua de todas las esferas biopsicosociales del paciente.

La monitorización y el análisis de estas esferas pueden beneficiarse significativamente de las herramientas tecnológicas, que registran diferentes actividades de los pacientes y proporcionan bases de datos individualizadas. Estos datos pueden ser utilizados por el médico tratante para ajustar el tratamiento y mejorar el pronóstico de la enfermedad. Hasta la fecha, no existe una herramienta tecnológica estandarizada para el registro completo de la enfermedad de Parkinson debido a su naturaleza multifactorial.

En el presente metaanálisis de artículos científicos, se detecta la existencia de herramientas tecnológicas especializadas y precisas que aportan información de alta calidad para el diagnóstico y tratamiento de la enfermedad de Parkinson de manera eficaz y oportuna. Sin embargo, estas herramientas se utilizan de forma individualizada, ya que los neurólogos tratan a los pacientes con Parkinson según sus padecimientos específicos y su historial clínico.

Futuras Líneas de Investigación

Como se sabe la enfermedad de Parkinson tiene diferentes manifestaciones sintomáticas motoras que pueden ser diagnosticadas y tratadas de una forma eficiente y eficaz con evaluaciones clínicas y con evaluaciones tecnológicas por sensores de registro de movimiento cada vez son más especializados y precisos. Las futuras investigaciones serán en afinar el almacenamiento de las evaluaciones tecnológicas de diferentes sensores de movimiento en un solo dispositivo portátil, preciso y fácil de utilizar e interpretar por los médicos para poder ser utilizado en pacientes en diferentes circunstancias.

Referencias

- Anagani, M. y Oroszi, T. (2022) Fractures in Parkinson's Disease. *Health*, 14 (9), 972-985. <https://doi.org/10.4236/health.2022.14907>
- Clerici, I., Maestri, R., Bonetti, F., Ortelli, P., Volpe, D., Ferrazzoli, D. y Frazzitta, G. (2019). Land plus aquatic therapy versus land-based rehabilitation alone for the treatment of freezing of gait in Parkinson disease: a randomized controlled trial. *Physical therapy*, 99(5), 591-600. <https://doi.org/10.1093/ptj/pzz003>
- Custodio, N., Hernández-Córdova, G., Montesinos, R., Bardales, Y., Mejía, K. y Aldinio, V. (2018). Evaluación de la apatía en la enfermedad de Parkinson y escalas disponibles para su medición en la investigación neuropsiquiátrica y la práctica clínica. *Revista de Neuro-Psiquiatría*, 81(2), 103-112. <https://dx.doi.org/https://doi.org/10.20453/rnp.v81i2.3336>
- Di Biase L, Di Santo A, Caminiti ML, De Liso A, Shah SA, Ricci L y Di Lazzaro V. (2022). Analysis in Parkinson's Disease: An Overview of the Most Accurate Markers for Diagnosis and Symptoms Monitoring. *Sensors (Basel)*. 22; 20(12), 3529. <https://doi.org/10.3390/s20123529>
- Domingo, E. P. (2015). *El libro blanco del parkinson en España*. España: Federación Española de Párkinson. https://www.esparkinson.es/wp-content/uploads/2017/10/libro_blanco.pdf
- Habets, J., Herff, C., Kubben, P., Kuijff, M., Temel, Y., Evers, L., Bloem, B., Starr, P., Gilron R. y Little S. (2021). Rapid Dynamic Naturalistic Monitoring of Bradykinesia in Parkinson's Disease Using a Wrist-Worn Accelerometer. *Sensors (Basel)* 21(23), 2-16. <https://doi.org/10.3390/s21237876>

- Higgins, J.P.T., Thomas, J., Chandler, J., Cumpston, M., Li, T., Page, M.J. y Welch, V.A. (2019). *Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions*: Versión 6.0. Cochrane, <https://training.cochrane.org/handbook>
- Lidstone, S.C., Bayley, M., y Lang, A.E. (2020). The evidence for multidisciplinary care in Parkinson's disease. *Expert Rev Neurother.* 20(6), 539-549. <https://doi.org/10.1080/14737175.2020.1771184>
- Martínez-Fernández, R., Gasca-Salas, C. y Sánchez-Ferro, J. (2016). Actualización en la enfermedad de Parkinson, *Revista Médica Clínica las Condes*, 27(3) 363-379. <https://doi.org/10.1016/j.rmclc.2016.06.010>
- Monje, M.H.G., Foffani, G., Obeso, J. y Sánchez-Ferro, Á. (2019). New Sensor and Wearable Technologies to Aid in the Diagnosis and Treatment Monitoring of Parkinson's Disease. *Annual Review of Biomedical Engineering* 4 (21), 111-143. <https://doi.org/10.1146/annurev-bioeng-062117-121036>
- Moreno, J., Millán, P. y Buriticá, O. (2019). Introducción, epidemiología y diagnóstico de la enfermedad de Parkinson Introduction, epidemiology and diagnosis of Parkinson's disease. *Acta Neurológicas de Colombia*, 35(3), 2-10. <https://doi.org/10.22379/24224022244>
- Page, M. J, McKenzie, J. E., Bossuyt, P.M., Boutron, I., Hoffmann, T.C., Mulrow, C.D (2021a). The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ, Research Methods & Reporting.* ,372 (71), 1-36. <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>
- Pérez-López, C., Hernández-Vara, J. Caballol, N., Bayes, À., Buongiorno, M., Lopez-Ariztegui, N., Gironell, A., López-Sánchez, J., Martínez-Castrillo, J.C., Saucó, M. A., López-Manzanares, L., Escalante-Arroyo, S., Pérez-Martínez, D.A., Rodríguez-Molinero, A. y MoMoPa, E.C. (2022). Comparison of the Results of a Parkinson's Holter Monitor With Patient Diaries, in Real Conditions of Use: A Sub-analysis of the MoMoPa-EC Clinical Trial. *Front Neurol* 13 [en línea]. <https://doi.org/10.3389/fneur.2022.835249>
- Pierleoni, P., Raggiunto, S., Belli, A., Paniccia, M., Bazgir, O. y Palma. L. (2022). Single Wearable Sensor for Gait Analysis in Parkinson's Disease: A Preliminary Study. *Applied Sciences*; 12(11), 2-13, 54-86. <https://doi.org/10.3390/app12115486>
- Rodríguez-Molinero, A., Hernández-Vara, J., Miñarro, A., Pérez-López, C., Bayes-Rusiñol, À., Martínez-Castrillo, J.C. y Pérez-Martínez, D.A. (2022). Monitoring Parkinson's

- patients Mobility for therapeutic purposes research group. *Frontiers in Neurology*, 16 (13) [en línea]. <https://doi.org/10.3389/fneur.2022.835249>
- Rosler, R., y Young, P. (2011). La lección de anatomía del doctor Nicolaes Tulp: el comienzo de una utopía médica. *Revista Médica de Chile*. 139, 535-541. <http://dx.doi.org/10.4067/S0034-98872011000400018>
- Salom, J. y Látinez, A. (2023). Enfermedad de Parkinson. *Medicine-Programa de Formación Médica Continuada Acreditado*, 13(76), 4491-4504. <https://doi.org/10.1016/j.med.2023.03.020>
- Sica, M., Tedesco, S., Crowe, C., Kenny, L., Moore, K., Timmons, S., Barton, J., O'Flynn, B. y Komaris, D.S. (2021). Continuous home monitoring of Parkinson's disease using inertial sensors: A systematic review. *PLoS One*. 16(2) 1-22. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0246528>
- Tello, C. R. A. G. y Concepción, L. E. P. (2021). Una aplicación móvil con técnicas de machine learning a partir de datos de sensores inerciales para el monitoreo e identificación de ocurrencias del temblor de Parkinson. *Revista de investigación de sistemas e informática*, 14(2), 99-110. DOI: <https://doi.org/10.15381/risi.v14i2.23151>
- Teshuva, I., Hillel, I., Gazit, E. Giladi N., Mirelman A. y Hausdorff J. (2019). Using wearables to assess bradykinesia and rigidity in patients with Parkinson's disease: a focused, narrative review of the literature. *Journal Neural Transmission* 126, 699-710 (2019). <https://doi.org/10.1007/s00702-019-02017-9>

| Rol de Contribución | Autor (es) |
|---|---|
| Conceptualización | Valentín Trujillo Mora (principal), Rafael Rojas Hernández (apoya), Elvira Ivone González Jaimes (apoya), Asdrúbal López Chau (apoya) |
| Metodología | Valentín Trujillo Mora (principal), Elvira Ivone González Jaimes (principal), Jorge Bautista López (apoya) |
| Software | Rafael Rojas Hernández (principal), Asdrúbal López Chau (apoya), Carlos Alberto Rojas Hernández (apoya), Valentín Trujillo Mora (apoya) |
| Validación | Carlos Alberto Rojas Hernández (principal), Valentín Trujillo Mora (apoya), Rafael Rojas Hernández (apoya), Asdrúbal López Chau (apoya) |
| Análisis Formal | Rafael Rojas Hernández (igual), Valentín Trujillo Mora (igual), Asdrúbal López Chau (igual), Elvira González Jaimes (igual) |
| Investigación | Valentín Trujillo Mora (igual), Rafael Rojas Hernández (igual), Elvira Ivone González Jaimes (igual), Asdrúbal López Chau (igual) |
| Recursos | Rafael Rojas Hernández (igual), Carlos Alberto Rojas Hernández (igual), Valentín Trujillo Mora (igual) |
| Curación de datos | Asdrúbal López Chau (principal), Rafael Rojas Hernández (apoya), Carlos Alberto Rojas Hernández (apoya), Valentín Trujillo Mora (apoya) |
| Escritura - Preparación del borrador original | Valentín Trujillo Mora (principal), Rafael Rojas Hernández (principal), Elvira Ivone González Jaimes (principal) |
| Escritura - Revisión y edición | Elvira Ivone González Jaimes (principal), Valentín Trujillo Mora (igual), Rafael Rojas Hernández (igual), Carlos Alberto Rojas Hernández (igual), Jorge Bautista López (igual), Asdrúbal López Chau (igual) |
| Visualización | Valentín Trujillo Mora (principal), Rafael Rojas Hernández (principal), Elvira Ivone González Jaimes (apoya), Carlos Alberto Rojas Hernández (apoya), Jorge Bautista López (apoya), Asdrúbal López Chau (apoya) |
| Supervisión | Elvira Ivone González Jaimes (igual), Valentín Trujillo Mora (igual), Rafael Rojas Hernández (igual) |
| Administración de Proyectos | Valentín Trujillo Mora (igual), Rafael Rojas Hernández (igual), Elvira Ivone González Jaimes (igual) |
| Adquisición de fondos | Jorge Bautista López (principal), Valentín Trujillo Mora |

| | |
|--|--|
| | (apoya), Rafael Rojas Hernández (apoya), Elvira Ivone González Jaimes (apoya), Carlos Alberto Rojas Hernández (apoya), Asdrúbal López Chau (apoya) |
|--|--|