

Reserva funcional en adultos mayores autovalentes: una estimación de la velocidad y el costo fisiológico de marcha

Functional reserve in functionally independent elderly persons: a calculation of gait speed and physiological cost

Paul Medina González¹
Rodrigo Muñoz Cofré¹
Máximo Escobar Cabello¹

ARTIGOS ORIGINAIS / ORIGINAL ARTICLES

Resumen

Objetivo: Analizar el comportamiento del porcentaje de reserva funcional (%RF) en adultos mayores (AM) autovalentes considerando la velocidad y el costo fisiológico de marcha. **Métodos:** Participaron en este estudio observacional y transversal 53 AM autovalentes, 40 mujeres (edad $69,4 \pm 4,7$ años; IMC $31,2 \pm 4,3$ kg/m²) y 13 hombres (edad $70,8 \pm 7,2$ años; IMC $28,7 \pm 3,5$ kg/m²). Se solicitó a los participantes la ejecución de marcha confortable (MC) y posteriormente marcha máxima (MM). Ambas modalidades fueron desarrolladas en un circuito elíptico de 70 metros durante tres minutos, registrándose la distancia recorrida y frecuencia cardíaca de trabajo, para el correspondiente cálculo de la velocidad promedio de marcha (VPM), índice de costo fisiológico (ICF) y porcentaje de la frecuencia cardíaca de trabajo utilizada (%FCRu). Con esta información se determinó el %RF mediante la relación porcentual entre el rendimiento de VPM, ICF y %FCRu para condiciones de marcha confortable versus de máxima exigencia. **Resultados:** El %RF asociado a la VPM es significativamente superior en el género masculino ($p = 0,017$), alcanzando valores de $\pm 20\%$ en la mayoría de los sujetos. Considerando el %RF fisiológica, esta es $\approx 30\%$ para el ICF tanto en hombres como mujeres ($p = 0,156$), en el caso del %FCRu es $\approx 40\%$ en el género femenino y $\approx 45\%$ en el masculino ($p = 0,131$). **Conclusión:** La VPM es un indicador crítico del umbral de funcionalidad para determinar la RF en AM autovalentes chilenos.

Abstract

Aim: To analyze the behavior of functional reserve percentage (% FR) by gender in functional elderly persons, considering speed and the physiological cost of gait. **Methods:** A total of 53 self-reliant elderly persons, 40 of whom were women (age 69.4 ± 4.7 years old; BMI 31.2 ± 4.3 kg/m²) and 13 of whom were men (age 70.8 ± 7.2 years old; BMI 28.7 ± 3.5 kg/m²) participated in an observational and cross-sectional study. Participants were requested to walk at comfortable (CG) and maximum gait (MG). Both modalities were performed on a 70 meter elliptical circuit over three minutes. Distance and working heart rate were recorded for the corresponding calculation of average gait speed (AGS),

Palabras claves: Actividades Cotidianas; Aptitud Física; Marcha; Caracteres Sexuales; Envejecimiento.

Key words: Activities of Daily Living; Physical Fitness; Gait; Sex Characteristics; Aging.

1 Universidad Católica del Maule, Facultad de Ciencias de la Salud, Departamento de Kinesiología, Talca-Chile.

Correspondência/Correspondence

Paul Medina González;

Correo electrónico: pmedina@ucm.cl

physiological cost index (PCI) and used working heart rate percentage (% uWHR). With this information the FR% was determined by the percentage ratio with AGS, PCI and %uWHR under comfortable versus maximum demand walk conditions. *Results:* The association between %FR and AGS was significantly higher in males ($p = 0.017$), reaching values of $\pm 20\%$ in most subjects. The physiological %FR for PCI was $\approx 30\%$ in both men and women ($p = 0.156$), while for % uWHR was $\approx 40\%$ in females and $\approx 45\%$ in males ($p = 0.131$). *Conclusion:* AGS is a critical threshold functionality indicator to determine FR in functionally independent Chilean elderly persons.

INTRODUCCIÓN

Durante los últimos años, las estadísticas poblacionales de los países que se encuentran en vías de desarrollo han traducido un evidente proceso de transición demográfica,¹ el que conlleva un incremento significativo en la cantidad de personas mayores de 60 años. Asimismo, las proyecciones porcentuales de este grupo etario indican que para el año 2025 en la mayoría de los países latinoamericanos se alcanzarán los dos dígitos e incluso en países tales como Uruguay, Cuba y Chile esta cifra bordeará el 20%.² De esta manera, es preponderante la incorporación de reflexiones académicas para fundamentar decisiones políticas, con el propósito de garantizar el bienestar y calidad de vida de los adultos mayores (AM) pertenecientes a la región.

El envejecimiento es definido como un proceso extremadamente complejo y multifactorial,³ el cual se caracteriza por continuos cambios universales, progresivos e irreversibles, los que a su vez se encuentran condicionados por factores ambientales, sociales, educacionales y económicos.⁴ En este escenario, el principal indicador de calidad de vida y salud en AM es la capacidad funcional,⁵ la que en sus diversos contextos requiere de la expresión hábil y eficiente de la locomoción bípeda comprendida como un hito motor humano.⁶

Dentro de las formas más documentadas para caracterizar la marcha en AM se encuentran la medición de la velocidad^{7,8} y el costo del transporte.^{6,9} En el contexto de la primera estrategia de medición, destaca la propuesta de Bohannon en la cual se analizan valores de referencia y determinantes para condiciones confortables y máximas,⁸ generación de conocimiento que abre

la posibilidad de establecer un rango de acción para la expresión funcional. Desde el punto de vista del análisis del costo energético asociado a la marcha, si bien en la actualidad se utiliza al consumo de oxígeno como indicador de resultado *gold estándar*,⁹ esta herramienta presenta la dificultad de alterar su rendimiento y patrón cinemático.¹⁰ En este escenario, existen propuestas aplicables para caracterizar el costo de marcha mediante el comportamiento de la frecuencia cardíaca (FC), considerando su porcentaje de utilización como un traductor de la intensidad de ejercicio.¹¹ Complementariamente, MacGregor, durante el año 1981, propuso al Índice de Costo Fisiológico (ICF) como un indicador mixto para traducir el costo del transporte mediante la relación entre la FC de trabajo y la velocidad de marcha.¹² En este contexto, se sabe que la carga principal para la expresión de funcionalidad en AM es el denominado “síndrome de fragilidad”, el cual se asocia principalmente al deterioro sistemático de la masa y fuerza muscular con la consecuente disminución en la efectividad motora para el desarrollo de la marcha, siendo su velocidad un indicador fenotípico del estado de fragilidad,¹³ además de ser declarado como el sexto signo vital para el análisis funcional de AM.⁷

Dentro de este escenario conceptual, se ha descrito en la literatura que existirían umbrales o “mínimos aceptables” para la expresión de funcionalidad en AM, destacando para esto el análisis del rendimiento muscular mediante torque en miembros inferiores y la capacidad aeróbica.⁹ Complementariamente, Arnett *et al.*, introducen el concepto de *Reserva Funcional* (RF),¹⁴ el cual se define como la diferencia entre la máxima capacidad física o mental de un constructo y el mínimo necesario para lograr efectuar la función cotidiana. En tal

sentido y considerando la importancia funcional de la expresión hábil y eficiente del movimiento humano, los principios declarados en la teoría del movimiento continuo¹⁵ confirman que la expresión efectiva de funcionalidad depende, durante todo el ciclo vital, de una diferencia sistemática entre la capacidad máxima y corriente de movimiento. Cabe destacar que el género condicionaría la amplitud de la RF traduciéndose este fenómeno en mayores tasas de dependencia de AM pertenecientes al femenino.¹⁶

Si bien se ha investigado acerca de la RF en AM con diferentes morbilidades sistémicas dadas principalmente por cargas oncológicas¹⁷ y renales,¹⁸ existe escasa información de lo que ocurre en sujetos que expresan un envejecimiento exitoso. Al respecto, las baterías de valoración en AM se han enfocado de manera preferencial en el máximo rendimiento físico y fisiológico, sin considerar el análisis de contextos funcionales para condiciones naturales o confortables.

Entregados estos antecedentes, el propósito de la presente investigación es evaluar el comportamiento del porcentaje (%) de RF en AM autovalentes, considerando la diferencia entre MM versus condiciones de confortabilidad para indicadores de velocidad y costo fisiológico.

METODOLOGÍA

Participantes

Para el desarrollo de esta investigación observacional y de temporalidad transversal, participaron mediante un muestreo no probabilístico por conveniencia 53 AM (40 mujeres) provenientes de cuatro clubes sociales de la comunidad de Talca-Chile, los que se contactaron mediante entrevista

personal entre el investigador responsable y los dirigentes formales. Posteriormente se reclutaron los participantes en el mes de enero del año 2014, solicitándose que asistieran a las mediciones con ropa cómoda y calzado habitual, para luego ser evaluados durante el mes de febrero del mismo año en jornadas matutinas (09:00-11:30 horas) desarrolladas en dependencias de la Universidad Católica del Maule, finalizando en su totalidad las pruebas solicitadas para esta investigación. Antes de comenzar con las mediciones, cada uno de los participantes firmó un consentimiento informado el cual fue aprobado por el Comité de Ética Científica de la Universidad Católica del Maule (*informe de seguimiento N°2/2014*). La monitorización de los criterios de selección y las mediciones de las variables de estudio fueron ejecutadas por dos kinesiólogos (fisioterapeutas) con formación específica en el área gerontológica. Los criterios de inclusión se controlaron mediante la aplicación del Examen de Medicina Preventiva del Adulto Mayor (EMPAM),¹⁹ verificando edad entre 60-75 años, antropometría específica de normopeso o sobrepeso (categorización específica para AM, según IMC; estadímetro DETECTO, modelo 2392), autovalentes según la Evaluación Funcional del Adulto Mayor-Chile, parte A (EFAM-Chile), nivel cognitivo normal (Test Minimental abreviado ≥ 13 puntos) y sin depresión establecida (Escala de *Yesavage* < 5 puntos).¹⁹ Fueron excluidos los sujetos con enfermedades crónicas descompensadas, riesgo de caídas (pruebas Estación Unipodal y *Timed up and Go* positivas),¹⁹ secuelas de enfermedades neurológicas o cardiovasculares y dolor moderado-severo de miembros inferiores (escala visual análoga > 3 puntos).

Las características demográficas, antropométricas y funcionales se presentan en la tabla 1.

Tabla 1. Características generales de los participantes (N=53). Talca, Región del Maule, Chile, 2014

Grupo Análisis	N	Edad (años)	Masa (kilos)	Estatura (metros)	IMC (Kilos/m ²)	EFAM A (puntaje)	MMSE (puntaje)	Escolaridad (años)
Total	53	69,8 ± 5,4	73,7 ± 11,9	1,55 ± 0,08	30,6 ± 4,3	51 ± 3	17,9 ± 1,3	10,1 ± 3,5
F	40	69,4 ± 4,7	72,0 ± 11,7	1,52 ± 0,05	31,2 ± 4,3	50 ± 3	17,9 ± 1,2	10,0 ± 3,5
M	13	70,8 ± 7,2	79,1 ± 11,4	1,66 ± 0,07	28,7 ± 3,5	51 ± 2	18,1 ± 1,2	10,4 ± 3,7
Valor p		0,396	0,045	< 0,001	0,050	0,353	0,712	0,724

La tabla representa el comportamiento de variables demográficas, antropométricas y funcionales de los participantes. Los valores se expresan en promedios ± 1 desviación estándar para cada variable. F= femenino; M = masculino; n = número de participantes por grupo; IMC = índice de masa corporal y EFAM A = Evaluación Funcional del Adulto Mayor parte A.

Procedimiento

La caracterización antropométrica básica contempló la medición de masa corporal y estatura en posición bípeda, sin calzado y conservando el borde inferior de la órbita en el mismo plano que el conducto auditivo externo (plano de *Frankfurt*). El estado nutricional se estableció mediante las categorizaciones específicas para población de AM.¹⁹

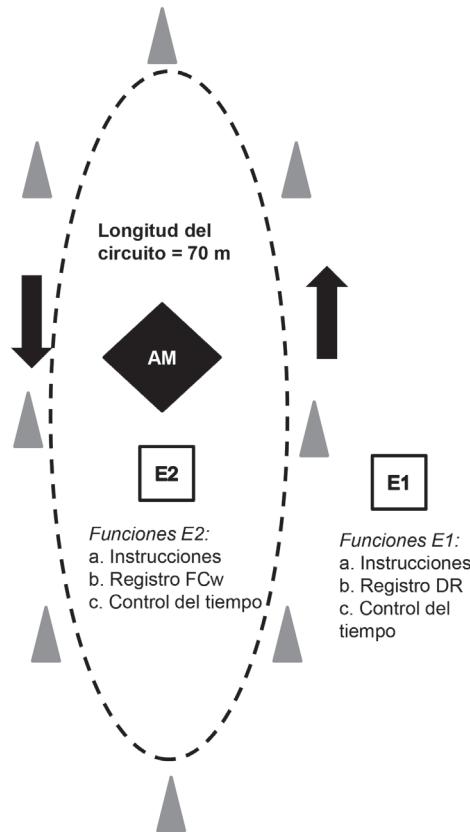
La evaluación del estado fisiológico y perceptivo de reposo se efectuó posterior al posicionamiento en decúbito supino durante cinco minutos contemplando la medición de la FC (latidos por minuto; telémetro Polar®, FS3 GRY, USA/CAN), frecuencia respiratoria (FR; ciclos ventilatorios por minuto según inspección visual), presión arterial sistólica y diastólica (PAS, PAD;

esfingomanómetro digital, Omron, modelo Hem-7114), dolor (Puntaje 0-10, Escala Visual Análoga) y la sensación subjetiva de fatiga (SSF, Escala de Borg modificada)²⁰, tabla 2. Posterior a este análisis, se solicitó a los participantes la ejecución de marcha independiente en dos modalidades específicas, la primera denominada marcha confortable (MC; velocidad habitual o natural) para luego de verificar la recuperación fisiológica y perceptual en posición sedente (tiempo medio de reposo = 3 ± 3 minutos), desarrollar marcha máxima (MM; velocidad de mayor exigencia o máxima). En este contexto, ambas modalidades fueron ejecutadas durante tres minutos en un circuito elíptico de superficie homogénea comprendido por una longitud de 70 metros (figura 1). Esta temporalidad para la ejecución de marcha se ha establecido como suficiente para alcanzar el estado estacionario fisiológico en AM de la comunidad.¹⁰

Tabla 2. Características fisiológicas y perceptuales de reposo de los participantes (N=53). Talca, Región del Maule, Chile, 2014.

Grupo análisis	N	FC (lat/min)	FR (v/min)	PAS (mm Hg)	PAD (mm Hg)	Dolor (0-10)	SSF (0-10)
Total	53	69 ± 10	17 ± 4	139 ± 20	75 ± 10	0 (0-3)	0 (0-0)
F	40	69 ± 9	17 ± 4	136 ± 18	74 ± 9	0 (0-3)	0 (0-0)
M	13	69 ± 12	17 ± 3	151 ± 20	80 ± 11	0 (0-0)	0 (0-0)
Valor p		0,962	0,646	0,011	0,062	0,057	0,154

Los valores se expresan en promedios ± 1 desviación estándar para cada variable. El dolor y sensación subjetiva de fatiga se presentan mediante mediana y en paréntesis el valor mínimo y máximo obtenido. F= femenino; M = masculino; n = número de participantes por grupo. FC = frecuencia cardíaca; FR = frecuencia respiratoria; PAS = presión arterial sistólica; PAD = presión arterial diastólica; SSF = sensación subjetiva de fatiga; lat = latidos; v = ventilaciones y min = minuto.



La línea discontinua representa el circuito. E1 = evaluador 1, E2 = evaluador 2, AM = adulto mayor participante, FCw = frecuencia cardiaca de trabajo y DR = distancia recorrida. Las flechas negras indican la dirección del movimiento y los triángulos grises representan los conos de demarcación del circuito. **Nota:** la demarcación no está desarrollada a escala.

Figura 1. Planificación del circuito elíptico correspondiente a la ejecución de MM y MC. Talca, Región del Maule, Chile, 2014.

Dos evaluadores (E1 = evaluador 1; E2 = evaluador 2) desarrollaron el procedimiento de medición. El E1 registró la distancia recorrida (DR; observación de marcaje metro a metro del circuito), mientras que el E2 la FC de trabajo (FCw) inmediatamente al finalizar la prueba. Con esta información, se determinó el comportamiento de los indicadores de velocidad y costo fisiológico para ambos tipos de marcha mediante las siguientes fórmulas de cálculo:

a) velocidad promedio de marcha (VPM):

$$\text{VPM (m/s)} = \text{DR} / 180$$

En donde, DR en metros y 180 en segundos.

b) índice de costo fisiológico (ICF)¹²:

$$\text{ICF (lat/m)} = (\text{FCw} - \text{FCb}) / v$$

En donde, FCw en latidos/minuto; FCb en latidos/minuto y v = velocidad de marcha en metros/minuto.

c) porcentaje de la frecuencia cardiaca de reserva utilizada (%FCRu)¹¹:

$$\% \text{FCRu} = 100 * (\text{FCw} - \text{FCb}) / [(220 - \text{edad}) - \text{FCb}]$$

En donde, edad en años, FCw en latidos/minuto y FCb en latidos/minuto.

Determinación del Porcentaje de Reserva Funcional

La RF se determinó mediante la relación porcentual entre el indicador de análisis (VPM, ICF y %FCRu) en una máxima exigencia (MM) versus condiciones confortables (MC), modificada de la propuesta desarrollada por *Hashidate & Uchiyama* durante el año 2007.²¹ En este contexto la fórmula general de cálculo fue la siguiente:

$$\%RF = 100 - [(RMC/RMM) * 100]$$

En donde, %RF: porcentaje de la reserva funcional; RMC: rendimiento marcha confortable; RMM: rendimiento marcha máxima. Los indicadores de rendimiento para el cálculo del %RF asociado a la VPM, %FCRu y el ICF fueron analizados con las mismas unidades de medición descritas anteriormente.

Análisis estadístico

El contraste de normalidad para las variables de análisis se efectuó mediante la prueba *Shapiro-Wilk*. El manejo descriptivo de las variables fue mediante promedio \pm desviación estándar y, en el caso de la estimación según género de las variables primarias de estudio, se complementó con intervalos de confianza del 95% (IC_{95%}). La comparación de los indicadores VPM e ICF según género se desarrolló mediante la prueba *t de Student* para muestras independientes, mientras que el %FCRu fue con la prueba *U Mann Whitney*. Por su parte, la comparación del %RF de la velocidad y costo fisiológico de marcha según género se utilizó la prueba *U Mann Whitney*.

El nivel de significancia estadística se estableció en un $p < 0,05$. En relación a los programas que se utilizaron para el análisis de los datos, la estadística descriptiva e inferencial fue desarrollada mediante *GraphPad Prism* versión 5 (GraphPad Software Inc., San Diego, CA, EUA).

RESULTADOS

Las características generales de los participantes descritas en la tabla 1 denotan un rango etario que comprende mayoritariamente los 65 a 75 años, no siendo diferentes según género ($p = 0,396$). Por su parte, el estado nutricional representa para ambos grupos operacionalizados una estratificación específica de normopesos en su límite superior ($p = 0,050$). Desde el punto de vista funcional, los sujetos evaluados se categorizan en su totalidad como autovalentes según EFAM-Chile, teniendo una puntuación similar de acuerdo al género ($p = 0,353$). Además, el nivel cognitivo presenta una categorización de normalidad y el tiempo de escolaridad se traduce en un nivel de enseñanza media incompleta, no difiriendo en ambos casos según género.

Las características fisiológicas y perceptuales de base de los participantes expuestas en la tabla 2 cumplen con lo declarado en los criterios de selección, representando en ambos grupos una estabilidad aceptable; solo la presión arterial sistólica fue significativamente superior en el género masculino ($p = 0,011$). Las percepciones de dolor y fatiga no superan la caracterización leve, siendo similares según género.

La tabla 3 muestra el comportamiento de los rendimientos de MC y MM asociados a velocidad y costo fisiológico. En este sentido, la VPM es significativamente superior en el género masculino, tanto para condiciones confortables ($p = 0,027$) como máximas ($p < 0,001$). Al explorar los comportamientos de género, el costo de la marcha mediante la medición del ICF es significativamente mayor en el género femenino para MC ($p = 0,007$) como MM ($p = 0,008$). Por su parte, el comportamiento del %FCRu no difiere según género.

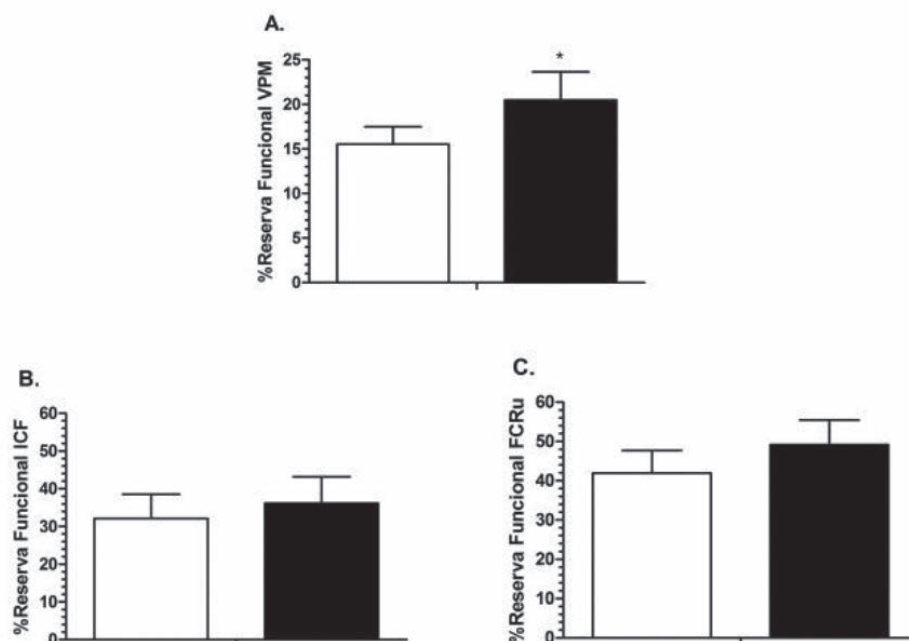
Tabla 3. Comportamiento de la velocidad y el costo fisiológico de marcha confortable y máxima (N=53). Talca, Región del Maule, Chile, 2014

MODALIDAD		Marcha confortable			Marcha Máxima		
Grupo Análisis	N	VPM (m/s)	ICF (lat/m)	FCRu (%)	VPM (m/s)	ICF (lat/m)	FCRu (%)
Total	53	1,16 ± 0,16	0,35 ± 0,17	29,8 ± 13,9	1,38 ± 0,20	0,50 ± 0,20	50,7 ± 19,9
F	40	1,13 ± 0,15	0,38 ± 0,18	31,7 ± 14,7	1,33 ± 0,18	0,53 ± 0,20	52,2 ± 20,9
M	13	1,24 ± 0,18	0,24 ± 0,12	24,1 ± 8,8	1,54 ± 0,19	0,38 ± 0,14	45,8 ± 16,0
Valor p		0,027	0,007	0,061	p<0,001	0,008	0,197

Los valores se expresan en promedios ± 1 desviación estándar para cada variable. F= femenino; M = masculino; n = número de participantes por grupo; VPM = velocidad promedio de marcha; ICF = índice de costo fisiológico y %FCRu = porcentaje de la frecuencia cardiaca de reserva.

En la tabla 4 y la figura 2 se resume el %RF según la velocidad y el costo fisiológico de marcha. Al respecto, este comportamiento asociado a la VPM es significativamente superior en el género masculino, con un valor de $20,5 \pm 5\%$ versus $15,5 \pm 6\%$ en mujeres ($p = 0,017$), figura 2A. Considerando la RF fisiológica, esta

bordea el 30% para el ICF tanto en hombres (media = $36,2 \pm 12\%$;) como mujeres (media = $32,1 \pm 20\%$), (figura 2B, $p = 0,156$). En el caso del %FCRu, es aproximada al 40% con un porcentaje específico de $41,9 \pm 18\%$ en el género femenino y el $49,1 \pm 10\%$ en el masculino (figura 2C, $p = 0,131$).



Las barras representan el promedio con el $IC_{95\%}$ de la RF según género, n = 53 (femenino, n = 40; masculino n = 13). A. Velocidad promedio de marcha (VPM). B. Índice de costo fisiológico (ICF). C. Porcentaje de la frecuencia cardiaca de reserva utilizada (%FCRu). Las barras negras representan el género masculino y las blancas, el femenino. * $p < 0,05$.

Figura 2. Comportamiento de la RF según género. Talca, Región del Maule, Chile, 2014.

Tabla 4. Comportamiento del porcentaje de Reserva Funcional para velocidad y costo fisiológico de marcha (N=53). Talca, Región del Maule, Chile, 2014.

% RF	Total (n = 53)		Masculino (n = 13)		Femenino (n = 40)		Diferencias de medias		Valor p
	X ± DE	IC _{95%}	X ± DE	IC _{95%}	X ± DE	IC _{95%}	X ± DE	IC _{95%}	
VPM (%)	16,8 ± 6	15,1-18,5	20,5 ± 5	17,3-23,5	15,5 ± 6	13,6-17,5	4,9 ± 2	1,2-8,7	0,017
ICF (%)	33,1 ± 18	28,1-38,2	36,2 ± 12	29,2-43,2	32,1 ± 20	25,7-38,5	4,1 ± 6	-7,8-15,8	0,156
%FCRu (%)	43,7 ± 17	39,1-48,3	49,1 ± 10	42,9-55,5	41,9 ± 18	36,1-47,8	7,2 ± 5	-3,4-18	0,131

X = promedio; DE = desviación estándar; IC 95% = intervalo de confianza al 95%. %RF = porcentaje de reserva funcional; VPM = % RF asociada a la velocidad promedio de marcha; ICF = % RF asociada al Índice de costo fisiológico; %FCRu = % RF asociada al porcentaje de frecuencia cardíaca de reserva utilizada. El cálculo del %RF considera la ecuación: $\%RF = 100 - [(RMC/RMM) * 100]$

DISCUSIÓN

El propósito de la presente investigación fue analizar el %RF para el desempeño de marcha en condiciones de máxima exigencia versus confortables. Al respecto los principales hallazgos, se enfocan en su determinación para costo fisiológico y velocidad en AM autovalentes, siendo su expresión diferente para esta última.

Velocidad promedio de marcha

La temática relacionada a medir velocidad durante la ejecución de MC ha tenido especial interés investigativo.^{8,22-25} Los valores obtenidos en el presente estudio son discrepantes con lo documentado en las fuentes de información disponibles, las cuales reportan resultados tanto inferiores^{8,22,23} como de mayor magnitud.^{24,25} Esta situación se podría explicar por la expresión de factores confundentes, los que se sustentan en aspectos demográficos y antropométricos específicos para cada muestra, la cual emerge de diversas poblaciones, a saber: caucásicas,^{8,23,24} asiáticas²² y latinoamericanas.²⁵ Por otro lado, resulta de relevancia la metodología de medición, la que si bien ha demostrado una alta confiabilidad para la utilización preferencial de una pista recta unidireccional de 10 metros,²⁶ no sería la distancia suficiente para la expresión de marcha en condiciones naturales de ejecución.²⁷ En tal contexto, la justificación de nuestra propuesta dada

por una pista de característica elíptica con una distancia de 70 metros se fundamenta en aspectos clinimétricos, ya que disminuiría el componente neuromotor de las aceleraciones y desaceleraciones,²⁸ además de garantizar un tiempo y distancia de análisis suficientes para extrapolar actividades avanzadas de la vida diaria^{10,29} tales como son el traslado a centros comunitarios y de salud.

La VPM fue superior en el género masculino en MC y MM (tabla 3). Al respecto, Fritz *et al.* proponen que la velocidad de MC es sistemáticamente mayor en el género masculino hasta la séptima década.⁷ Este comportamiento específico, asociado al rendimiento témporo-espacial de marcha, podría ser un punto de inflexión para profundizar en las aparentes diferencias de género documentadas para las tasas de fragilidad³⁰ y dependencia funcional,¹⁶ las cuales se expresan preferentemente en aquel rango etario del proceso de envejecimiento. Por su parte, las condiciones de máxima velocidad presentan antecedentes con valores ostensiblemente superiores a los reportados en la presente experiencia.^{8,22,23} En este contexto, las características específicas de la pista y la temporalidad utilizada significarían para el AM evaluado alcanzar efectivamente un estado estacionario de marcha.^{10,27,28}

La exploración de la RF mediante el análisis de la velocidad de marcha dispone de escasa información. Hashidate & Uchiyama tomaron este concepto y lo aplicaron a una investigación en AM japoneses a través de la prueba denominada *Timed*

Up and Go (TUG). En condiciones confortables versus de máxima velocidad, encontraron que la RF dada por el TUG era significativamente inferior en AM dependientes en actividades de la vida diaria,²¹ sin embargo no fue considerada una estimación según género. Cabe destacar que si bien aquella propuesta utilizó un modelo matemático similar a la presente investigación, la prueba seleccionada solo daría cuenta de contextos funcionales requeridos dentro del hogar tales como son el traslado hacia el baño, cocina o comedor.²⁹

Considerando la estimación del %RF según género, el comportamiento superior en el masculino vinculado a la VPM (tabla 4, figura 2A) se refuerza con el rendimiento sistemáticamente superior en hombres, tanto para condiciones confortables como máximas (tabla 3). Esta situación tiene una explicación multifactorial relacionada a la capacidad funcional de marcha en AM, la cual se enfoca principalmente en el estado de la potencia muscular en miembros inferiores.³¹ Reid *et al.* han establecido que la potencia de la musculatura de extremidades inferiores depende en su magnitud de la velocidad angular de ejecución, demostrando un aumento sistemático de su expresión en AM saludables versus una meseta posterior a los 90°/s en aquellos con limitación de movilidad,³² lo que se podría extrapolar a la capacidad de alcanzar velocidades óptimas de marcha para el desempeño funcional.

En este escenario, la diferencia observada entre los valores obtenidos para la RF al aplicar el modelo de la presente investigación (tabla 4) podría orientar la toma de decisiones para el correspondiente diagnóstico funcional, ya que los resultados obtenidos en distancias pequeñas serían de extrapolación para actividades dentro del hogar. Por su parte, la RF para actividades fuera de un contexto ambiental determinado tendría mayor validez mediante una pista de mayor longitud. Cabe destacar que es necesario complementar esta aproximación con la exploración del desempeño de AM en pistas similares a la metodología propuesta, considerando terrenos irregulares o incluso obstáculos.³³

Costo fisiológico de marcha

La medición del costo fisiológico durante la ejecución de marcha se justifica por su importante rol como indicador de fenómenos centrales y musculares periféricos que se traducen en cambios en las demandas metabólicas del sistema. Conley *et al.*, al evaluar el consumo de oxígeno de musculatura extensora de rodilla, encontraron que los AM presentan cerca del 50% de la capacidad oxidativa por volumen muscular de sujetos jóvenes.³⁴ En este contexto, la relevancia de medir la RF asociada al comportamiento fisiológico de la marcha se fundamenta en que los cambios en las demandas periféricas podrían tener su traducción indirecta mediante el comportamiento de signos vitales. Al respecto, se ha documentado a la relación entre la FCw y velocidad de marcha como un indicador indirecto de consumo de oxígeno en humanos.³⁵

El costo fisiológico fue mayor en el género femenino para ambas modalidades de marcha analizadas (tabla 3). Esta manifestación concuerda con lo expuesto en investigaciones previas;^{14,35} no obstante lo anterior, se ha reportado escasa información para la ejecución de marcha en pasillo, siendo esta propuesta pionera en tal aspecto. Sin embargo, la RF vinculada con la traducción del costo fisiológico de marcha en condiciones de máxima exigencia y confortables no es significativamente diferente según género tanto para el ICF (tabla 4, figura 2B) como el %FCRu (tabla 4, figura 2C). Esta situación se podría explicar en primer término por la temporalidad de tres minutos de marcha utilizada en esta experiencia, la que si bien se ha descrito como ideal para alcanzar estados estacionarios fisiológicos en AM autovalentes,¹⁰ no sería suficiente para discriminar según género las diferencias de la sobrecarga fisiológica dependiente del metabolismo aeróbico.²³ Del mismo modo, puede haber tenido influencia el comportamiento de la PAS de reposo en el género masculino (tabla 2), la que al ser categorizada como un estado inicial de hipertensión,³⁶ disminuiría su reserva fisiológica. No obstante lo anterior, la *American Thoracic Society* declara como contraindicaciones relativas para la ejecución de la prueba de caminata

en seis minutos a valores de PAS de reposo sobre 180 mm de Hg,³⁷ evidencia que fundamenta la decisión de incluir este grupo en el presente estudio de marcha. En el contexto de la utilización de medicamentos antihipertensivos, si bien las

frecuencias relativas de utilización eran similares entre ambos géneros (tabla 5), el comportamiento divergente de la PAS se podría explicar por una baja adherencia farmacológica en el género masculino.³⁸

Tabla 5. Principales tipos de terapia farmacológica y porcentajes de utilización efectiva según género (N=53). Talca, Región del Maule, Chile, 2014.

Patología Crónica	Terapia Farmacológica	Total % (n = 53)	F % (n = 40)	M % (n = 13)
HTA	Antagonistas de los receptores de angiotensina 2	33,9 (18)	32,5 (13)	38,5 (5)
	Inhibidores de la enzima transformadora de angiotensina	28,3 (15)	25,0 (10)	38,5 (5)
	Bloqueadores de canales de calcio tipo dihidropirimidina	9,4 (5)	10,0 (4)	7,7 (1)
	Diuréticos	7,5 (4)	10,0 (4)	0
DM2	Hipoglicemiantes	11,3 (6)	10,0 (4)	15,4 (2)
	Anti Hiperglicemiantes	7,5 (4)	10,0 (4)	0
HC	Estatinas reductoras de los niveles de colesterol	37,7 (20)	45,0 (18)	15,4 (2)
EPOC	Broncodilatadores	5,7 (3)	7,5 (3)	0
P ECV	Antiagregantes plaquetarios	13,2 (7)	10,0 (4)	23,1 (3)
Dolor ME	Analgésicos inhibidores de la síntesis de prostaglandinas	15,1 (8)	17,5 (7)	7,7 (1)

Los valores se presentan en porcentaje (%) con la frecuencia absoluta en paréntesis. F= femenino; M = masculino; n = número de sujetos. HTA = hipertensión arterial; DM2 = diabetes mellitus tipo 2; HC = hipercolesterolemia; EPOC = enfermedad pulmonar obstructiva crónica; P ECV = prevención de enfermedades cardiovasculares; ME = musculoesquelético.

Por otro lado, desde el punto de vista metodológico, los criterios de selección de la muestra contemplaron la participación de AM que dados sus niveles funcionales de autovalencia se encuentran en proceso de envejecimiento saludable (tabla 1), por lo que este indicador aun no sería sensible en esta etapa. No obstante lo anterior, para ambas variables existe una tendencia incipiente de mayor reserva fisiológica en el género masculino (figura 2B y C), lo que podría dialogar con el grado de velocidad confortable alcanzada por este grupo la cual es cercana a las condiciones óptimas reportadas.^{6,7} Cabe destacar que la mayor cantidad de participantes pertenecientes al género femenino y la falta de categorización del nivel de

actividad física podrían ser evidentes fuentes de sesgo metodológico para la extrapolación de estos resultados, por lo que tienen la característica de ser preliminares. De esta manera, se proyecta ampliar esta propuesta en investigaciones con poblaciones de AM equilibrados en número según género, con el control de variables confundentes y la evaluación de factores heterogéneos desde el punto de vista demográfico, antropométrico y funcional.

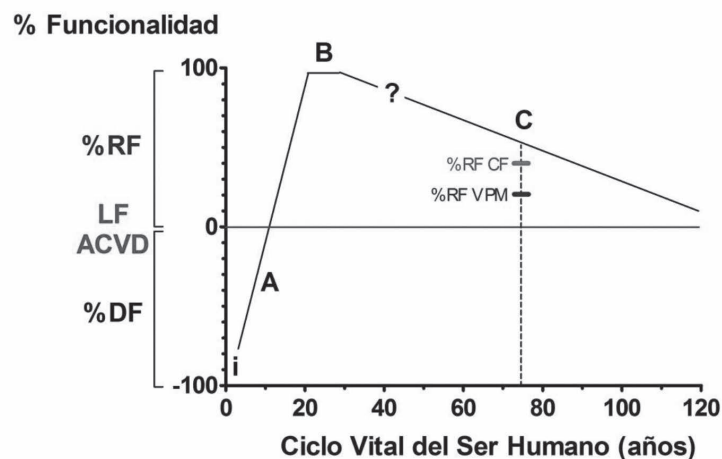
Proyecciones

Esta es la primera investigación que analiza el comportamiento de la RF asociada a velocidad y

costo fisiológico en población de AM autovalentes chilenos. Los resultados presentados podrían ser considerados como marco de referencia para estudios que utilicen una metodología similar. En este escenario, se ha descrito a la marcha como una variable predictiva de pérdida funcional,³⁹ la cual requiere de una caracterización compleja que considere rendimientos y costos fisiológicos asociados. Al respecto, Schrack *et al.* proponen que la vía energética para la pérdida de movilidad en AM dependería de diversos factores los cuales se explican por procesos bioquímicos que mantienen el equilibrio homeostático y permiten la expresión de adaptabilidad de movimiento en función de la conservación de energía.⁴⁰ De esta manera, las proyecciones de esta investigación radican en fundamentar políticas, mecanismos y monitorización de procesos con un fin público-sanitario hacia la caracterización pertinente del movimiento según la relación entre su máxima capacidad y la necesaria para desenvolverse

en diversos contextos funcionales,¹⁵ lo cual hemos denominado sistemáticamente RF tanto para velocidad,²¹ fuerza muscular⁹ y capacidad aeróbica¹⁴ (figura 3). Además no solo se enfoca en escenarios de acción paliativa de AM dependientes en estado de enfermedad, sino que desde una perspectiva preventiva considera el análisis de los riesgos de disfunción mediante la caracterización del movimiento, determinando los puntos críticos o “umbrales” de expresión funcional⁹ para de esta manera intervenir con un adecuado sentido de oportunidad, considerando los entrenamientos ecológicos de marcha como una alternativa real de prevención y tratamiento específico de disfunciones.⁴¹

Finalmente, los resultados de la presente investigación permiten establecer que la velocidad de marcha es el indicador más temprano y sensible para determinar la RF en AM autovalentes de la comunidad de chilenos.



A. Adquisición de habilidades para el desarrollo de marcha funcional durante el inicio del ciclo vital, al respecto se estima que el inicio (**i**) de la marcha independiente comienza durante el primer año post-natal. **B.** Máxima expresión de funcionalidad de marcha considerando la maduración de los diferentes sistemas que la tributan. **C.** Reserva funcional para la edad correspondiente a los participantes de esta investigación, destaca la mayor reserva por parte del costo fisiológico versus la velocidad. El signo de interrogación (**?**) expone la falta de evidencia para determinar el momento y fundamento de la divergencia ontogénica en la reserva de los aportes fisiológicos ($\approx 30\text{-}40\%$) versus la velocidad ($\approx 15\text{-}20\%$) para la ejecución de marcha independiente durante las etapas avanzadas del ciclo vital. %RF = Porcentaje de la Reserva Funcional; LF ACVD = Límite de Funcionalidad para Actividades Cotidianas de la Vida Diaria; %DF = Porcentaje de Disfunción; %RF CF = Porcentaje de Reserva Funcional asociado al Costo Fisiológico; %RF VPM = Porcentaje de Reserva Funcional asociado a la Velocidad Promedio de Marcha.

Figura 3. Esquematización de la Reserva Funcional de marcha independiente durante el ciclo vital humano.

REFERENCIAS

1. Chackiel J. La dinámica demográfica de América Latina [Internet]. Santiago del Chile: CEPAL; 2004 [acceso en 2014 enero 20]. (Serie población y desarroll, 52). Disponible en: <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>
2. Centro Latinoamericano y Caribeño de Demografía, División de Población de la CEPA. Estimaciones y proyecciones de la población. [Internet]. Santiago del Chile: CEPAL; 2008 [acceso en 2014 ago 13]. Disponible en: <http://www.cepal.org/celade/envejecimiento>
3. Weinert BT, Timiras PS. Invited review: theories of aging. *J Appl Physiol* 2003;95(4):1706-16.
4. Nilsson CJ, Avlund K, Lund R. Onset of mobility limitations in old age: the combined effect of socioeconomic position and social relations. *Age Ageing* 2011;45(3):1-7.
5. Lara RA, Mardones MA. Perfil sociodemográfico de la salud y funcionalidad en adultos mayores de la comuna de Chillán. *Theoria* 2009;18(2):81-9.
6. Medina P, Mancilla E. Evolución de la locomoción bípeda humana: el nivel socioeconómico como factor ambiental. *Antropo* 2014;32:15-24.
7. Fritz S, Lusardi M. White paper: "walking speed: the sixth vital sign". *J Geriatr Phys Ther* 2009;32(2):46-9.
8. Bohannon RW. Comfortable and maximum walking speed of adults aged 20-79 years: reference values and determinants. *Age Ageing* 1997;26(1):15-9.
9. Cress ME, Meyer M. Maximal voluntary and functional performance levels needed for independence in adults aged 65 to 97 years. *Phys Ther* 2003;83(1):37-48.
10. Medina P, Mancilla E, Muñoz R, Escobar M. Distancia recorrida y costo fisiológico según el nivel socioeconómico y género durante la prueba de caminata en seis minutos en adultos mayores autovalentes de la ciudad de Talca. *Rev méd Chile* 2015;143:484-92.
11. Karvonen MJ, Kentala E, Mustala O. The effects of training on heart rate; a longitudinal study. *Ann Med Exp Biol Fenn* 1957;35(3):307-15.
12. MacGregor J. The evaluation of patient performance using long-term ambulatory monitoring technique in the domiciliary environment. *Physiotherapy* 1981;67(2):30-3.
13. Fried LP, Tangen CM, Walston J, Newman AB, Hirsch C, Gottdiener J, et al. Frailty in older adults: evidence for a phenotype. *J Gerontol Ser A Biol Sci Med Sci* 2001;56(3):146-56.
14. Arnett SW, Laity JH, Agrawal SK, Cress ME. Aerobic reserve and physical functional performance in older adults. *Age Ageing* 2008;37(4):384-9.
15. Cott CA, Finch E, Gasner D, Yoshida K, Thomas S, Verrier M. The movement continuum theory of physical therapy. *Physiother Can* 1995; 47(2):87-95.
16. Barbosa AR, Souza JMP, Lebrão ML, Laurenti R, Marucci MFN. Diferenças em limitações funcionais de idosos brasileiros de acordo com idade e sexo: dados da pesquisa SABE. *Cad Saúde Pública* 2005 21;(4): 1177-85.
17. Pallis AG, Hatse S, Brouwers B, Pawelec G, Falandry C, Wedding U, et al. Evaluating the physiological reserves of older patients with cancer: the value of potential biomarkers of aging? *J Geriatr Oncol* 2014;5(2):204-18.
18. Bosch JP, Saccaggi A, Lauer A, Ronco C, Belledonne M, Glabman S. Renal functional reserve in humans. Effect of protein intake on glomerular filtration rate. *Am J Med* 198;75(6):943-50.
19. 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]. Santiago de Chile: Ministerio de Salud; 2014 [acceso en 2014 enero 23]. Disponible en: http://www.saludohiggins.cl/attachments/314_Instructivo%20del%20Control%20de%20Salud%200107.pdf
20. Borg GA. Psychophysical bases of perceived exertion. *Med Sci Sports Exerc* 1982;14(5):377-81.
21. Hashidate H, Uchiyama Y. Usefulness of functional gait reserve relative to activities of daily living in the elderly people. *Nihon Ronen Igakkai Zasshi*. 2007;44(3):367-74.
22. Seino S, Shinkai S, Fujiwara Y, Obuchi S, Yoshida H, et al. Reference values and age and sex differences in physical performance measures for community-dwelling older japanese: a pooled analysis of six cohort studies. *PLoS ONE* 2014;9(6):1-14.
23. Steffen TM, Hacker TA, Mollinger L. Age- and gender-related test performance in community-dwelling elderly people: Six-Minute Walk Test, Berg Balance Scale, Timed Up & Go Test, and gait speeds. *Phys Ther* 2002;82(2):128-37.

24. Oberg T, Karsznia A, Oberg K. Basic gait parameters: reference data for normal subjects, 10-79 years of age. *J Rehabil Res Dev* 1993;30(2):210-23.
25. Novaes RD, Miranda AS, Dourado VZ. Usual gait speed assessment in middle-aged and elderly Brazilian subjects. *Rev Bras Fisioter* 2011; 15(2):117-22.
26. Peters DM, Fritz SL, Krotish DE. Assessing the reliability and validity of a shorter walk test compared with the 10-Meter Walk Test for measurements of gait speed in healthy, older adults. *J Geriatr Phys Ther* 2013;36(1):24-30.
27. Najafi B, Helbostad JL, Moe-Nilssen R, Zijlstra W, Aminian K. Does walking strategy in older people change as a function of walking distance? *Gait Posture* 2009;29(2):261-6.
28. Wolfson L. Gait and balance dysfunction: a model of the interaction of age and disease. *Neuroscientist* 2001;7(2):178-83.
29. Cress ME, Orini S, Kinsler L. Living environment and mobility of older adults. *Gerontology* 2011;57(3):287-94.
30. Collard RM, Boter H, Schoevers RA, Oude Voshaar RC. Prevalence of frailty in community-dwelling older persons: a systematic review. *J Am Geriatr Soc* 2012;60(8):1487-92.
31. Petrella JK, Miller LS, Cress ME. Leg extensor power, cognition, and functional performance in independent and marginally dependent older adults. *Age Ageing* 2004;33(4):342-8.
32. Reid KF, Fielding RA. Skeletal muscle power: a critical determinant of physical functioning in older adults. *Exerc Sport Sci Rev* 2012;40(1):4-12.
33. Voloshina AS, Kuo AD, Daley MA, Ferris DP. Biomechanics and energetics of walking on uneven terrain. *J Exp Biol* 2013;216(21):3963-70.
34. Conley KE, Esselman PC, Jubrias SA, Cress ME, Inglin B, Mogadam C, et al. Ageing, muscle properties and maximal O₂ uptake rate in humans. *J Physiol* 2000;526(1):211-7.
35. Graham R, Smith N, White C. The reliability and validity of the physiological cost index in healthy subjects while walking on 2 different tracks. *Arch Phys Med Rehabil* 2005;86(10):2041-46.
36. Pickering TG, Hall JE, Appel LJ, Falkner BE, Graves J, Hill MN, et al. Subcommittee of Professional and Public Education of the American Heart Association Council on High Blood Pressure Research. Recommendations for blood pressure measurement in humans and experimental animals: Part 1: blood pressure measurement in humans: a statement for professionals from the Subcommittee of Professional and Public Education of the American Heart Association Council on High Blood Pressure Research. *Hypertension* 2005;45(1):142-61.
37. ATS Committee on Proficiency Standards for Clinical Pulmonary Function Laboratories. ATS statement: guidelines for the six-minute walk test. *Am J Respir Crit Care Med* 2002;166(1):111-7.
38. Agámez AP, Hernández R, Cervera L, Rodríguez Y. Factores relacionados con la no adherencia al tratamiento antihipertensivo. *AMC* 2008;12(5):1-6.
39. Shinkai S, Watanabe S, Kumagai S, Fujiwara Y, Amano H, Yoshida H, et al. Walking speed as a good predictor for the onset of functional dependence in a Japanese rural community population. *Age Ageing* 2000;29(5):441-6.
40. Schrack J, Simonsick E, Ferrucci L. The energetic pathway to mobility loss: an emerging new framework for longitudinal studies of aging. *J Am Geriatr Soc* 2010;58(suppl 2):329-36.
41. Magistro D, Liubicich ME, Candela F, Ciairano S. Effect of ecological walking training in sedentary elderly people: act on aging study. *Gerontologist* 2014;54(4):611-23.

Recibido: 26/06/2015

Revisado: 04/11/2015

Aprovado: 30/05/2016