Transdigital®

revista científica

Volumen 7, Número 14: Julio-Diciembre 2026
ISSN: 2683-328X
Sociedad de Investigación sobre Estudios Digitales S. C.

La revista Transdigital es una publicación semestral bajo el modelo de publicación continua, editada por la Sociedad de Investigación sobre Estudios Digitales S.C. Hasta ahora, la revista ha sido indizada en: Latindex, Dialnet, ERIHPLUS, REDIB, EuroPub, LivRe, AURA, Portal de Periódicos da CAPES, MIAR, OpenAire-Explore, Refseek, Jisc, Elektronische Zeitschriftenbibliothek, ZDB Zeitschriften Datenbank, WorldCat, Dimensions, The University of Liverpool, Discovery, Erasmus University Rotterdam, Mir@bel, REBIUN, DARDO, UOCI, LatinRev, International Standard Serial Number, Google Scholar, Crossref, Scite, Lens, Internet Archive, BASE, OpenAlex, Semantic Scholar, ScienceOpen, Simon Fraser University Library, University at Buffalo, Radford University y Anderson University. Dirección oficial: Circuito Altos Juriquilla 1132, C.P. 76230, Querétaro, México. Tel. +52 (442) 301-3238. Página web oficial: http://www.revista.transdigital.mx. Correo electrónico: revista@transdigital.mx. Editor en jefe: Alexandro Escudero-Nahón (ORCID: 0000-0001-8245-0838). Reserva de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2022-020912091600-102. International Standard Serial Number (ISSN): 2683-328X — ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor (México). Responsable de la última actualización: Editor en jefe Alexandro Escudero-Nahón. Todos los artículos de la revista Transdigital están licenciados bajo la Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0).

Transdigital®
revista científica

Análisis descriptivo de la marcha mediante sensores inerciales y evaluación clínica en personas mayores

Descriptive analysis of gait using inertial sensors and clinical assessment in elderly people

Verónica Hernández Valle
Universidad Autónoma de Querétaro, México
ORCID: 0000-0003-1773-5516

Mayra Patricia González Hernández
Universidad Autónoma de Querétaro, México
ORCID: 0009-0003- 4237-7594

José Héctor Manuel Frías-Vázquez Mellado
Universidad Autónoma de Querétaro, México
ORCID: 0000-0003-3998-6973

María Eustolia Pedroza Vargas*
Universidad Autónoma de Querétaro, México
ORCID: 0000-0002-6351-3263

Sección: Artículo de investigación

Autora de correspondencia*

Fecha de recepción: 19/04/2026

Fecha de aceptación: 13/07/2026

Transdigital®
revista científica

Sociedad de Investigación sobre Estudios Digitales S.C. | ISSN: 2683-328X

Análisis descriptivo de la marcha mediante sensores inerciales y evaluación clínica en personas mayores

Descriptive analysis of gait using inertial sensors and clinical assessment in elderly people

Resumen

El proceso del envejecimiento lleva a un descenso gradual de las capacidades físicas y mentales, y un mayor riesgo de enfermedad. Las personas mayores son especialmente sensibles a disminuir su capacidad locomotora. El objetivo de la investigación fue evaluar la marcha de las personas mayores mediante sensores inerciales y evaluación clínica. El estudio fue de tipo descriptivo mediante una evaluación clínica que incluyó el análisis de: longitud de miembros inferiores, desnivel escapular, desnivel pélvico, capacidad para realizar marcha en puntas y presencia de marcha claudicante. También se midieron mediante sensores inerciales: velocidad, cadencia y simetría de la marcha. Los resultados señalaron que la marcha y la cadencia tuvieron una media de 100 pasos por minuto; en la velocidad se obtuvo una media de 0.74 m/s; y el 68 % de las personas presentaron simetría. Además, en el análisis clínico de la marcha, se encontró que el 21 % de las personas mostraron marcha claudicante. Aunado a esto, se observó asimetría escapular en el 52 % de las personas y asimetría pélvica en otro 48 %. Por lo tanto, se considera que la evaluación clínica sigue siendo una herramienta indispensable en la evaluación de la marcha, sin embargo, resulta importante corroborar lo observado con equipos de última tecnología que basan sus resultados en datos precisos, ya que utilizan acelerómetros y giroscopios, que permiten detectar micromovimientos que no son observados por ojo humano durante la inspección visual.

Palabras clave: personas mayores, marcha, sensores inerciales

Abstract

The aging process leads to a gradual decline in physical and mental abilities and an increased risk of disease. Older adults are particularly susceptible to a decline in their mobility. The aim of this study was to assess the gait of older adults using inertial sensors and clinical evaluation. A descriptive study was conducted using clinical evaluation, which included: lower limb length, scapular asymmetry, pelvic asymmetry, ability to walk on tiptoes, and the presence of a claudicating gait. Inertial sensors were also used to measure walking speed, cadence, and symmetry. The results indicated that walking cadence averaged 100 steps per minute, walking speed averaged 0.74 m/s, and 68 % of the participants exhibited symmetry. Furthermore, the clinical gait analysis revealed that 21 % of participants exhibited a claudicating gait. In addition, scapular asymmetry was observed in 52 % of participants, and pelvic asymmetry in 48 % of participants. Therefore, clinical assessment is still considered an indispensable tool in gait evaluation; however, it is important to corroborate these observations with state-of-the-art equipment that bases its results on precise data, as it uses accelerometers and gyroscopes, which can detect micro-movements that are not visible to the human eye during visual inspection.

Keywords: elderly people, gait, inertial sensors

Hernández Valle, V., González Hernández, M. P., Frías-Vázquez Mellado, J. H. M., & Pedroza Vargas, M. E. (2026). Análisis descriptivo de la marcha mediante sensores inerciales y evaluación clínica en personas mayores. *Transdigital, 7*(14), e625. https://doi.org/10.56162/transdigital625

Transdigital®
revista científica

Sociedad de Investigación sobre Estudios Digitales S.C. | ISSN: 2683-328X

1. Introducción

En la actualidad, las personas viven más tiempo que antes, pues la esperanza de vida es superior a los 60 años. En este sentido, todos los países del mundo están experimentando un incremento en la cantidad y la proporción de personas mayores en la población. En 2030, se estima que una de cada seis personas tendrá 60 años o más. En ese momento, el grupo de población de 60 años o más habrá subido de 1,000 millones en 2020 a 1,400 millones. Además, en 2050, la población mundial de personas de 60 años o más se habrá duplicado (2,100 millones). Se prevé que el número de personas de 80 años o más se triplique entre 2020 y 2050, hasta alcanzar los 426 millones (Organización Mundial de la Salud [OMS], 2024).

El proceso del envejecimiento lleva a un descenso gradual de las capacidades físicas y mentales, y un mayor riesgo de enfermedad. Las personas mayores son especialmente sensibles, pues disminuyen su capacidad locomotora. La capacidad de locomoción en bípedo es característica de los seres humanos, distinguiéndose del resto de los seres vivos. La deambulación en dos pies libera nuestras extremidades superiores y nos permite realizar otras actividades de la vida diaria e interactuar con el medio que nos rodea. A los 60 años, un 15 % de los individuos presentan alteraciones en la marcha, 35 % a los 70 años y aumenta hasta cerca del 50 % en los mayores de 85 años (OMS, 2024).

De acuerdo con datos recientes del Instituto Nacional de Estadística y Geografía ([INEGI], 2020), en México existen aproximadamente 8.8 millones de personas con discapacidad, de las cuales cerca del 50 % corresponde a adultos mayores de 60 años y más. Entre las principales limitaciones destacan las alteraciones motrices relacionadas con caminar, subir o bajar escaleras y mantener el equilibrio. Estas dificultades se asocian principalmente al envejecimiento, enfermedades crónicas y deterioro musculoesquelético. A partir de lo anterior, se observa que las discapacidades motrices impactan la autonomía, la participación social y la calidad de vida de las personas mayores. Esto incrementa la demanda de servicios de salud, rehabilitación y asistencia especializada en el país.

La marcha es la manera de desplazarse en el ser humano. Así como cada especie animal tiene una forma especial de desplazamiento: las aves vuelan, los peces nadan o los cuadrúpedos corren, el hombre se desplaza caminando. A este proceso biomecánico se le conoce con el nombre de marcha. Es complejo, cíclico y requiere la integración de varios sistemas, como son el esqueleto, los músculos y el sistema nervioso.

Dentro de las características de la marcha se distingue una serie de movimientos rítmicos y repetitivos que se pueden dividir para su mejor comprensión en dos fases, a saber, la fase de apoyo, donde el pie está en contacto con el piso. Inicia con el choque del talón, continúa con el apoyo de todo el pie y termina solo con el apoyo de la punta, este último conocido como despegue, pues es cuando el cuerpo se impulsa hacia delante. La segunda fase de la marcha se llama balanceo, en la cual el pie no tiene contacto con el piso, comienza cuando la punta del pie se despega del suelo, todo el miembro inferior se balancea por una fuerza de aceleración y termina con el choque del talón sobre el piso, desacelerando la fuerza del impulso (Jankovic et al., 2022).

Transdigital®
revista científica

Sociedad de Investigación sobre Estudios Digitales S.C. | ISSN: 2683-328X

Para que la marcha se lleve a cabo de manera eficiente deben integrarse casi todas las articulaciones del sistema musculoesquelético, así como la musculatura que las moviliza, esto es columna vertebral, complejo articular del hombro y codo en miembro superior. En miembro inferior las articulaciones de cadera, rodilla, tobillo y pie, asimismo la musculatura involucrada en la movilidad de esas mismas articulaciones.

Biomecánicamente la marcha puede variar dependiendo de distintos factores, como la edad, peso o estatura. La marcha puede alterarse por afecciones patológicas, lesiones musculoesqueléticas o trastornos neurológicos. Estas alteraciones se manifiestan en trastornos de la marcha, conocida como claudicación. La mayoría de los pacientes con claudicación presentan evidencia de un trastorno en el sistema locomotor, por ejemplo, artrosis de cadera, rodilla o patologías del pie o tobillo (Atkinson et al., 2025).

La evaluación de la marcha es parte fundamental en la exploración física ortopédica. Al evaluarla puede dar información sobre dismetría de miembros inferiores, desbalance pélvico o de cintura escapular por basculación, que también puede dar información de patologías a nivel de columna vertebral. Por lo tanto, el trastorno de la marcha es uno de los síndromes geriátricos más importantes, pues el envejecimiento produce cambios fisiológicos que afectan la velocidad, la estabilidad y la eficiencia de la marcha. Entre ellos, destacan la pérdida de masa muscular, la disminución de la fuerza, las alteraciones visuales y vestibulares, la reducción de reflejos posturales y el deterioro cognitivo. Asimismo, patologías frecuentes en las personas mayores, como artrosis, enfermedad de Parkinson, neuropatías periféricas o accidentes cerebrovasculares, pueden modificar significativamente el patrón de marcha. Estas alteraciones generan claudicación, inseguridad al caminar y aumento del riesgo de caídas.

El estudio de la marcha, siendo parte del examen clínico neurológico, constituye una parte fundamental en el diagnóstico fisiopatológico y funcional para prevenir caídas en las personas mayores. Varias patologías pueden debutar con alteración de la marcha y es el hallazgo clínico más llamativo para la sospecha de una enfermedad. El origen del trastorno de marcha habitualmente es multicausal: alteraciones neurológicas, alteraciones músculoesqueléticas, biomecánica corporal y factores antropométricos (Kirkwood et al., 2006).

Otra herramienta utilizada es la prueba de velocidad de la marcha, considerada un *signo vital funcional* en Geriatría, así la disminución de la velocidad al caminar se relaciona con fragilidad, hospitalización y mortalidad. Debido a la complejidad multifactorial de la marcha, diversos investigadores han desarrollado pruebas funcionales destinadas a evaluar el desempeño locomotor en las personas mayores. Estas herramientas permiten identificar tempranamente alteraciones funcionales, establecer estrategias preventivas y orientar programas de rehabilitación.

Entre las pruebas más utilizadas destaca el *Timed Up and Go* (TUG), el cual evalúa el equilibrio dinámico y la movilidad funcional mediante el tiempo que tarda una persona en levantarse de una silla, caminar tres metros, girar y volver a sentarse. Esta prueba ha demostrado alta sensibilidad para predecir riesgo de caídas y deterioro funcional (Barry et al., 2014). Asimismo, la velocidad de la marcha y la prueba de seis minutos permiten valorar fragilidad y resistencia física.

Transdigital®
revista científica

Sociedad de Investigación sobre Estudios Digitales S.C. | ISSN: 2683-328X

1.1. Parámetros espaciotemporales de la marcha

La marcha humana es un proceso motor complejo que requiere la integración coordinada del sistema nervioso central, el sistema musculoesquelético y los mecanismos sensoriales. Durante la marcha se producen movimientos rítmicos y alternados de los miembros inferiores que permiten el desplazamiento eficiente del cuerpo. Para evaluar adecuadamente este proceso se utilizan diversos parámetros espaciotemporales que permiten cuantificar la calidad y la eficiencia del patrón de marcha.

1.1.1. Simetría

La simetría representa la armonía general de la marcha, así como la capacidad del individuo para acelerar el centro de gravedad de manera similar durante los ciclos de marcha derecho e izquierdo. Este parámetro refleja el grado de armonía y el equilibrio funcional durante el desplazamiento. Valores cercanos al 100 % indican un patrón de marcha simétrico y eficiente, mientras que valores inferiores sugieren alteraciones funcionales que pueden asociarse a lesiones musculoesqueléticas, patologías neurológicas o procesos compensatorios. Valores inferiores al 90 % del umbral normativo sugieren que se deben evaluar cuidadosamente las diferencias entre la extremidad derecha e izquierda.

La evaluación de la simetría resulta especialmente importante en pacientes con antecedentes de cirugía ortopédica, lesiones deportivas, accidentes cerebrovasculares o alteraciones degenerativas. Una disminución significativa de este índice puede indicar sobrecarga unilateral, déficit muscular o alteraciones en el control motor. Por ello, el análisis de la simetría constituye una herramienta útil para valorar la evolución funcional del paciente durante los procesos de rehabilitación.

1.1.2. Velocidad de marcha

La velocidad de marcha corresponde a la distancia recorrida en un tiempo determinado y, generalmente, se expresa en metros por segundo (m/s). Este parámetro es considerado uno de los indicadores funcionales más relevantes del estado de salud general, pues involucra múltiples componentes fisiológicos como fuerza muscular, coordinación motora, equilibrio, resistencia cardiovascular y función cognitiva. Diversos estudios demostraron que la disminución de la velocidad de marcha se relaciona con mayor riesgo de caídas, pérdida de independencia funcional y deterioro de la calidad de vida, particularmente en adultos mayores.

En condiciones normales, la velocidad promedio de marcha oscila alrededor de 1.2 a 1.4 m/s, aunque puede variar dependiendo de la edad, sexo y condición física del individuo (Boudreau et al., 2002). Asimismo, representa un parámetro útil para evaluar la efectividad de los programas de rehabilitación. Mejoras progresivas en este indicador suelen asociarse con recuperación funcional y adaptación biomecánica favorable.

Transdigital®
revista científica

Sociedad de Investigación sobre Estudios Digitales S.C. | ISSN: 2683-328X

1.1.3. Cadencia

La cadencia se define como el número de pasos que una persona realiza en un minuto. En individuos sanos, los valores normales suelen encontrarse entre 90 y 120 pasos por minuto. Este parámetro guarda una estrecha relación con la velocidad de marcha, ya que modificaciones en la frecuencia de los pasos pueden alterar el ritmo y la eficiencia del desplazamiento. La disminución de la cadencia puede observarse en pacientes con dolor musculoesquelético, debilidad muscular o trastornos neurológicos. Por el contrario, un aumento excesivo de la cadencia podría representar mecanismos compensatorios relacionados con inestabilidad o limitación funcional.

1.1.4. Longitud y tiempo del paso

Otros parámetros importantes incluyen la longitud del paso y el tiempo de apoyo. La longitud del paso corresponde a la distancia existente entre el contacto inicial de un pie y el contacto inicial del pie contralateral. Alteraciones en este parámetro pueden indicar limitaciones articulares, debilidad muscular o alteraciones neurológicas.

Por otro lado, el tiempo de apoyo representa el periodo durante el cual el pie permanece en contacto con el suelo. Un incremento del tiempo de apoyo en una extremidad puede sugerir dolor, inseguridad o alteraciones en el equilibrio. Estos parámetros permiten comprender las adaptaciones biomecánicas desarrolladas por el paciente durante la marcha.

1.2. Sensores inerciales

En la práctica clínica contemporánea, la evaluación observacional de la marcha continúa siendo ampliamente utilizada. Sin embargo, presenta limitaciones relacionadas con la subjetividad del examinador y la dificultad para cuantificar parámetros específicos del movimiento. Debido a ello, durante las últimas décadas se ha incrementado el uso de tecnologías instrumentadas capaces de proporcionar mediciones objetivas, reproducibles y cuantificables. Entre estas tecnologías destacan los sensores inerciales, dispositivos portátiles que permiten analizar de forma precisa los movimientos corporales durante la marcha.

Los sensores inerciales miden las variaciones en el movimiento lineal y angular del objeto con respecto al espacio inercial (Guler et al., 2023). Esto se refiere a un punto en el que un objeto libre de fuerzas externas permanece en reposo o se mueve en línea recta con velocidad constante. Los sensores inerciales son dispositivos portátiles que utilizan acelerómetros, giroscopios y, a veces, magnetómetros para medir el movimiento del cuerpo humano y analizar los parámetros biomecánicos. Estos equipos traducen las fuerzas inerciales en señales eléctricas, para medir las fuerzas específicas (aceleraciones) y las velocidades. Esta información se envía vía bluetooth a la computadora para su análisis.

Transdigital®
revista científica

Sociedad de Investigación sobre Estudios Digitales S.C. | ISSN: 2683-328X

Los sensores inerciales que detectan la aceleración lineal se denominan acelerómetros, mientras que el movimiento angular se detecta mediante sensores denominados giroscopios. Un solo acelerómetro o giroscopio es capaz de medir la cantidad asociada a lo largo de un eje. Por lo tanto, se necesita un conjunto de tres sensores inerciales a lo largo de direcciones ortogonales para medir toda la cantidad en tres dimensiones; se define comúnmente como Unidad de Referencia Inercial (Tamura, 2014).

Los sensores inerciales se han convertido en herramientas de gran relevancia dentro del ámbito clínico debido a que ofrecen información objetiva y cuantificable sobre el desempeño funcional del paciente. Además, permiten realizar evaluaciones fuera del laboratorio tradicional de biomecánica, favoreciendo su implementación en clínicas, hospitales, centros de rehabilitación e incluso en el domicilio del paciente.

1.3. Aplicaciones clínicas de los sensores inerciales

La incorporación de sensores inerciales en la práctica clínica ha permitido ampliar las posibilidades diagnósticas y terapéuticas en diversas áreas de la salud. Una de sus aplicaciones más importantes es el análisis de la marcha, donde se utilizan para evaluar alteraciones biomecánicas, monitorear procesos de rehabilitación y medir resultados funcionales. En fisioterapia neurológica, los sensores inerciales facilitan el análisis del movimiento en pacientes con enfermedad de Parkinson, accidente cerebrovascular, esclerosis múltiple y parálisis cerebral. Estos dispositivos permiten identificar patrones anormales de movimiento y cuantificar cambios funcionales posteriores a las intervenciones terapéuticas.

En ortopedia y medicina deportiva, los sensores inerciales son empleados para evaluar rangos de movimiento articular, estabilidad postural, control motor y desempeño muscular. Asimismo, analizan la técnica deportiva y detectan factores de riesgo asociados a lesiones. Dentro del área de rehabilitación geriátrica, los sensores inerciales representan una herramienta útil para identificar alteraciones del equilibrio y el riesgo de caídas. El análisis objetivo de la marcha y la movilidad funcional permite diseñar programas de intervención personalizados orientados a mejorar la independencia funcional del adulto mayor.

1.4. Ventajas de los sensores inerciales

Los sensores inerciales cuentan con varias ventajas, pero cinco sobresalen por su utilidad (Tabla 1).

Tabla 1
Ventajas de los sensores inerciales

Ventaja	Descripción
Portabilidad	Una de las principales ventajas de los sensores inerciales es su portabilidad. Estos dispositivos son compactos, ligeros y fáciles de transportar, lo que facilita su utilización en distintos entornos clínicos sin necesidad de infraestructura compleja.

Transdigital®
revista científica

Sociedad de Investigación sobre Estudios Digitales S.C. | ISSN: 2683-328X

Tabla 1
Ventajas de los sensores inerciales

Ventaja	Descripción
Evaluación objetiva	Los sensores inerciales permiten obtener datos cuantificables y reproducibles sobre el movimiento humano. Esto reduce la subjetividad presente en la evaluación observacional y mejora la precisión diagnóstica.
No invasivos	Los dispositivos no interfieren significativamente con el movimiento natural del paciente, permitiendo realizar evaluaciones funcionales en condiciones cercanas a las actividades cotidianas.
Seguimiento terapéutico	Gracias a la capacidad de almacenar y comparar mediciones en diferentes momentos, estos sistemas facilitan el monitoreo de la evolución clínica del paciente y la efectividad de los tratamientos implementados.
Biofeedback	Algunos sistemas cuentan con herramientas de retroalimentación visual y auditiva que permiten al paciente corregir sus movimientos en tiempo real. Esto favorece el aprendizaje motor y acelera los procesos de recuperación funcional.

1.5. Utilidad en investigación

La reproducibilidad de las mediciones convierte a los sensores inerciales en instrumentos útiles para el desarrollo de investigaciones relacionadas con biomecánica, fisioterapia y ciencias del movimiento humano. Sin embargo, a pesar de sus múltiples beneficios, los sensores inerciales cuentan con desventajas y limitaciones.

- Interferencias: Estos equipos pueden detectar movimientos bruscos al realizar la prueba y reportar datos erróneos.
- Conexión a internet: Para mejor funcionamiento requiere este tipo de conexión.
- Costo de equipo: Estos equipos pueden ser costosos y requieren mantenimiento y soporte.
- Correlación clínica: Se requiere que un experto en marcha verifique que la marcha del paciente sea la habitual.

1.6. Modelo de sensor inercial

El *Baiobit* es un software que permite la evaluación rápida y objetiva de la marcha, el equilibrio y la movilidad articular. El sistema consta del sensor inercial G-SENSOR 2, el software *Baiobit* y un conjunto de protocolos para el análisis de movimientos específicos. Mediante conexión *bluetooth*, el sensor adquiere y transmite datos al *personal computer* (PC) para su procesamiento y la creación automática de informes. Los informes proporcionan información importante sobre parámetros espaciotemporales de la marcha, cinemática de la pelvis, rango de movimiento (ROM) del tronco, columna cervical y hombro, equilibrio y salto vertical.

Transdigital®
revista científica

Sociedad de Investigación sobre Estudios Digitales S.C. | ISSN: 2683-328X

2. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

2.1. Diseño del estudio

Se realizó un estudio descriptivo, observacional y de corte transversal, orientado al análisis clínico y funcional de la marcha en personas adultas mayores. Mediante evaluación clínica se observaron diversas características relacionadas con el patrón de marcha, entre ellas la longitud de los miembros inferiores, la presencia de desnivel escapular y pélvico, la capacidad para realizar marcha en puntas y la presencia de marcha claudicante. Asimismo, se analizaron parámetros espaciotemporales de la marcha utilizando sensores inerciales, específicamente velocidad, cadencia y simetría durante el desplazamiento.

2.2. Participantes

La muestra estuvo conformada por 61 personas adultas mayores pertenecientes a un centro de día ubicado en la ciudad de Querétaro, México, con edades comprendidas entre 60 y 79 años. La selección de los participantes se realizó mediante un muestreo no probabilístico por conveniencia, posterior a una convocatoria abierta emitida en la institución. Como criterios de inclusión se consideraron: ser miembro activo del centro, participar en talleres de actividad física, tener 60 años o más y contar con capacidad para deambular con o sin auxiliares. Se excluyeron ocho participantes por no completar las evaluaciones establecidas.

2.3. Procedimiento

Para la recolección de datos, se programó la asistencia de los participantes en horarios previamente establecidos, solicitándoles acudir con ropa cómoda y presentar el consentimiento informado firmado, el cual fue entregado con anticipación. El estudio se desarrolló bajo los principios éticos de la Declaración de Helsinki, garantizando la confidencialidad de la información, el respeto a la autonomía y la protección de la integridad física de los participantes. Asimismo, se explicó el procedimiento de evaluación y se aclararon las dudas antes de iniciar las mediciones.

La valoración comenzó con el participante en decúbito supino para medir la longitud real de los miembros inferiores, considerando la distancia entre la espina ilíaca anterosuperior y el maléolo medial. Posteriormente, se efectuó una evaluación clínica observacional de la marcha, solicitando al participante caminar seis metros de ida y vuelta sin calzado, con el propósito de identificar desnivel escapular o pélvico y presencia de marcha claudicante. Finalmente, se colocó el sensor inercial *Baiobit* a nivel de la primera vértebra sacra para registrar las variables espaciotemporales de la marcha durante un recorrido de ocho metros. Las evaluaciones fueron realizadas por un fisioterapeuta y un médico ortopedista capacitados.

Transdigital®
revista científica

Sociedad de Investigación sobre Estudios Digitales S.C. | ISSN: 2683-328X

2.4. Análisis estadístico

La base de datos fue procesada en el software *Jamovi* versión 2.2, mediante el cual se realizó el análisis estadístico descriptivo de las variables espaciotemporales de la marcha. Para las variables cuantitativas se calcularon medidas descriptivas, mientras que para las variables cualitativas, como sexo, marcha claudicante y desniveles escapular y pélvico, se obtuvieron frecuencias y porcentajes.

3. Resultados

Fue evaluada una muestra de 61 personas adultas mayores con una edad media de 69 años (DE=5.73) de los cuales 57 (93 %) fueron mujeres y cuatro (7 %) fueron hombres. Referente a la evaluación con sensores inerciales los resultados indican: la cadencia tuvo una media de 100 pasos por minuto. Mientras en la velocidad se obtuvo una media de 0.74 m/s. En lo que concierne a la asimetría los resultados reflejaron que el 68 % de las personas mayores presentaron valores por encima de 90 % denotando simetría (Tabla 2).

Tabla 2
Variables espaciotemporales de la marcha

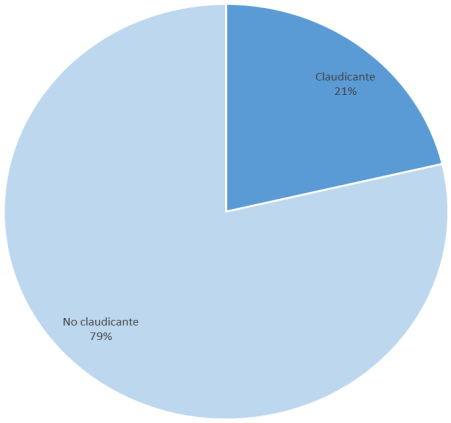
Variable	Media	Desviación estándar (DE)	Moda	Rango	Otros resultados relevantes
Cadencia (pasos/min)	100	20.1	110	57 – 155	—
Velocidad (m/s)	0.74	0.17	0.66	0.28 – 1.22	—
Asimetría (%)	88.3	15.2	—	—	32 % < 90 % (asimetría)/68 % ≥ 90 % (simetría)

En el análisis clínico de la marcha, realizado mediante observación, se encontraron 13 personas (21 %) que presentan marcha claudicante. Aunado a esto, se observó asimetría escapular en 32 personas (52 %) y asimetría pélvica en 29 personas (48 %). Por otro lado, se realizó la medición de la longitud real de miembros inferiores obteniendo una media de 82.7 (6.10) centímetros para miembro derecho, y 82.6 (6.11) centímetros para miembro inferior izquierdo, con una diferencia promedio entre miembro derecho e izquierdo de 0.54 cm (DE=0.48) (Figura 1).

Transdigital®
revista científica

Sociedad de Investigación sobre Estudios Digitales S.C. | ISSN: 2683-328X

Figura 1
Tipo de marcha mediante evaluación clínica



4. Discusión

El presente estudio reportó una velocidad de marcha promedio de 0.74 m/s. Estos valores se encuentran ligeramente por debajo de lo reportado por Virto et al. (2024) (0.92-1.07 m/s), lo cual posiciona a ambas poblaciones en una adecuada velocidad de marcha, a pesar de que para la segunda no se utilizaron sensores para evaluarla. Sin embargo, esta diferencia también pudiera estar ocasionada por la falta de precisión cuando se evalúa mediante *test* de observación.

La velocidad de la marcha es considerada uno de los indicadores más importantes del estado de salud de las personas mayores, ya que suele sufrir un descenso progresivo con el envejecimiento (Binotto et al., 2018). En un estudio realizado en 94 personas mayores y una media de edad de 70.72 años, con presencia de alteraciones visuales se encontró que la media de la velocidad de la marcha fue de 91.07 pasos por minuto, mientras que en la cadencia la media fue de 103.44 pasos por minuto (Duran-Badilllo et al., 2019). En cuanto a la cadencia, se observó una relación entre el porcentaje de participantes con marcha claudicante y el porcentaje con asimetría registrada por sensores inerciales, siendo 21 % y 32 % respectivamente. Esto indica cómo el uso de sensores permite una mayor precisión para detectar asimetrías.

En el presente estudio se observó que el 52 % de los participantes presentó asimetría escapular y el 48 % asimetría pélvica. Esto refleja congruencia en las compensaciones que su sistema musculoesquelético realiza para lograr un equilibrio postural entre cintura escapular y pélvica. En este sentido, Villarruel et al. (2020) encontraron una alta prevalencia de asimetría escapular, aunque su estudio se enfocó en poblaciones jóvenes, llama la atención que el 70 % de su población la presentó.

Con relación a la longitud de miembros inferiores, se observó una diferencia promedio entre miembro derecho e izquierdo de 0.54 cm, lo cual coincide con los resultados de Aitken (2021), quien observó una diferencia

Transdigital®
revista científica

Sociedad de Investigación sobre Estudios Digitales S.C. | ISSN: 2683-328X

de 0.4 m/s entre miembros, a pesar de haberlo realizado en una población de edad variada (15-83 años). Lo anterior se considera dentro de parámetros bien tolerados, es decir, menor a un centímetro (Fassier, 2024).

5. Conclusiones

De acuerdo con los resultados, se observó congruencia entre la evaluación clínica y la evaluación con sensores inerciales. Asimismo, se identificó mayor sensibilidad para detectar asimetría durante la marcha con los sensores inerciales, puesto que con la evaluación clínica se detectaron solo al 21 % con asimetría, identificada como una marcha claudicante. Sin embargo, con el sensor inercial se detectó al 32 % con asimetría, habiendo una disparidad entre los datos del 12 %.

Referente a lo observado con los sensores inerciales, la mayoría de los participantes obtuvo cadencia en rangos normales, lo cual se traduce en una marcha fluida. En relación con la velocidad, la mayoría de la población obtuvo valores por debajo de lo esperado, lo que significa que a pesar de tener una marcha fluida no lograban la distancia esperada, ya que el valor de referencia considerado normal para este grupo etario es de un m/s.

En conclusión, la valoración de la marcha es una herramienta esencial en la evaluación geriátrica integral debido a su estrecha relación con la funcionalidad y la calidad de vida de las personas mayores. El envejecimiento produce cambios fisiológicos y biomecánicos que incrementan la vulnerabilidad locomotora y el riesgo de caídas. Por ello, el uso de pruebas funcionales validadas permite detectar tempranamente alteraciones de la movilidad, orientar tratamientos y prevenir complicaciones asociadas al deterioro funcional. La evaluación sistemática de la marcha debe considerarse una prioridad en la atención de la población adulta mayor, ya que favorece la preservación de la independencia y contribuye al envejecimiento saludable.

Aunado a lo anterior, es importante corroborar lo observado con equipos de última tecnología que basan sus resultados en datos precisos, ya que utilizan los sensores inerciales, los cuales han revolucionado el estudio biomecánico del movimiento humano gracias a su facilidad de uso, portabilidad y capacidad para registrar datos en tiempo real. Estos dispositivos integran acelerómetros, giroscopios y, en algunos casos, magnetómetros, que permiten obtener información relacionada con aceleraciones lineales, velocidades angulares y orientación espacial, detectando micromovimientos que no son observados por ojo humano durante la inspección visual. Su aplicación en fisioterapia, rehabilitación, medicina deportiva y ortopedia ha permitido optimizar los procesos de evaluación funcional y seguimiento terapéutico.

Transdigital®
revista científica

Sociedad de Investigación sobre Estudios Digitales S.C. | ISSN: 2683-328X

REFERENCIAS

Aitken, S. A. (2021). Normative Values for Femoral Length, Tibial Length, and the Femorotibial Ratio in Adults Using Standing Full-Length Radiography. *Osteology, 1*(2), 86-91.

Atkinson, H., Beier, A., Birmingham, T. B., Leitch, K., & Appleton, C. T. (2025). Gait biomechanics are associated with future osteoarthritis symptom flares. *Osteoarthritis and Cartilage, 33*(6), 782–783.

Barry, E., Galvin, R., Keogh, C., Horgan, F., & Fahey, T. (2014). Is the Timed Up and Go test a useful predictor of risk of falls in community dwelling older adults: a systematic review and meta-analysis. *BMC Geriatrics, 14*(14), 1-14.

Binotto, M. A., Lenardt, M. H., & Rodríguez-Martínez, M. C. (2018). Physical frailty and gait speed in community elderly: a systematic review. *Revista da Escola de Enfermagem da USP, 52*.

Boudreau, H. R., Kaegi, C., & Rousseau, J. (Eds.). (2002). *Grille d'évaluation de la sécurité à la marche (GEM).* Bibliothèque nationale du Canada. https://clinicalgate.com/assessment-of-gait/

Duran-Badilllo, T., Hernández-Cortés, P. I., Guevara-Valtier, M. C., Gutiérrez-Sánchez, G., Martínez-Aguilar, M. I., & Salazar-Barajas, M. E. (2019). Capacidad de la marcha y dependencia funcional en adultos mayores con alteración visual. *Enfermería Universitaria, 16*(3). https://doi.org/10.22201/eneo.23958421e.2019.3.691

Fassier, A. (2024). Desigualdad de longitud de los miembros inferiores e inclinación pélvica. *Podología, 26*(4), 1-17.

Guler, U., Tufan, T. B., Chakravarti, A., Jin, Y., & Ghovanloo, M. (2023). Implantable and Wearable Sensors for Assistive Technologies. *Encyclopedia of Sensors and Biosensors, 3*, 449-473.

INEGI. (2020). Censo de población y vivienda nacional 2020. *Página web oficial del Instituto Nacional de Estadística y Geografía*. https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/

Jankovic, J., Mazziotta, J. C., Pomeroy, S., & Newman, N. J. (2022). *Bradley y Daroff. Neurología clínica.* Elsevier.

Kirkwood, R. N., Araújo, P. A., & Dias, C. S. (2006). Biomecânica da marcha em idosos caidores e não caidores: Uma revisão da literatura. *Revista Brasileira de Ciência e Movimento, 14*(4), 103–110.

OMS. (2024). Envejecimiento y salud. *Página web oficial de la Organización Mundial de la Salud*. https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ageing-and-health

Tamura, T. (2014). Wearable inertial sensors and their applications. En E. Sazonov, M. Neuman (Eds.), *Wearable Sensors: Fundamentals, Implementation and Applications* (pp. 85-104). Academic Press.

Villarruel, M., Muhafara, G. J., Cura, A. J., Tozzi, W. A., Vicente, A., Prieto, L., & Savio, P. (2020). Prevalencia de la diskinesia escapular y confiabilidad inter-observador del test de diskinesia escapular en sujetos asintomáticos. *Argentinian Journal of Respiratory & Physical Therapy, 1*(3), 19–23. https://doi.org/10.58172/ajrpt.v1i3.57

Transdigital®
revista científica

Sociedad de Investigación sobre Estudios Digitales S.C. | ISSN: 2683-328X

Virto, N., Rio, X., Muñoz-Pérez, I., Méndez-Zorrilla, A., & García-Zapirain, B. (2024). Gait speed in older adults: exploring the impact of functional, physical and social factors. *Retos: nuevas tendencias en educación física, deporte y recreación, 61*, 552-566.

Transdigital®
editorial

La Editorial *Transdigital* publica libros de carácter científico y académico. Se pueden publicar tesis de posgrado, una vez sometidas al sistema de evaluación de pares de doble ciego. Servicios:

- Gestión del International Standard Book Number (ISBN), del Digital Object Identifier (DOI) y del código de barras.
- Diseño gráfico
- Servicio de corrección de estilo y redacción.
- Dictaminación de la revisión por pares en doble ciego hecha por miembros del Sistema Nacional de Investigadoras e Investigadores (SNII) de la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI) de México.
- Alojamiento permanente del libro en la editorial Transdigital (www.editorial.transdigital.mx)
- Distribución gratuita en *Dialnet*, *Google Books*, *Google Play* y *SCRIBD*.
- Distribución a precio mínimo en *Amazon Kindle* (cuota que pagan los lectores de *Kindle*).

La editorial *Transdigital* está en el Registro en el Padrón Nacional de Editores como agente editor Sociedad de Investigación sobre Estudios Digitales, S. C., con el Dígito Identificador 978-607-99594. Además, está afiliada a la Cámara Nacional de la Industria Editorial Mexicana (CANIEM) con el número 4069, de conformidad con el artículo 17 de la Ley de Cámaras Empresariales y sus Confederaciones en vigor. Y está en el Registro Nacional de Instituciones y Empresas Científicas y Tecnológicas (RENIECYT) de la SECIHTI de México con el folio: RENIECYT 2400068.

Transdigital®
congreso virtual

El Congreso Virtual *Transdigital* se realiza anualmente de manera totalmente virtual (www.congreso.transdigital.mx). Este evento tiene el objetivo de reunir resultados parciales o finales de investigaciones empíricas, documentales o ensayos científicos sobre temas y desafíos que involucran a la tecnología y la transformación digital en sociedad.

Está dirigido a investigadores(as), docentes de todas las modalidades y niveles del sistema educativo, estudiantes de pregrado y posgrado, gestores(as) educativos(as), directivos(as) y demás profesionales interesados(as) en la investigación empírica y documental sobre el uso de la tecnología y la transformación digital en diversos ámbitos sociales, por ejemplo, la salud, el ocio, el turismo, las finanzas, la educación, el desarrollo comunitario, la industria, etcétera.

La inscripción por texto, con un máximo de tres autores(as) da el derecho de publicar la ponencia como capítulo de libro académico en la editorial *Transdigital*, una vez que ha sido admitida por el Comité Científico; además se otorgan certificados de ponencia y asistencia. Ese libro cuenta con International Standard Book Number (ISBN), Digital Object Identifier (DOI) y código de barras.

El Congreso Virtual *Transdigital* es una iniciativa que está inscrita está en el Registro Nacional de Instituciones y Empresas Científicas y Tecnológicas (RENIECYT) de la SECIHTI de México con el folio: RENIECYT 2400068.

Transdigital®
revista científica

La revista científica *Transdigital* es una publicación semestral bajo el modelo de publicación continua, de manera que se reciben textos durante todo el año. Es editada por la Sociedad de Investigación sobre Estudios Digitales S.C. Evalúa los textos con el sistema de pares de doble ciego. Se admiten Artículos de investigación y Ensayos científicos originales.

El proceso de publicación es expedito y, en promedio, los textos se publican tres meses después de que han sido recibidos. El Consejo científico y el Comité editorial se compone por distinguidas y distinguidos académicos de talla nacional e internacional. Cuenta con la Reserva de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2022-020912091600-102, International Standard Serial Number (ISSN) 2683-328X, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor.

Hasta ahora, está indizada en Latindex, Dialnet, ERIHPLUS, REDIB, EuroPub, LivRe, AURA, Academic Resource Index (ResearchBib), MIAR, OpenAire-Explore, Refseek, Sherpa Romeo, Elektronische Zeitschriftenbibliothek, ZDB Zeitschriften Datenbank, WorldCat, Dimensions, The University of Liverpool, Discovery, Erasmus University Rotterdam, Mir@bel, REBIUN, DARDO, UOCI, LatinRev, ROAD, Google Scholar, Crossref, Scite, Lens, Internet Archive, BASE, etc.

El costo de publicación puede ser consultado en: www.revista.transdigital.mx