

## CONFIABILIDAD DE UNA METODOLOGÍA APLICABLE PARA LA MEDICIÓN DE CINEMÁTICA SIMPLE DEL PIE EN ADULTOS MAYORES AUTOVALENTES DE LA COMUNIDAD

Paul Medina-González<sup>1</sup>

### RESUMEN

**Objetivo:** determinar la confiabilidad inter-evaluador test-retest de una metodología aplicable para la medición de cinemática simple del pie (MCSP) en adultos mayores (AM) de la comunidad. **Material y método:** 72 AM autovalentes (EFAM-Chile >42 puntos), 56 mujeres (edad=69±4,9 años) y 16 hombres (edad=71±7,0 años), ejecutaron marcha confortable (MC) durante tres minutos en una pista de 40 metros. Por cada participante, se registraron cinco zancadas en video las que posteriormente se transformaron a fotogramas y se analizaron mediante un programa de libre acceso (TRACKER v4.8 para Windows). Los parámetros analizados fueron el mínimo despeje del pie (MPD) y máximo despeje del pie (MaxDP) para trayectoria, y en el caso de distancia, la longitud de zancada (LZ). Cada análisis involucró un protocolo propuesto por el autor. **Resultados:** el protocolo del MDP presenta un coeficiente de correlación intraclase (CCI) de 0,77 (CCI<sub>95%IC</sub>=0,55-0,89) con un error estándar de la medición (EEM) de 0,8 milímetros (mm), asociado a un error cercano al 50 % de la magnitud del resultado (MR). El MaxDP tiene un CCI=0,99 (CCI<sub>95%IC</sub>=0,98-0,99) con un EEM=0,3 mm y un error menor al 5 % de la MR. Por su parte, la LZ obtuvo un CCI=0,98 (CCI<sub>95%IC</sub>=0,96-0,99) con un EEM=10,5 mm y un error cercano al 10% de la MR, siendo las diferencias del test-retest dependientes de ella.

**Conclusiones:** se recomienda este protocolo para MCSP de MC, sin embargo, la calidad de la imagen y el número de fotogramas por segundo condicionan su ejecución para contextos de movimiento humano a altas velocidades.

**Palabras clave:** adulto mayor, confiabilidad de los resultados, fenómenos de biomecánica, marcha.

### RELIABILITY OF AN APPLICABLE METHODOLOGY FOR SIMPLE FOOT KINEMATIC MEASURING IN SELF-RELIANT SENIOR CITIZENS IN THE COMMUNITY

### ABSTRACT

**Objective:** To determine the test-retest inter-rater reliability of an applicable methodology for simple foot kinematic measuring (SFKM) in senior citizens in the community.

**Material and method:** 72 self-reliant senior citizens (EFAM-Chile >42 points), 56 women (age =69±4.9 years) and 16 men (age =71±7,0 years), executed comfortable gait (CG) for three minutes on a 40 meters track. For each participant, five strides were recorded in video which subsequently were transformed into frames and analyzed through a free access

<sup>1</sup> Académico Departamento de Kinesiología, Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad Católica del Maule. Correspondencia:

Prof. Paul Alejandro Medina González. Departamento de Kinesiología, Facultad de Ciencias de la Salud - Universidad Católica del Maule, Av. San Miguel N° 3605, Talca, Chile. Tel.: +56 71 203622; Fax: +56 71 203399. E-mail: pmedina@ucm.cl

program (TRACKER v4.8 for Windows). The parameters analyzed were the minimum foot clearance (MFC) and maximum foot clearance (MaxFC) per path, and in the case of distance, stride length (SL). Each analysis involved a protocol proposed by the author. **Results:** The MDP protocol presents an intra-class correlation coefficient (ICC) of 0,77 ( $CCI_{95\%IC}=0,55-0,89$ ) with a standard error of measurement (SEM) of 0,8 millimeters (mm), associated with nearly 50% of the result magnitude error (RME). The MaxDP has an ICC =0,99 ( $CCI_{95\%IC}=0,98-0,99$ ) with a SEM =0,3 mm and less than 5% of the

RME. Meanwhile, the LZ obtained an ICC =0,98 ( $CCI_{95\%IC}=0,96-0,99$ ) with a SEM =10,5 mm and a near 10% of the RME, the differences being test-retest dependent on it.

**Conclusions:** This protocol for CG SFKM is recommended. However, the image quality and the number of frames per second determine its execution in high speed human movement contexts..

**Key words:** senior citizen, reliability of results, biomechanical phenomena, gait.

## INTRODUCCIÓN

La transición demográfica hacia pirámides poblacionales envejecidas es una constante en países en vías de desarrollo (1), con tasas de prevalencia superiores al 11 % y un aumento sostenido de la esperanza de vida (2). Esta situación conlleva múltiples desafíos para las políticas públicas que aseguren un nivel de calidad de vida adecuado para grupos de personas vulnerables (3, 4). En este sentido, la proyección ideal del desarrollo humano para el grupo de adultos mayores (AM) apunta hacia el envejecimiento activo (5), lo que se traduce en menores tasas tanto de morbilidad como dependencia funcional.

El desplazamiento independiente mediante marcha bípeda se considera un hito motor (6, 7), el cual condiciona la capacidad de desempeñarse efectivamente tanto en aspectos personales como sociales (8). Esta situación resulta clave en los dos extremos del ciclo vital ya sea para la adquisición de esta en etapas tempranas (6), como en la mantención durante el estado avanzado dado por el proceso de envejecimiento (7). En este escenario, los AM de la comunidad necesitan la expresión de marcha sin riesgo de caídas,

independiente y efectiva, dado que la salud y calidad de vida dependen de la capacidad de moverse hábil y eficientemente (9).

Una de las formas más utilizadas en la clínica para caracterizar la expresión de marcha es la determinación de parámetros temporales y espaciales mediante cinemática, siendo la medición de velocidad y cadencia los recursos más utilizados (7, 10). Si bien, estas herramientas son de probada utilidad para el diagnóstico y pronóstico asociado a su expresión durante procesos de disfunción (11), resultan ser de baja especificidad cuando se requiere determinar una caracterización o fundamentar una intervención en sujetos que aún presentan una locomoción bípeda independiente y eficiente. Por otro lado, existen herramientas cinemáticas y cinéticas más específicas y sensibles a la manifestación temprana de disfunciones del movimiento asociadas a la expresión de marcha, en este contexto las técnicas de análisis del movimiento basadas en fotogrametría (12) y sensores inerciales (13) son las de mayor utilización en la actualidad como elementos de medición que involucran contextos de investigación y caracterización altamente especializada. No obstante, lo anterior, estas presentan una

limitada aplicabilidad clínica, pues dependen de organizaciones biomecánicas complejas, además de equipamiento y programas para traducir datos que requieren experticia procedimental, lo que se traduce en costos altos (14) e impacto negativo en la expresión de marcha funcional, dado que se impide el movimiento espontáneo y con intención (15). En este escenario, el concepto clinimetría ofrece a la práctica de un profesional que se desempeña en contextos clínicos, una visión acabada de lo que se entiende por un buen instrumento de medición, ya que no solo se enfoca en las propiedades de confiabilidad y validez, sino que considera tan importante la aplicabilidad clínica de este (16). Es por esta razón, que el propósito de la siguiente investigación es metodológico, pues se busca determinar la confiabilidad inter-evaluador test-retest de una metodología aplicable para la medición de cinemática simple del pie en adultos mayores autovalentes de la comunidad.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Participantes

Para este estudio de confiabilidad inter-evaluador test-retest, fueron seleccionados 72 AM pertenecientes a diversos clubes sociales de la comunidad de Talca-Chile, los cuales participaron posterior a la firma de un consentimiento informado. Los criterios de inclusión fueron controlados mediante la aplicación del Examen de Medicina Preventiva del Adulto Mayor (EMPAM) (17), al respecto se verificó lo siguiente: edad entre 60-75 años, normopeso o sobrepeso, según estratificación específica del AM, autovalentes según la Evaluación Funcional del Adulto Mayor-Chile (EFAM-Chile), nivel cognitivo normal (Test Minimental abreviado <13 puntos) y sin

depresión establecida (Escala de Yesavage <5 puntos). Por su parte, fueron excluidos los sujetos con enfermedades crónicas descompensadas, riesgo de caídas establecido (Pruebas "Estación Unipodal" e "Ir y venir" positivas, según norma EMPAM-Chile) (17), secuelas de enfermedades neurológicas o cardiovasculares y dolor moderado de miembros inferiores (EVA >3). Las características demográficas y antropométricas se presentan en la tabla 1, mientras que el estado funcional, cognitivo y emocional se expone en la tabla 2.

### Procedimiento

Posterior a la medición del estado funcional, antropométrico y fisiológico de los AM, se les solicitó que ejecutaran una marcha confortable durante tres minutos en un circuito elíptico de cuarenta metros (figura 1). Al respecto, se ubicó estratégicamente en una zona denominada "de registro", una cámara (Sony Handycam, modelo HDR-XR550) a una distancia de cuatro metros para la captura de un video de cada zancada (5 zancadas en total) ejecutada por el AM (figura 1). Una vez terminada la ejecución de la prueba, se controlaron variables fisiológicas y se guardaron en un computador portátil (TOSHIBA, modelo NB505-SP0115LL) para la correspondiente transformación a fotogramas de análisis (30 imágenes por segundo) mediante un programa de captura (Free Video to JPG Converter versión 5.0.22,2013, disponible en: <http://free-video-to-jpg-converter.softonic.com>). El análisis cinemático simple se desarrolló mediante un programa de libre acceso (TRACKER versión 4.8 para Windows, disponible en: <http://www.cabrillo.edu/~dbrown/tracker/>). La tabla 3 representa el protocolo general propuesto por el autor y la figura 2, contiene las imágenes correspondientes a los puntos clave de análisis.

**Tabla 1.** Características demográficas y antropométricas de los participantes ( $N_{TOTAL}=72$ ).

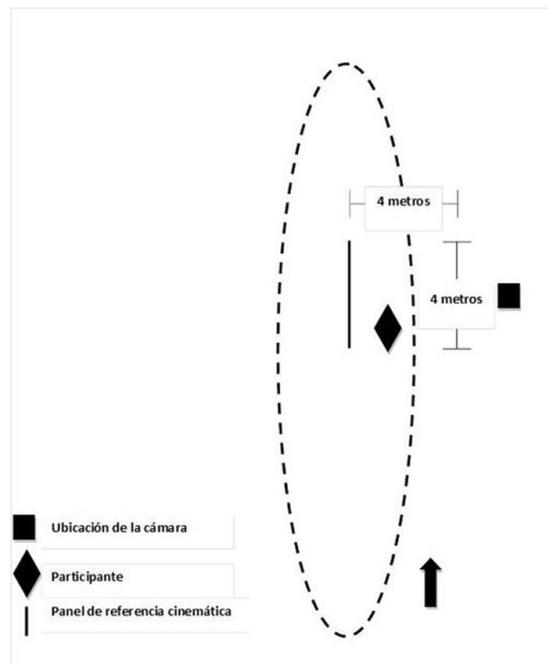
Género	n	Edad (años)	Peso (kilos)	Talla (metros)	IMC (Kilos/ m <sup>2</sup> )
F	56	69±4,9	71,2±11,4	1,52±0,05	30,8±4,5
M	16	71±7,0	80,6±12,6	1,66±0,07	29,2±3,9
Total	72	69±5,4	73,3±12,3	1,55±0,08	30,4±4,4

Los valores se expresan en promedios ± desviación estándar para cada variable.  
F= Femenino; M = Masculino y n = número de participantes por grupo.

**Tabla 2.** Características funcionales, cognitivas y emocionales de los participantes ( $N_{TOTAL}=72$ ).

Género	n	EFAM A (puntaje)	MMSE (puntaje)	EDG (puntaje)	TUG (s)	EUP D° (s)	EUP I° (s)
F	56	50±3,0	18±1,4	4±3,1	11,3±2,1	4,1±1,8	3,7±2,7
M	16	51±2,4	18±1,7	3±2,1	9,8±1,3	3,3±1,8	3,7±1,7
Total	72	51±2,9	18±1,5	4±2,9	11,0±2,1	3,9±1,8	3,7±2,5

Los valores se expresan en promedios ± desviación estándar para cada variable.  
F= Femenino; M = Masculino y n = número de participantes por grupo; EFAM A = Evaluación Funcional del Adulto Mayor parte A; MMSE = Examen cognitivo Minimal abreviado; EDG = Escala de Depresión Geriátrica; TUG = Test up and Go; EUP = Estación Unipodal; D° = apoyo de pierna derecha; I° = apoyo de pierna izquierda y s = segundos.



**Figura 1.** Esquema de la organización para el desarrollo de marcha confortable.  
Se aprecia el circuito elíptico de 40 metros y la Zona de registro.  
La flecha indica la dirección del movimiento. **Nota:** el esquema no está realizado a escala.

**Tabla 3.** Protocolo para la medición de cinemática simple de pie.

Etapa	Descripción de la metodología
1.	Abrir programa TRACKER
2.	Importar videos o imágenes para determinación de fotogramas, en este sentido, las imágenes consideran un plano sagital espacial.
3.	Establecer la BARRA DE CALIBRACIÓN (flecha bidireccional de color azul, en este caso la longitud horizontal de 1370 milímetros), la cual representa el ancho de un panel representado en el fondo (esta referencia la establece y pre-determina el evaluador). Esta determinación involucra la referencia para la transformación de pixeles a milímetros. <b>Figura 2.B</b>
4.	Determinar el punto de origen para inicio de secuencia x,y (0,0), según la relación entre la ubicación del pie derecho y el izquierdo, en tal sentido, cada vez que se registra el eje x de las coordenadas se debe alinear con la ubicación de los marcadores considerando siempre el borde inferior de cada marcador. El ángulo de inclinación considerará estas referencias. <b>Figura 2C</b>
5.	<b>(A).</b> Se identifica la etapa de la marcha correspondiente al <b>MDP</b> (balanceo terminal) o <b>MaxDP</b> (balanceo inicial) y se establece este fotograma como foco de análisis
6.	Se ajusta la pantalla con un zoom del 200%, para garantizar una sensibilidad de aproximadamente $\pm 1\text{mm}$ .
7.	<b>(A):</b> Seleccionar el ícono MOSTRAR/OCULTAR POSICIONES y se hace "click" con el botón primario del mouse junto con SHIFT en vértice ÁNTERO-INFERIOR del marcador posicionado a la altura del cuarto metatarsiano.
8.	Repetir el procedimiento 5 veces para cada MARCAJE, y trabajar con el promedio siempre y cuando el coeficiente de variación sea $\leq$ al 10%. En su defecto se repite el procedimiento.
9.	<b>B):</b> Seleccionar sucesivamente los íconos: TRAYECTORIA/NUEVO/HERRAMIENTA DE MEDIDA/CINTA MÉTRICA.
10.	<b>(B):</b> Ubicar la CINTA MÉTRICA (flecha bidireccional de color rojo) entre el vértice ÁNTERO-INFERIOR del marcador en el pie hasta el mismo vértice al finalizar el ciclo de marcha (operacionalización longitud de la zancada). Con este procedimiento se obtendrá la longitud de la zancada en milímetros. Cabe destacar, que la ubicación de la CINTA MÉTRICA debe considerar estar paralela ( $0^\circ$ ) en relación al eje "x" determinado en el punto 4. <b>Figura 2D</b>

**(A):** Etapas exclusivas para el MDP y MaxDP; **(B):** Etapa exclusiva la LZ.

**Nota 1:** El zoom de 200% garantiza coeficientes de variación de la medición menores al 10%.

**Fuente:** elaboración propia.

## Operacionalización de las variables cinemáticas

Se entiende por Mínimo Despeje del Pie (MDP) como la altura en milímetros (mm) entre el borde ántero-inferior del pie y el eje x de las coordenadas, el cual representa el suelo (figuras 2B, 2C y 3C). Este valor se pesquiza en la fase de balanceo tardío de la marcha, en este contexto, es el valor más cercano al suelo durante la trayectoria del pie en la fase de balanceo (18). El Máximo Despeje del Pie (MaxDP) representa la altura en mm entre el borde ántero-inferior del pie y el eje x de las coordenadas, el cual representa el suelo (figuras 2B, 2C y 3B). Este valor se pesquiza en la fase de balanceo temprana de la marcha, en este contexto es la máxima altura en relación al suelo durante la trayectoria del pie en la fase de balanceo (18). Se entiende por longitud de zancada (LZ) como la distancia en milímetros que utiliza un sujeto para el ciclo completo de marcha, la cual comprende el vértice ántero-inferior del marcador en el inicio y final de una zancada (10), figura 2D.

Del total de AM seleccionados, se analizaron para el desarrollo de la prueba de confiabilidad según la calidad de los fotogramas obtenidos de los videos, al respecto, el número de sujetos analizados fue de 34 para MDP, 63 en el caso del MaxDP y 66 para LZ.

### Análisis de datos

Para el análisis de la confiabilidad de marcación de los puntos cinemáticos se utilizó el Coeficiente de Correlación Intraclase modelo 3,5 ( $CCI_{3,5}$ ) con el intervalo de confianza del 95% ( $IC_{95\%}$ ), además se calculó el error estándar de la medición (EEM). Por su parte, el análisis de diferencias individuales se efectuó mediante el método de Bland y Altman (19). El nivel de significancia estadística se estableció en  $p \leq 0,05$ .

Para ejecutar el plan de análisis se utilizó el programa PASW Statistics versión 18.0, por su parte las gráficas se efectuaron con GraphPad Prism versión 5.0.

## RESULTADOS

Los AM que participaron en esta experiencia investigativa presentan una edad cercana a los 70 años, siendo levemente superior en el género masculino, por su parte, el estado nutricional da cuenta de sujetos normopeso y sobrepeso en ambos géneros, siendo más prevalente el sobrepeso en mujeres (tabla 1).

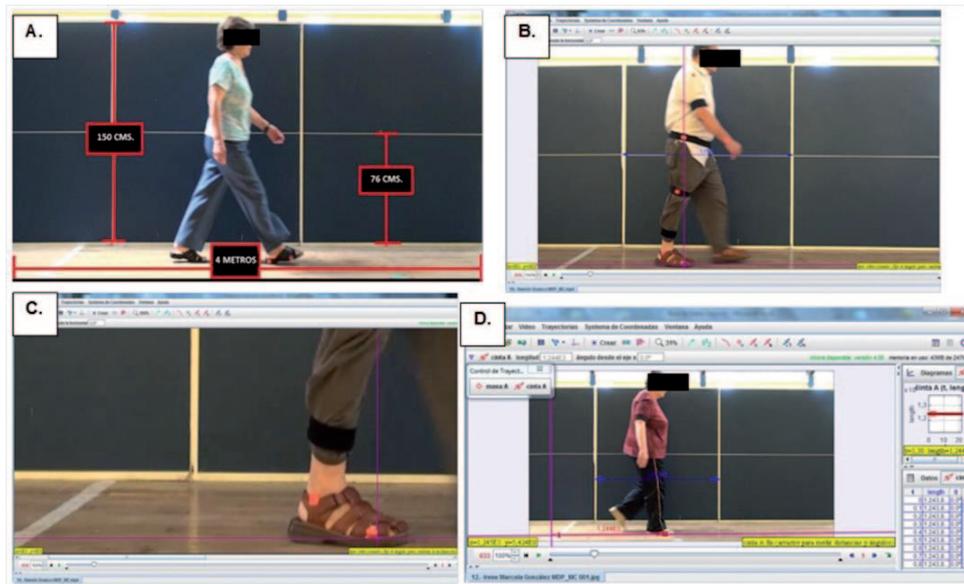
Desde el punto de vista funcional, los sujetos estudiados siempre se encontraban en la categoría de autovalentes según la parte A de EFAM Chile, además, no presentan formalmente riesgo de caídas según las pruebas funcionales complementarias (tabla 2). Del mismo modo, tanto el nivel cognitivo como el estado emocional se encuentran normales no existiendo diferencias significativas entre géneros (tabla 2).

Considerando la confiabilidad, los tres parámetros cinemáticos espaciales analizados presentan un comportamiento particular (tabla 4). El MDP tiene un CCI de 0,77 con un EEM de 0,8 mm lo que representaría cerca del 50 % de la magnitud del resultado promedio (aproximadamente 10 mm). El MaxDP tiene un CCI de 0,99 con un EEM de 0,3 mm lo que es menos del 1 % de la magnitud del resultado promedio (aproximadamente 100 mm). Por su parte, la LZ presenta un CCI de 0,98 con un EEM de 10,5 mm lo que da cuenta de menos del 1 % de la magnitud de resultado promedio (aproximadamente 1300 mm).

El análisis de diferencias de los resultados (test-retest) según su magnitud (promedio), se presenta el gráfico del método Bland y Altman (figura 4). Para el MDP, la diferencia entre el test y retest es de  $\pm 5$  mm lo que representa el  $\pm 50$  % de la magnitud del resultado (figura 4A). El MaxDP presenta una diferencia del test y retest de  $\pm 5$  mm lo que representa el  $\pm 5$  % de la magnitud del resultado (figura 4B). Cabe destacar que los resultados más altos se expresan en la primera medición, lo cual se refleja en la tendencia de los puntos sobre la línea correspondiente al cero

o acuerdo absoluto. Finalmente, la LZ presenta una diferencia del test y retest de  $\pm 100$  mm lo que representa el  $\pm 10$  % de la magnitud del resultado (figura 4C), es importante recalcar que

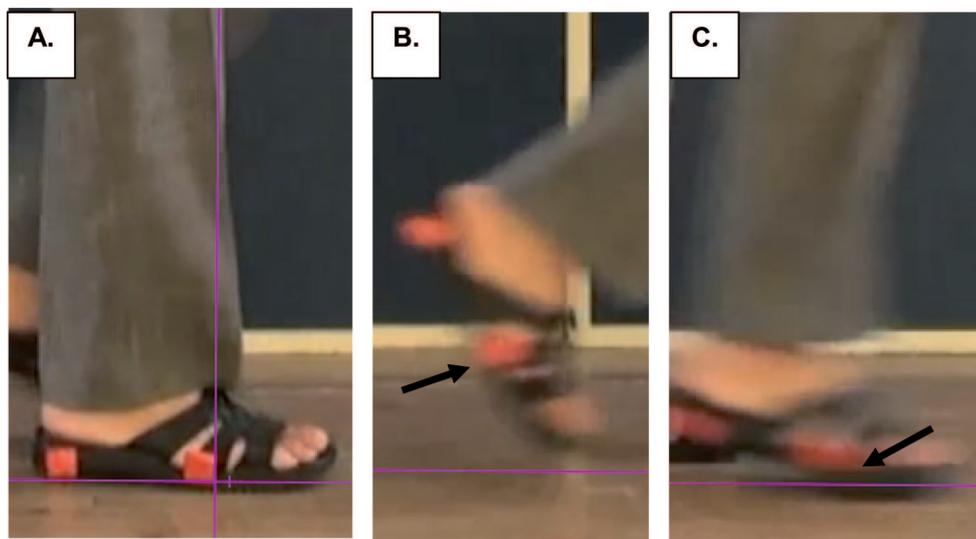
la magnitud del resultado tiende a representar un mayor acuerdo entre las dos mediciones efectuadas, esto es desde los 1500 mm.



**Figura 2.** Puntos claves para la ejecución del protocolo de análisis mediante programa TRACKER.

**A.** Puntos de referencia para el análisis cinemático simple de fotogramas. **B.** Línea de referencia (color azul y horizontal) y eje de coordenadas (ejes "x" e "y" de color morado).

**C.** Determinación de la coordenada (0,0). **D.** Determinación de LZ.



**Figura 3.** Fotogramas capturados para la medición cinemática del pie en AM. **A.** Posición neutra del pie. **B.** Máximo despeje del pie durante fase de balanceo inicial de la marcha. **C.** Máximo despeje del pie durante fase de balanceo tardío. Las flechas indican el lugar de marcaje cinemático.

## DISCUSIÓN

El primer desafío en todo proceso de medición es garantizar la confiabilidad del dato, es por esto que asegurar un comportamiento adecuado de esta propiedad resulta fundamental a la hora de emitir juicios o conclusiones (19). En este contexto, la medición de atributos mecánicos de la marcha, entendidos en la presente investigación como aspectos cinemáticos, cobra interés particular en su caracterización pertinente y válida, al respecto, los parámetros temporales y espaciales presentan experiencias tanto a nivel clínico (20) como disciplinar (12, 13, 21). El principal hallazgo de esta investigación metodológica fue la determinación de una estrategia aplicable para la caracterización cinemática de marcha mediante un programa de libre disposición en la red. En este escenario, la discusión comprende el comportamiento de los estadígrafos para la confiabilidad de los parámetros de trayectoria MDP, MaxDP y distancia LZ, los cuales han demostrado ser indicadores importantes para determinar de manera muy anticipada el riesgo de pérdida funcional para la marcha de AM autovalentes (10, 20).

### Mínimo despeje del pie

Si bien, el comportamiento de confiabilidad para el MDP obtuvo niveles aceptables (19), el intervalo de confianza no da cuenta de resultados consistentes (tabla 4). En este sentido, la comparación con los valores reportados por Karst et al. (22) son CCI mayores a 0,9; siendo muy inferior en el presente trabajo. Además, el análisis del EEM (tabla 4), refleja que el porcentaje de error que representa el rango total de expresión del indicador es alto (tabla 4) y el análisis de las diferencias individuales es mayor al 50 % (figura 4A), esta situación se podría explicar por la considerable velocidad al momento de capturar el fotograma de medición, la cual sería tres veces la velocidad del centro de masa (23), lo que dificulta la posibilidad de observar el fotograma de manera adecuada

para representar este punto en el marcador. De esta manera sería necesario en futuras investigaciones optimizar la captura de imagen para asegurar un error de medición menor a 0,1 mm. Complementando lo anterior, es importante destacar que la inclusión de sensores inerciales como estrategia valorativa complementaria optimizaría esta propuesta metodológica no solo para un punto de la trayectoria, como en la presente investigación, sino que además podría informar pertinentemente la curva completa de la trayectoria del pie durante el ciclo de marcha (13).

### Máximo despeje del pie

La medición de la trayectoria correspondiente al MaxDP representa una confiabilidad excelente (19) con un intervalo de confianza acotado, lo que garantiza la estabilidad del dato. Este resultado es muy concordante con experiencias previas las cuales, sin embargo, utilizan metodologías de trabajo más sofisticadas (22). Por otro lado, el análisis de las diferencias individuales (figura 4B) demuestra que la magnitud del resultado no interfiere en el acuerdo entre las dos mediciones, por lo que el método resulta concordante (19, 22). Por tanto, la aplicabilidad clínica de este parámetro de trayectoria del pie queda demostrada.

### Longitud de zancada

El cálculo de la LZ como parámetro de distancia representa una confiabilidad excelente con un intervalo de confianza acotado en ese margen (tabla 4). Al respecto, no se dispone de evidencia en la literatura que analice el comportamiento clinimétrico de esta medición cuantificada mediante marcaje de puntos, esto se puede deber a que este indicador dispone de innumerables alternativas para su determinación (10, 24). Por otro lado, el análisis de diferencias individuales muestra que la concordancia entre las dos mediciones efectuadas es convergente posterior a los 1500 mm (figura 4C), antes de esa magnitud de resultado se

aprecia una divergencia importante. En este sentido, existen experiencias investigativas que analizan métodos simples automáticos para la determinación de eventos de marcha y sus intervalos, el cual refleja errores cercanos al 10 % de la MR (25). El comportamiento divergente de la diferencia entre evaluadores en rendimientos bajos se podría explicar debido a que la medición

contempla solo el plano sagital espacial y no considera el desplazamiento del sujeto en un plano transversal durante pasos sucesivos. De esta manera, los sujetos con menores distancias de zancadas podrían manifestar una marcha más variable en la utilización del espacio considerando los tres planos fundamentales.

**Tabla 4.** Confiabilidad Inter-evaluador del atributo mecánico de marcha confortable (k=5).

Atributo Mecánico	n	CCI (3,5)	CCI (3,5) IC <sub>95%</sub>	EEM (mm)	p
MDP	34	0,77	0,55-0,89	0,8	***
MaxDP	63	0,99	0,98-0,99	0,3	***
LZ	66	0,98	0,96-0,99	10,5	***

n = número de sujetos participantes y k = número de mediciones por cada evaluador. CCI = Coeficiente de Correlación Intraclase modelo (3, 5), este modelo se basa en que cada sujeto es medido por cada evaluador (E1 y E2), siendo estos designados por conveniencia. El cálculo de confiabilidad se efectuó con el valor promedio de 5 mediciones. IC<sub>95%</sub> = Intervalo de confianza para el 95 %.

Cálculo de CCI basado en un ANOVA de dos vías mixto para medidas promedio. \*\*\*p<0,001.

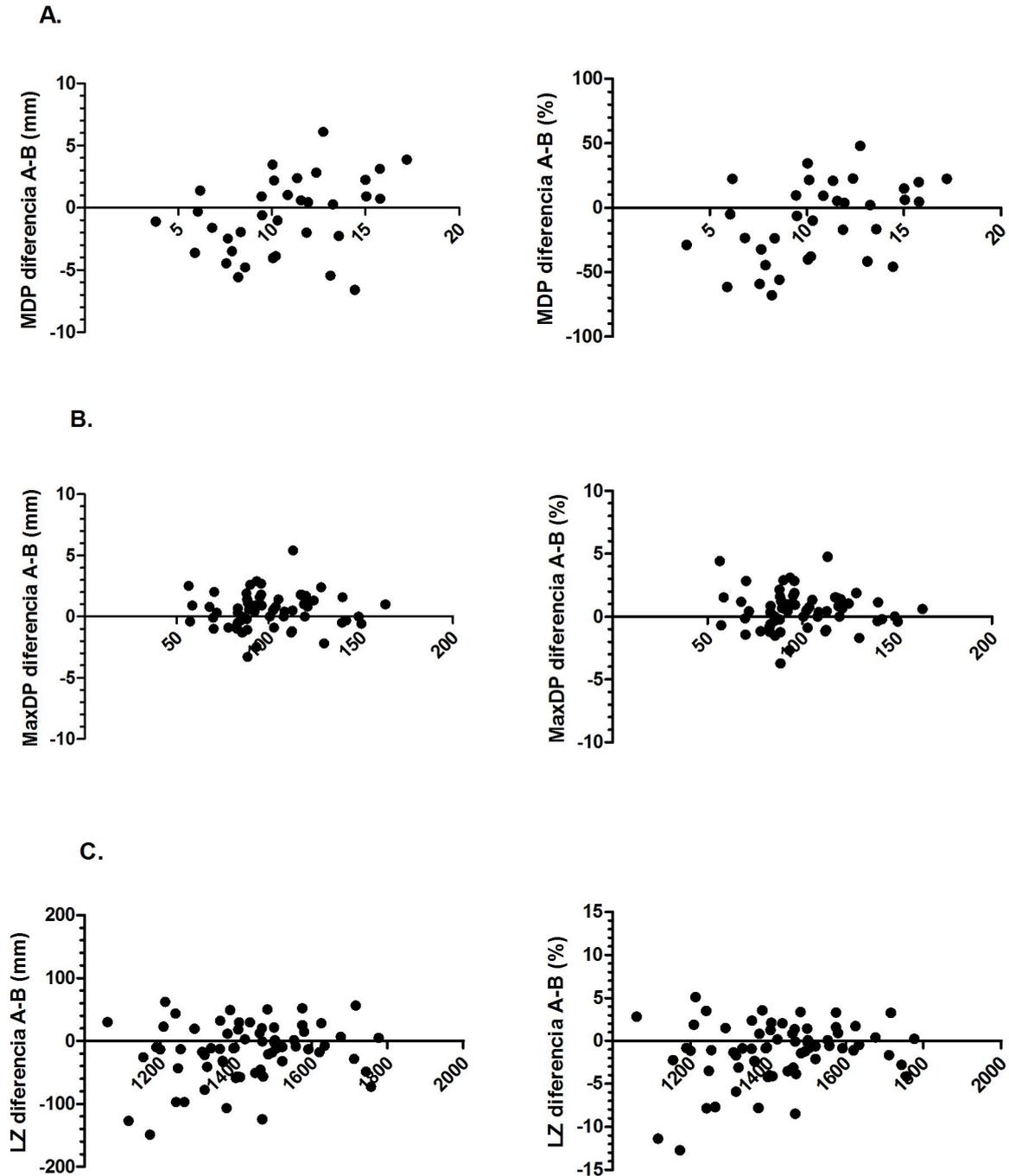
### Implicaciones profesionales

La utilidad de este método para la medición de cinemática simple considerando trayectoria y distancias queda demostrada en contextos particulares al comportamiento del pie durante marcha confortable en AM. Sin embargo, es necesario explorar esta propuesta en el análisis del comportamiento de diferentes segmentos corporales en contextos funcionales tales como: carrera, salto y cinemática ventilatoria, considerando la demografía como factor y la postulación de datos normativos como intención.

Establecer una propuesta metodológica que da cuenta de problemáticas que tienen el

movimiento humano como objeto de estudio, hace necesario reflexionar acerca de la necesidad que impone establecer una profesión con paradigma propio, al respecto, la utilidad de programas informáticos que tienen en primera instancia otro propósito hace fundamental el diálogo entre disciplinas.

Se recomienda este método para su utilización en contextos cinemáticos que comprenden el análisis de distancias y trayectorias, sin embargo, la calidad de la imagen y el número de fotogramas por segundo condicionan su ejecución para contextos de movimiento ejecutados a una velocidad mayor que la del centro masa durante marcha confortable.



**Figura 4.** Análisis de la diferencias individuales para el test-retest (A-B eje “y”) asociado a la magnitud del resultado (eje “x”), mediante el método de Bland y Altman. **A.** Diferencia en mm y porcentual para el MDP. **B.** Diferencia en mm y porcentual para MaxDP. **C.** Diferencia en mm y porcentual para la LZ. El punto ubicado sobre la línea del cero indica acuerdo absoluto entre las dos mediciones.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Chackiel J. La dinámica demográfica de América Latina. Serie población y desarrollo – Comisión Económica para América Latina y el Caribe [Internet]. Disponible en: URL:<http://www.eclac.cl/cgi-bin/getProd.asp?xml=/publicaciones/xml/0/14860/P14860.xml&xsl=/celade/tpl/p9f.xsl&base=/celade/tpl/top-bottom.xsl>. Consultado Enero de 2014.
2. Huenchuan S. La protección de salud en el marco de la dinámica demográfica de los derechos. Serie población y desarrollo – Comisión Económica para América Latina y el Caribe [Internet]. Disponible en: URL:[http://www.eclac.org/cgi-bin/getProd.asp?xml=/publicaciones/xml/3/43173/P43173.xml&xsl=/publicaciones/ficha-i.xsl&base=/publicaciones/top\\_publicaciones-i.xsl](http://www.eclac.org/cgi-bin/getProd.asp?xml=/publicaciones/xml/3/43173/P43173.xml&xsl=/publicaciones/ficha-i.xsl&base=/publicaciones/top_publicaciones-i.xsl). Consultado Enero de 2014.
3. Mora T, González P. El SENAMA y las políticas públicas para el adulto mayor. SENAMA – Programa de seguridad social No. 3 [Internet]. Disponible en: URL:<http://www.ciedessweb.cl/ciedess/attachments/article/193/3.%20El%20Senama%20y%20las%20Pol%20C3%ADticas%20P%20C3%BAblicas.pdf>. Consultado Enero de 2014.
4. Arai H, Ouchi Y, Yokode M, Ito H, Uematsu H, Eto F. et al. Toward the realization of a better aged society: Messages from gerontology and geriatrics. *Geriatr Gerontol Int*. 2012; 12 (1): 16-22.
5. Abdullah B, Wolbring G. Analysis of Newspaper Coverage of Active Aging through the Lens of the 2002 World Health Organization Active Ageing Report: A Policy Framework and the 2010 Toronto Charter for Physical Activity: A Global Call for Action. *Int J Environ Res Public Health*. 2013; 10 (12): 6799-6819.
6. Hausdorf JM, Zeman L, Peng CK, Golderger L. Maturation of gait Dynamics: Stride to stride variability and this temporal organization in children. *J Apply Physiol*. 1999; 86 (3): 1040-7.
7. Bohannon R, Andrews W. Normal walking speed: A descriptive meta-analysis. *Physiotherapy* 2011; 97: 182-189.
8. Hislop H. The not-so-impossible dream. Tenth Mary McMillan Lecture. *Phys Ther*. 1975; 55 (1): 1069-1079.
9. University of Southern California – Division of physical therapy and biokinesiology. Fundamental principles of Biokinesiology [Internet]. Disponible en: URL:[http://pt.usc.edu/Education/Programs/Biokinesiology/About\\_Biokinesiology/](http://pt.usc.edu/Education/Programs/Biokinesiology/About_Biokinesiology/). Consultado Enero 2014.
10. Hollman J., McDade E., Petersen R. Normative spatiotemporal gait parameters in older adults. *Gait & Posture* 2011; 34: 111-8.
11. Fritz S, Lusardi M. White paper: "Walking speed: The sixth vital sign". *J Geriatr Phys Ther*. 2009; 32 (2): 46-9.
12. Cappozzo A, Della Croce U, Leardini A, Chiari L. Human movement analysis using stereophotogrammetry. Part 1: Theoretical background. *Gait & Posture* 2005; 21 (2): 186-96.
13. Muro-de-la-Herran A, Garcia-Zapirain B, Mendez-Zorrilla A. Gait analysis methods: An overview of wearable and non-wearable systems, highlighting clinical applications. *Sensors (Basel)* 2014; 14 (2): 3362-94.
14. Chiari L, Della Croce U, Leardini A, Cappozzo A. Human movement analysis using stereophotogrammetry. Part 2: instrumental errors. *Gait & Posture* 2005; 21 (2): 197-211.
15. Medina P, Rebolledo I, Escobar M. Operacionalización del Modelo Función Disfunción. Un acercamiento hacia la pretensión de la autonomía profesional. *Kinesiología* 2011; 30 (3): 46-57.
16. Feinstein AR. An additional basic science for clinical medicine: IV. The development of clinimetrics. *Ann Intern Med*. 1983; 99 (6): 843-8.
17. Ministerio de Salud Chile. Programa de Salud del Adulto Mayor. División de Prevención y Control de Enfermedades. Subsecretaría de Salud Pública. Manual de Aplicación del Examen de Medicina Preventiva del Adulto Mayor (EMPAM). [Internet]. Disponible en: URL:[http://www.saludhiggins.cl/attachments/314\\_Instructivo%20del%20Control%20de%20Salud%200107.pdf](http://www.saludhiggins.cl/attachments/314_Instructivo%20del%20Control%20de%20Salud%200107.pdf). Consultado Enero 2014.

18. Winter DA. Foot trajectory in human gait: A precise and multifactorial motor control task. *Phys Ther.* 1992; 72 (1): 45-53.
19. Portney LG, Watkins MP. *Foundations of clinical research: Applications to practice.* Second Edition. New Jersey: Prentice-Hall Inc.; 2000.
20. Hamacher D, Singh NB, Van Dieën JH, Heller MO, Taylor WR. Kinematic measures for assessing gait stability in elderly individuals: a systematic review. *J R Soc Interface.* 2011; 8 (65): 1682-98.
21. Saibene F, Minetti A. Biomechanical and physiological aspects of legged locomotion in humans. *Eur J Appl Physiol* 2003; 88: 297-316.
22. Karst GM, Hageman PA, Jones TF, Bunner SH. Reliability of foot trajectory measures within and between testing sessions. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* 1999; 54 (7): M343-7.
23. Khandoker AH, Lynch K, Karmakar CK, Begg RK, Palaniswami M. Toe clearance and velocity profiles of young and elderly during walking on sloped surfaces. *J Neuroeng Rehabil.* 2010; 28: 7-18.
24. Villa A, Gutiérrez E, Pérez J. Consideraciones para el análisis de la marcha humana. Técnicas de videogrametría, electromiografía y dinamometría. *Revista Ingeniería Biomédica* 2008; 2 (3): 16-26.
25. Ghousayni S, Stevens C, Durham S, Ewins D. Assessment and validation of a simple automated method for the detection of gait events and intervals. *Gait Posture.* 2004; 20 (3): 266-72.