

# “Modelos Mixtos en Kinesiología: Tendencia temporal de la respuesta fisiológica durante la Prueba de Caminata en Seis Minutos según riesgo de caídas en adultos mayores autovalentes”

“Temporal trend of the physiological response during the six-minute walk test according to the risk of falls in Chilean older adults”

Paul Medina-González<sup>1,2,a</sup>.

1. Departamento de Kinesiología, Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad Católica del Maule, Avenida San Miguel 3605, 3480112, Talca, Chile.

2. Programa de Doctorado en Ciencias Veterinarias, Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Austral de Chile, Los Laureles s/n, 5090000, Valdivia, Chile.

a. Financiamiento a través del programa de Becas Chile para programas de Doctorado Nacional, dependiente de la Agencia Nacional de Investigación y Desarrollo— Programa de Formación de Capital Humano Avanzado (2017-Folio 21171271).

**Título Abreviado:** Modelos Mixtos en kinesiología, Respuesta fisiológica PC6M en AM y riesgo de caída

**Información del Artículo**

**Recepción:** 2 de Agosto de 2020

**Aceptación:** 4 de Septiembre de 2020

## RESUMEN

**Introducción.** La marcha es un hito motor necesario para su expresión de funcionalidad en adultos mayores (AM), siendo el riesgo de caídas (RC) un factor relevante de morbi-mortalidad. El costo del transporte asociado a la locomoción ha recibido interés en la determinación de interceptos (valores min-min) en el tiempo, dejando de lado la información que puede entregar la pendiente como tasa de cambio. **Objetivo.** Evaluar la tendencia del comportamiento temporal de la respuesta fisiológica de trabajo y recuperación durante la prueba de caminata en seis minutos entre AM autovalentes con y sin RC. **Metodología.** Participaron 72 AM mediante un diseño “a posteriori”, observacional y transversal. Se desarrolló un análisis de series de tiempo en modelos mixtos (Rstudio, función lmer). Se exploró la tendencia temporal de la frecuencia cardíaca (FC) según factores fijos (RC y tiempo) y aleatorios (AM (ID); índice de masa corporal (IMC), distancia recorrida (DR) y edad). **Resultados.** Los factores se evaluaron desde un modelo simple hacia uno complejo. La decisión final dependió del cumplimiento del principio de parsimonia y máxima verosimilitud (MV). Se eligió un modelo de interacción tiempo\*RC tanto para la curva de trabajo ( $FC_w = \text{tiempo} * RC + I(\text{tiempo}^2) + (I | ID) + (I | DR)$ ; 8 gl; MV,  $p = 0,004$ ) como la de recuperación ( $FC_r = \text{tiempo} * RC + (I | ID)$ ; 6 gl; MV,  $p = 0,007$ ). **Conclusiones.** La tendencia temporal de la respuesta fisiológica de AM autovalentes con RC(+) presenta en comparación a RC(-) una desaceleración con una pendiente de trabajo de  $-1,32 [IC_{95\%} = -2,26; -0,38]$  (lat/min)/min y una de recuperación más lenta de  $2,68 [IC_{95\%} = 0,97; 4,38]$  (lat/min)/min.

**Palabras claves:** Envejecimiento; Accidentes por caídas; Prueba de esfuerzo; Monitoreo Fisiológico; Interpretación Estadística de Datos; Técnicas de Apoyo para la Decisión.

## ABSTRACT

**Introduction.** Walking is a necessary motor milestone for functionality in older adults (OA). Being the risk of falls (RF) a relevant factor of morbidity and mortality. The cost of transportation associated with locomotion has received interest In the determination of intercepts values (min-min) over time, leaving aside the information that the slope can provide as a temporal exchange rate. **Objective.** To assess the trend of the temporal behavior of the physiological response of work and recovery during six minute walk test between independent OA with and without RF. **Methodology.** 72 OA participated through an “a posteriori”, observational and cross-sectional design. A time series analysis was developed in mixed models (Rstudio, lmer function). The temporal trend of heart rate (HR) was explored according to fixed (RC and time) and random (OA (ID) , body mass index (BMI), distance traveled (DT) and age) factors. **Results.** The factors were evaluated from a simple model to a complex one. The final decision depended on compliance with the principle of parsimony and maximum likelihood (ML). A time\*RF interaction model was chosen for both the working ( $HR_w = \text{time} * RF + I(\text{time}^2) + (I | ID) + (I | DT)$ ; 8 df; ML,  $p = 0.004$ ) and the recovery curve ( $HR_r = \text{time} * RF + (I | ID)$ ; 6 df; ML,  $p = 0.007$ ). **Conclusions.** The temporal trend of the physiological response of independent OA with RF (+) shows a deceleration compared to CR (-) with a working slope of  $-1.32 [IC_{95\%} = -2.26; -0.38]$  (beat/min)/min and a slower recovery rate of  $2.68 [IC_{95\%} = 0.97; 4.38]$  (beat/min)/min.

**Keywords:** Aging; fall accidents; stress test; Physiological monitoring; Statistical Data Interpretation; Decision Support Techniques.

## Abreviaturas

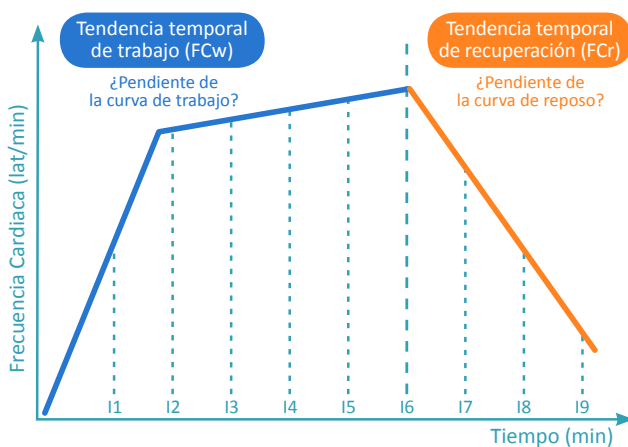
AM: adultos mayores; DR: distancia recorrida; FCr: frecuencia cardiaca de recuperación; FCw: frecuencia cardiaca de trabajo; ID: identidad de participantes; IMC: índice de masa corporal; PC6m: prueba de caminata en 6 minutos; RC: riesgo de caídas.

## Introducción

La capacidad de moverse hábil y eficientemente es un elemento fundamental para la salud y calidad de vida en humanos<sup>1</sup>. En este sentido, la locomoción bípeda es considerada un hito motor de funcionalidad ya que permite durante el primer año de vida postnatal incrementar el espectro de exploración mediante el desarrollo de habilidades motoras gruesas<sup>2</sup>, como también en etapas avanzadas del ciclo vital es un traductor de expresión y capacidad funcional de adultos mayores (AM) en contextos básicos, instrumentales y avanzados<sup>3,4</sup>.

En relación al costo energético que deriva del desarrollo de caminata, se sabe que la frecuencia cardiaca (FC) cambia en respuesta al ejercicio, además que este cambio es diferente según el estado nutricional y la capacidad funcional de AM de la comunidad<sup>5,6,7</sup>. En tal contexto, considerando el análisis de las curvas de trabajo y recuperación asociadas al desarrollo de ejercicio submáximo, se sabe que según el sexo tanto la magnitud (intercepto) como la tendencia temporal (pendiente) son similares<sup>8</sup>, lo cual se verifica indirectamente en

Figura 1. Esquema de la sección dinámica y de reposo para la prueba de caminata en seis minutos.



Según el modelo clásico, se representa e interpreta el comportamiento temporal de los interceptos (I) min a min, quedando la duda acerca del comportamiento de la pendiente de la curva. FCw = frecuencia cardiaca de trabajo; FCr = frecuencia cardiaca de recuperación.

estudios de población de AM chilenos<sup>6</sup>. Por su parte, la velocidad asociada a la distancia recorrida (DR) es el factor de mayor impacto en el costo del transporte<sup>9</sup>, además, la marcha se condiciona en su capacidad por las reservas de energía del sistema<sup>10</sup>. La prueba de caminata en seis minutos (PC6m) es una de las valoraciones más importantes de capacidad de trabajo físico y funcionalidad en AM, no obstante se ha evaluado escasamente el comportamiento de la pendiente de trabajo y recuperación de AM chilenos ante esta demanda física, siendo una información útil a la hora de dosificar según tiempos los intervalos de reposo en un entrenamiento funcional (figura 1).

Ahora bien, considerando el desempeño de la PC6m en AM, se ha descrito que el estado de salud y funcionalidad condiciona el rendimiento en metros de la prueba<sup>5</sup>. Además se han establecido valores críticos de expresión funcional para AM tanto institucionalizados como de la comunidad. Al respecto, distancias recorridas menores a 300 metros sería indicador de alto riesgo de dependencia<sup>11</sup>, mientras que valores menores a 400 metros sería indicador de fragilidad<sup>12</sup>. En relación a este último punto, el riesgo de caídas (RC) es la principal causa de morbilidad y mortalidad en el mediano plazo en AM de la comunidad. Si bien, se tiene suficiente evidencia para afirmar que los AM con RC presentan un menor rendimiento en metros para la prueba<sup>13</sup>, se desconoce el costo del transporte asociado, lo cual sería interesante de evaluar al momento de establecer focos de restricción e intervención para el desarrollo de marcha.

Se ha establecido a la DR como indicador de estado de funcionalidad y salud en AM. Sin embargo, aun no se reporta información acerca del comportamiento de la respuesta fisiológica durante el trabajo como en recuperación de la prueba, para sujetos que presentan RC, lo que entregaría una información complementaria para el establecimiento de diagnóstico funcional así como ventanas de intervención preventiva como terapéutica.

## - Delimitación del problema y preguntas de investigación:

Considerando que se ha establecido que los AM de la comunidad con RC, presentan un deterioro en la DR durante la PC6m, no se ha profundizado acerca de la causa principal de esta disminución. Al respecto una de las posibilidades de limitación en esta prueba, que por definición presenta aportes de diferentes sistemas al servicio del movimiento<sup>14</sup> (Muñoz *et al.*, 2016), podría estar

asociada al costo del transporte, traducido en el comportamiento de la respuesta fisiológica mediante la FC. En tal escenario, se expondrán las siguientes dudas razonables: i) ¿Es diferente la respuesta fisiológica de trabajo durante la PC6m entre AM autovalentes con y sin RC? y ii) ¿Es diferente la respuesta fisiológica de recuperación durante la PC6m entre AM autovalentes con y sin RC?

Se utilizarán herramientas estadísticas novedosas en Kinesiología para analizar la curva de trabajo y recuperación fisiológica mediante el comportamiento de la pendiente observada para FC. De esta manera, se dispondrá de información complementaria a la clásica de los interceptos (valores específicos minuto a minuto, ver eje de las abscisas de la figura 1) para la toma de decisiones tanto en el ámbito disciplinar como en el razonamiento profesional en Kinesiología.

El propósito de la presente investigación será evaluar la tendencia del comportamiento temporal de la respuesta fisiológica de *trabajo y recuperación* durante la PC6m entre AM autovalentes con y sin RC.

### Material y Método

Desde las preguntas de investigación se desprende el propósito de analizar en el tiempo (pendiente obtenida desde la medición min a min) el valor de la FC en 2 condiciones independientes, a saber: i) la respuesta fisiológica de trabajo con el sujeto en movimiento durante un tiempo de 6 minutos y ii) la de recuperación durante 3 minutos con el AM en estado de detención posterior a la PC6m<sup>15</sup>.

En tal contexto, se trata de un diseño “a posteriori”, tipo de estudio observacional y transversal. Participaron en este estudio 72 AM, provenientes desde clubes de reunión localizados en los sectores Norte y Oriente de la ciudad de Talca, Chile<sup>7</sup>. Los participantes firmaron un consentimiento que cumplió con las normas propuestas en la Declaración de Helsinki y fue aprobado por el Comité de Ética Científico de la Universidad Católica del Maule (informe de seguimiento N° 2/2014).

### - Variables de estudio: los factores fijos y aleatorios

En este estudio se controlaron por criterios de selección el nivel de funcionalidad general según la Evaluación Funcional del Adulto Mayor<sup>16</sup>, siendo constante la categorización de autovalencia sin riesgo para todos los AM. Además se verificó antropometría específica de normopeso o sobrepeso (Estadímetro DETECTO, modelo 2392), nivel cognitivo normal (Test Minimental abreviado  $\geq 13$  puntos) y sin depresión establecida (Escala de Yessavage  $< 5$  puntos).

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

Para el desarrollo del análisis se determinarán factores fijos y aleatorios. Los factores fijos son controlados por el investigador, mientras que los aleatorios varían en su naturaleza según el ambiente y las características propias de la ejecución del movimiento en este caso. De esta manera, para este estudio de caso los factores fijos de interés son i) el tiempo en minutos, el cual dependerá del comportamiento de la variable respuesta

Tabla 1: Características demográficas, antropométricas y funcionales de los participantes (N total = 72).

RC	Género	n	Edad (años)	IMC (Kg/m <sup>2</sup> )	TUG (s)	DR (m)	EFAM A (puntaje)
(-)	F	18	69 ± 5	28,9 ± 3,7	9,06 ± 0,76	523 ± 57	49 ± 3
	M	7	70 ± 7	29,3 ± 4,6	8,53 ± 0,76	592 ± 68	51 ± 2
	Género p*		0,519	0,859	0,141	0,016	0,899
	Total	25	69 ± 5	29,1 ± 3,9	8,91 ± 0,78	542 ± 67	49 ± 3
(+) )	F	38	70 ± 5	31,6 ± 4,6	12,39 ± 1,71	460 ± 59	52 ± 3
	M	9	71 ± 8	29,1 ± 3,5	10,72 ± 0,59	525 ± 48	52 ± 2
	Género p*		0,447	0,122	0,006	0,003	0,966
	Total	47	70 ± 5	31,2 ± 4,5	12,07 ± 1,68	472 ± 62	52 ± 3
RC p**			0,477	0,054	0,010	0,652	0,798

Promedios y  $\pm 1$  desviación estándar para las variables principales del estudio. Cabe destacar que el nivel de funcionalidad para todos los AM es de autovalente sin riesgo según EFAM-Chile, parte A. RC: riesgo de caída; (-) = negativo; (+) = positivo; n = número de sujetos por cada grupo; IMC = índice de masa corporal; TUG = *timed up and go 3m test* (prueba de ir y venir en 3 metros); DR = distancia recorrida; EFAM-A = evaluación funcional del adulto mayor, parte A. Género p\* es el valor p para la comparación según género en cada grupo, ya sea de RC positivo como negativo. RC p\*\* es el valor p para la comparación según los resultados totales de las variables en cada grupo de RC. Comparación mediante prueba t para muestras independientes.

para establecer una tasa de cambio en la unidad de medición de [(lat/min)\*min] de trabajo o reposo y ii) el RC, el cual se define dicotómicamente con la presencia o ausencia según la prueba *Timed Up and Go*<sup>17</sup>. Del mismo modo, se evaluó un modelo de interacción de estos factores fijos. Este modelo de interacción se simboliza sistemáticamente en las tablas de resultados y en el modelo resultante de la siguiente manera:

$$RC*t$$

Por su parte, la variabilidad de los AM (ID), el IMC, la DR al finalizar la prueba y la edad se establecen como factores aleatorios. En la tabla 2 se definen las variables y factores de estudio, además de su fundamento teórico. Cabe destacar que cada uno de estos factores se evaluaron desde el modelo más simple hasta el de mayor complejidad y la decisión final dependerá del cumplimiento del principio de parsimonia y de los supuestos de normalidad de residuales, colinearidad y homoscedasticidad<sup>18,19</sup>.

**- Análisis de datos**

Al tratarse de contextos diferentes en relación a la activación de sistemas al servicio del movimiento (dinámico de 6 minutos *versus* reposo de 3 minutos), el análisis de la pendiente de la respuesta fisiológica se realizará de manera independiente para cada una de estas variables de respuesta (figura 1).

Se desarrolló un análisis de series de tiempo en modelos mixtos mediante el programa *R Studio*<sup>20</sup>. Se exploró la tendencia temporal de la FC según factores fijos y aleatorios<sup>18,19</sup>. Se utilizó la metodología propuesta por Cayuela<sup>19</sup> para determinar la estructura de factores aleatorios según residuales y grados de libertad. Posteriormente se desarrollaron y compararon según Chi-cuadrado ( $\chi^2$ ) los modelos ajustados por *lmer* (*Linear Mixed Effects Regression*; ajuste para modelos mixtos), para finalmente determinar la pendiente del más plausible según significancia dada por la máxima verosimilitud (MV) junto a intervalos de confianza del 95% ( $IC_{95\%}$ ).

**Resultados**

Los resultados de esta experiencia investigativa se enfocan en primer lugar en la exploración de factores fijos (i.e. tiempo y RC, ver tabla 2) y la comparación de modelos según factores aleatorios (i.e. ID, IMC, DR y Edad; ver tabla 2) para determinar el comportamiento de la pendiente tanto en condiciones de trabajo como recuperación fisiológica (i.e. variables de respuesta).

**- Exploración de variables según factores fijos para frecuencia cardiaca de trabajo**

La figura 2 muestra el comportamiento temporal para la frecuencia cardiaca de trabajo (FCw) en cada AM

Tabla 2: Operacionalización de las variables del estudio.

Variables		Tipo	Justificación
Modelo Trabajo Variable respuesta 1	FCw	Cuantitativa-Discreta [lat/min]	Se mide la FCw en cada minuto de la prueba siendo el valor de 0 el de reposo antes de la prueba y correlativamente desde el 1-6 como indicadores de trabajo de cada minuto de trabajo (marcha). En este contexto, el principal interés es observar la tendencia (pendiente) según RC para AM autovalentes.
Mdl. Recuperación Variable respuesta 2	FCr	Cuantitativa-Discreta [lat/min]	Se mide la FCr en cada minuto de la recuperación siendo el valor de 0 correspondiente al final de prueba y desde el 1-3 como indicadores de trabajo de cada minuto de recuperación (reposo post). En este contexto, el principal interés es observar la tendencia (pendiente) según RC para AM autovalentes.
Factores fijos	t	Cuantitativa-Discreta [min]	El comportamiento temporal de la variable respuesta será desde el minuto 0 hasta el 6 de trabajo y 0 hasta 3 para la recuperación. Durante este tiempo se observa un incremento de la FC de trabajo (FCw) y una disminución de la FC de recuperación (FCr) (Mancilla <i>et al.</i> , 2014; Bautmans <i>et al.</i> , 2004).
	RC	Nominal dicotómica, 2 niveles. [Si/No]	Establecido según la prueba <i>Timed up and Go</i> (TUG), con un corte de >10s para establecer el riesgo (MINSAL, 2017). Además las personas con RC presentan menor rendimiento en la PC6m. (Bean <i>et al.</i> , 2002).
	Interacción t*RC	La construcción de este factor sería según el problema y la pregunta de investigación el de mayor interés para el estudio según el concepto de tendencia temporal de la respuesta fisiológica en sujetos con RC.	
Factores aleatorios	ID	N° de individuos [1-72]	Este factor aleatorio se fundamenta en que cada AM participante en este estudio presenta una pendiente diferente según el tiempo en minutos.
	IMC	Cuantitativa-continua [m/kg2]	Los AM con alteraciones del estado nutricional tienden a caminar menos para la PC6m, lo cual condicionaría el costo fisiológico del transporte (Fried <i>et al.</i> , 2001). En la este seminario tiene un rango de variabilidad importante desde normopeso hasta la obesidad.
	DR	Cuantitativa-continua [m]	Debido a que a medida que se camina más el sujeto tendrá un costo mayor, dado que se incrementa la velocidad de marcha durante la prueba (Mancilla <i>et al.</i> , 2014; Saibene y Minetti, 2003).
	Edad	Cuantitativa-discreta [años]	Desde que un sujeto es AM (60 años o más), cada incremento de 5 años se traduce en disminuciones en la capacidad funcional y la reserva energética (Schrack <i>et al.</i> , 2010; Fried <i>et al.</i> , 2001).

participante y representado como unidad maestra (2A). Cada AM presenta una curva de trabajo específica, por lo que en un grupo que tiene una clasificación de autovalencia homogénea (tabla 1), la respuesta ante una demanda de trabajo es diferente y variable. En la figura 2B se observa el mismo patrón según RC y en la figura 2C la representación clásica de datos según el comportamiento de medidas de tendencia central y dispersión para los interceptos minuto a minuto.

**- Aplicación y análisis de modelos para la frecuencia cardiaca de trabajo**

En primer término se determinará la estructura de los efectos aleatorios. En tal sentido, se utilizará como constante el factor fijo “tiempo” y la variable respuesta es FCw. El comparativo se efectuó según lo expuesto en la tabla 3. En tal contexto, al tratarse de una curva de crecimiento de tipo cuadrática (figura 2), se considerará su inclusión para el factor fijo “tiempo” mediante la siguiente expresión:  $I(\text{tiempo}^2)^{21}$ .

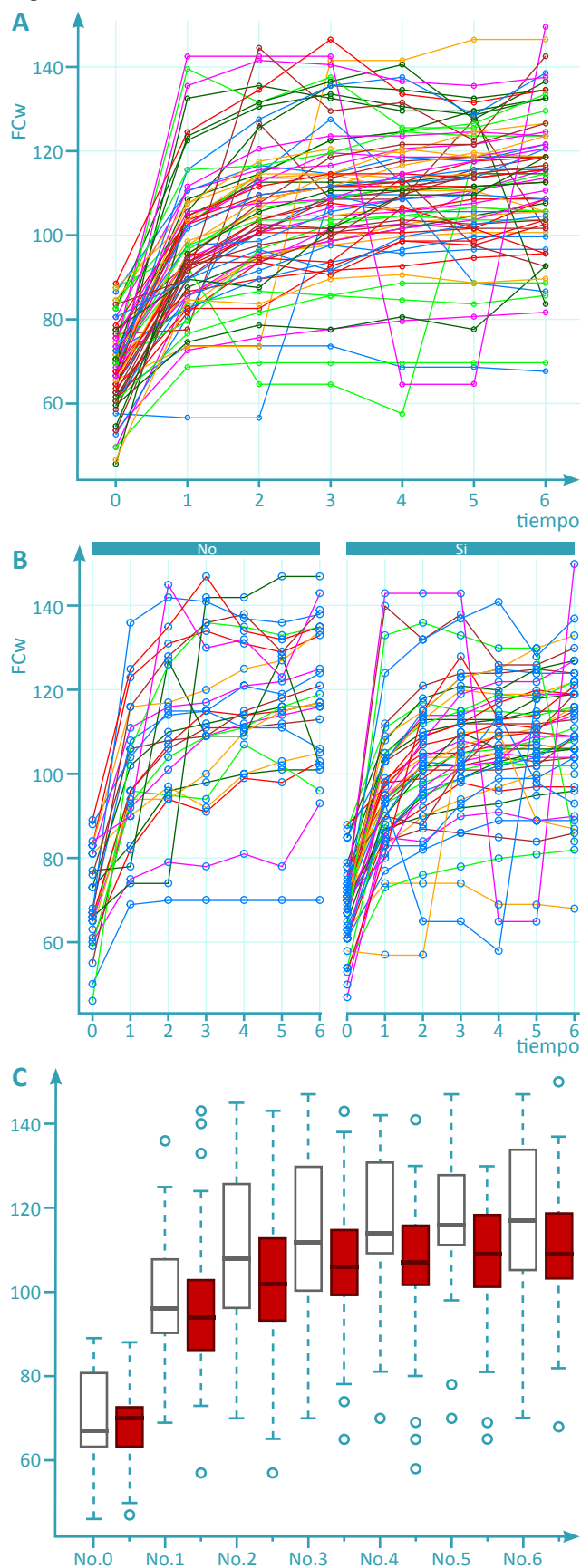
En la tabla 3 se presenta el comportamiento de factores aleatorios según la varianza y desviación estándar en paréntesis. La comparación se desarrolla según el criterio de información de Akaike (AIC; FA1, FA2, FA3, FA4, FA5). Se selecciona el modelo de factores aleatorios FA5 debido a que presenta una mayor explicación de fuentes de error (bajo residual), con menor utilización de grados de libertad y un valor menor del AIC (tabla 3 fila en color gris) (Caballero-Díaz, 2011; Cayuela, 2014).

Ahora bien, se establecerá el modelo final mediante la determinación de la estructura de factores fijos, considerando como foco principal la pregunta de investigación (tablas 4 y 5).

Se selecciona el modelo 3 (tabla 5 destacado en gris). En tal sentido, la interacción entre tiempo \* con la presencia de RC se traduce en una pendiente que negativa con un bajo error estándar relativo. Al respecto el modelo “gasta” 8 grados de libertad con un AIC más bajo que el modelo inicial (solo el tiempo como factor fijo, tabla 4 en color naranja).

Finalmente el nivel de significancia estadística y los intervalos de confianza al 95% se exponen en la tabla 6. La interacción entre tiempo y RC como factores fijos presenta una pendiente de -1,32;  $IC_{95\%} (-2,26; -0,38)$  [lat/min]/min (Tabla 6 en gris).

Figura 2.



A. Comportamiento temporal de la FCw para cada AM participante en el estudio (variabilidad ID). B. Se observa lo mismo según RC, siendo positivo (Si) y negativo (No). Cada sujeto presenta un comportamiento temporal particular para la FCw. C. Comportamiento temporal de la FCw según RC para los interceptos representados mediante medidas de tendencia central y dispersión clásicas. El color rojo representa RC+, mientras que el blanco RC-.



Tabla 3. Determinación de la estructura de los factores aleatorios para la frecuencia cardiaca de trabajo.

Estructura de Modelo	Factores aleatorios					Comparativo (Cayuela, 2014)	
	ID	IMC	Edad	DR	Residual	GL	AIC
FA1 = lmer(FCw ~ tiempo + I(tiempo^2) + (1 ID), data=MM)	160,3 [12,7]				120,8 [11,0]	5	4022
FA2 = lmer(FCw ~ tiempo + I(tiempo^2) + (1 ID) + (1 IMC), data=MM)	61,4 [7,8]	98,9 [9,9]			120,8 [11,0]	6	4024
FA3 = lmer(FCw ~ tiempo + I(tiempo^2) + (1 ID) + (1 IMC) + (1 Edad), data=MM)	60,6 [7,8]	72,6 [8,5]	29,2 [5,4]		120,8 [11,0]	7	4023
FA4 = lmer(FCw ~ tiempo + I(tiempo^2) + (1 ID) + (1 IMC) + (1 Edad) + (1 DR), data=MM)	77,89 [8,8]	52,44 [7,2]	28,5 [5,3]	17,8 [4,2]	96,1 [9,8]	8	3986
FA5 = lmer(FCw ~ tiempo + I(tiempo^2) + (1 ID) + (1 DR), data=MM)	156,7 [12,5]			17,8 [4,2]	96,1 [9,8]	6	3984

**Breve explicación:** El comparativo se realiza según las indicaciones de Cayuela (2014) para tomar la decisión del mejor modelo para la estructura de FA (responder a la pregunta qué factores utilizar). Al respecto el mejor modelo es el que presenta un bajo residual y AIC (como criterio de calidad relativa del modelo mediante el análisis de uso y pérdida de datos), con la menor utilización de GL. Es así que para la determinación de la pendiente de la curva de trabajo los FA a considerar son ID (1|ID) y DR (1|DR).

**Abreviaturas:** ID = identificación de los participantes; IMC = índice de masa corporal; DR = distancia recorrida; FA = factores aleatorios; GL = grados de libertad; AIC = criterio de información de Akaike. La función *lmer* (linear mixed effects regression) es propia de los modelos mixtos para establecer ajustes de modelos. El símbolo | representa la forma de incluir la variable como FA en el modelo y data=MM es el nombre de la base de datos de origen.

Tabla 4. Resumen del Modelo 1 vs Modelo 2 de la frecuencia cardiaca de trabajo.

Modelos FCw [trabajo]	Modelo 1 [Inter= 86,04]			Modelo 2 [Inter= 89,9]		
	kine.model1 = lmer(FCw ~ tiempo + I(tiempo^2) + (1 ID) + (1 DR), data=MM)			kine.model2 = lmer(FCw ~ tiempo + I(tiempo^2) + RC + (1 ID) + (1 DR), data=MM)		
Factores Fijos	Pendiente	Error estándar	Valor t	Pendiente	Error estándar	Valor t
tiempo	10,7	1,39	7,71	10,7	1,39	7,71
I(tiempo^2)	-1,1	0,19	-5,56	-1,1	0,19	-5,56
RC (si)				-5,9	3,2	-1,85
Factores Aleatorios	Varianza	Desviación estándar		Varianza	Desviación estándar	
ID	156,7	12,5		151,02	12,3	
DR	17,81	4,2		17,77	4,22	
Residual	96,13	9,8		96,15	9,8	
Comparación	Grados de libertad	AIC	BIC	Grados de libertad	AIC	BIC
[χ² = 3,438; p= 0,064]	6	3985	4010	7	3983	4012

**Breve explicación:** Para la comparación de modelos de estructura completa (estos con factores fijos y aleatorios) se utilizan principalmente el AIC como criterio de calidad relativa del modelo utilizando el principio de entropía e información y pérdida de datos, además del BIC como criterio de control de sobreajuste por exceso de parámetros en el modelo. De esta manera se garantiza la información pertinente y necesaria para la determinación del modelo. La función *lmer* (linear mixed effects regression) es propia de los modelos mixtos para establecer ajustes de modelos. El símbolo | representa la forma de incluir la variable como factor aleatorio en el modelo y data=MM es el nombre de la base de datos de origen.

**Abreviaturas:** Inter = intercepto al comienzo de la curva; AIC = criterio de información de Akaike; BIC = criterio de información bayesiano; tiempo^2 = función cuadrática de la variable tiempo en el modelo (dado por las características de esta curva en trabajo).

Tabla 5. Resumen del Modelo 1 vs Modelo 3 de la frecuencia cardiaca de trabajo.

Modelos FCw [trabajo]	Modelo 1 [Inter= 86,04]			Modelo 3 [Inter= 87,57]		
	kine.model1 = lmer(FCw ~ tiempo + I(tiempo^2) + (1 ID) + (1 DR), data=MM)			kine.model3 = lmer(FCw ~ tiempo*RC + I(tiempo^2) + (1 ID) + (1 DR), data=MM)		
Factores Fijos	Pendiente	Error estándar	Valor t	Pendiente	Error estándar	Valor t
tiempo	10,7	1,39	7,71	11,4	1,4	8,06
I(tiempo^2)	-1,1	0,19	-5,56	1,07	0,20	-5,49
RC (si)				-2,04	3,49	-0,58
tiempo*RC(si)				-1,32	0,48	-2,75
Factores Aleatorios	Varianza	Desviación estándar		Varianza	Desviación estándar	
ID	156,7	12,5		150,9	12,3	
DR	17,81	4,2		18,4	4,3	
Residual	96,13	9,8		94,07	9,7	
Comparación	Grados de libertad	AIC	BIC	Grados de libertad	AIC	BIC
[χ² = 10,947; p<0,01]	6	3985	4010	8	3977	4011

**Breve explicación:** Para la comparación de modelos de estructura completa (estos con factores fijos y aleatorios) se utilizan principalmente el AIC como criterio de calidad relativa del modelo utilizando el principio de entropía e información y pérdida de datos, además del BIC como criterio de control de sobreajuste por exceso de parámetros en el modelo. De esta manera se garantiza la información pertinente y necesaria para la determinación del modelo. La función *lmer* (linear mixed effects regression) es propia de los modelos mixtos para establecer ajustes de modelos. El símbolo "1|" representa la forma de incluir la variable como factor aleatorio en el modelo y data=MM es el nombre de la base de datos de origen.

**Abreviaturas:** Inter = intercepto al comienzo de la curva; AIC = criterio de información de Akaike; BIC = criterio de información bayesiano; tiempo^2 = función cuadrática de la variable tiempo en el modelo (dado por las características de esta curva en trabajo).

Finalmente, el modelo es significativo según la máxima verosimilitud (MV; tabla 7).

**- Aplicación y análisis de modelos para la frecuencia cardiaca de reposo**

La figura 3 muestra el comportamiento temporal para la frecuencia cardiaca de reposo (FCr) en cada AM participante y representado como unidad muestral (3A). Cada AM presenta una curva de trabajo específica, por lo que, al igual que en condiciones de trabajo, en un grupo que tiene una clasificación de autovalencia homogénea (tabla 1) la respuesta ante una demanda de trabajo es diferente y variable. En la figura 3B se observa el mismo patrón según RC y en la figura 3C la re-

Tabla 6. Intervalos de confianza de los factores fijos para el modelo de la frecuencia.

Factores Fijos	confint(kine.model3, method="profile")		
	Pendiente	Intervalo de confianza 95%	97,5%
tiempo	11,4	8,44	14,4
l(tiempo^2)	1,07	-1,48	-0,66
RC (si)	-2,04	-8,86	4,78
tiempo*RC(si)	-1,32	-2,26	-0,38

**Breve explicación:** Se presentan los resultados de la pendiente en [(lat/min)/min] para cada uno de los factores fijos propuestos para el modelo. La pendiente de interacción entre tiempo y el riesgo de caídas positiva presenta menos lat/min por unidad de tiempo durante la prueba de caminata en seis minutos, lo que se traduce en una menor tasa de cambio para los adultos mayores que presentan riesgo de caídas.

**Abreviaturas:** tiempo^2 = función cuadrática de la variable tiempo en el modelo (dado por las características de esta curva en trabajo); RC(si) = riesgo de caídas positivo; tiempo\*RC(si) = Interacción entre la variable tiempo y el riesgo de caídas positivo.

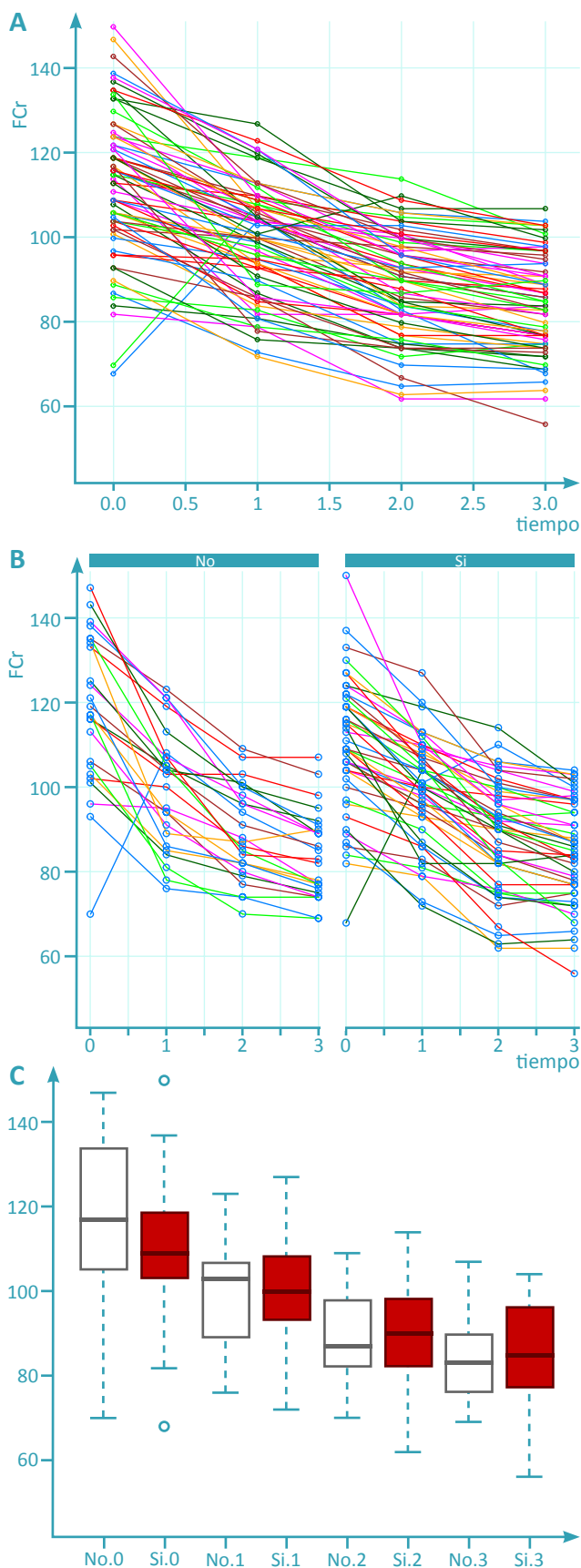
Tabla 7. Evaluación del nivel de significancia del modelo de frecuencia cardiaca de trabajo seleccionado según la estimación de máxima verosimilitud.

Máxima Verosimilitud Modelo 3	kine.null = lmer(FCw ~ tiempo + l(tiempo^2) + (1 ID) + (1 DR), data=MM, REML=FALSE)				
	GL	AIC	BIC	$\chi^2$	Valor p
kine.null	6	3984	4010	10,947	0,004
kine.modelito	8	3977	4011		

**Breve explicación:** *kine.null* representa el modelo para solo la variable tiempo como factor fijo, mientras que *kine.modelito* lo representa para la interacción de tiempo y la presencia de riesgo de caídas. El modelo propuesto de interacción de factores fijos es significativamente diferente del modelo basado solo en la variable tiempo.

**Abreviaturas:** FCw = frecuencia cardiaca de trabajo; tiempo^2 = función cuadrática de la variable tiempo en el modelo (dado por las características de esta curva en trabajo); RC(si) = riesgo de caídas positivo; tiempo\*RC(si) = interacción entre la variable tiempo y el riesgo de caídas positivo; La función *lmer* (linear mixed effects regression) es propia de los modelos mixtos para establecer ajustes de modelos. El símbolo "1" representa la forma de incluir la variable como factor aleatorio en el modelo y data=MM es el nombre de la base de datos de origen; AIC = criterio de información de Akaike; BIC = criterio de información bayesiano; GL = grados de libertad.

Figura 3.



A. Comportamiento temporal de la FCr para cada AM participante en el estudio (variabilidad ID). B. Se observa lo mismo según RC, siendo positivo (Si) y negativo (No). Cada sujeto presenta un comportamiento temporal particular para la FCr. C. Comportamiento temporal de la FCr según RC para los interceptos representados mediante medidas de tendencia central y dispersión clásicas. El color rojo representa RC+, mientras que el blanco RC-.

Tabla 8. Determinación de la estructura de los factores aleatorios para la frecuencia cardiaca de reposo.

Estructura de Modelo	Factores aleatorios					Comparativo (Cayuela, 2014)	
	ID	IMC	Edad	DR	Residual	GL	AIC
FA1 = lmer(FCr ~ tiempo + (1 ID), data=MMR)	123,2 [11,1]				64,2 [8,01]	4	2174,83
FA2 = lmer(FCr ~ tiempo + (1 ID) + (1 IMC), data=MMR)	26,76 [5,17]	96,41 [9,82]			64,2 [8,01]	5	2176,83
FA3 = lmer(FCr ~ tiempo + (1 ID) + (1 IMC) + (1 Edad), data=MMR)	120,3 [10,97]	0,45 [0,67]	2,57 [1,60]		64,2 [8,01]	6	2178,80

**Breve explicación:** El comparativo se realiza según las indicaciones de Cayuela (2014) para tomar la decisión del mejor modelo para la estructura de FA (responder a la pregunta qué factores utilizar). Al respecto el mejor modelo es el que presenta un bajo residual y AIC (como criterio de calidad relativa del modelo mediante el análisis de uso y pérdida de datos), con la menor utilización de GL. Es así que para la determinación de la pendiente de la curva de recuperación los FA a considerar es ID (1|ID).

**Abreviaturas:** ID = identificación de los participantes; IMC = índice de masa corporal; masc. = masculino; FA = factores aleatorios; GL = grados de libertad; AIC = criterio de información de Akaike. La función *lmer* (linear mixed effects regression) es propia de los modelos mixtos para establecer ajustes de modelos. El símbolo "1|" representa la forma de incluir la variable como FA en el modelo y data=MMR es el nombre de la base de datos de origen.

Tabla 9. Resumen del Modelo 1 vs Modelo 2 de la frecuencia cardiaca de recuperación.

Modelos FCw [recuperación]	Modelo 1 [Inter= 110,69]			Modelo 2 [Inter= 111,92]		
	kine.model1 = lmer(FCr ~ tiempo + (1 ID), data=MMR)			kine.model2 = lmer(FCr ~ tiempo + RC + (1 ID), data=MMR)		
Factores Fijos	Pendiente	Error estándar	Valor t	Pendiente	Error estándar	Valor t
tiempo	-9,51	0,42	-22,53	-9,51	0,42	-22,53
RC (si)				-1,88	2,93	-0,64
Factores Aleatorios	Varianza	Desviación estándar		Varianza	Desviación estándar	
ID	123,17	11,09		124,33	11,15	
Residual	64,18	8,01		64,18	8,01	
Comparación	Grados de libertad	AIC	BIC	Grados de libertad	AIC	BIC
[ $\chi^2 = 0,423$ ; $p = 0,515$ ]	4	2177	2192	5	2179	2197

**Breve explicación:** Para la comparación de modelos de estructura completa (estos con factores fijos y aleatorios) se utilizan principalmente el AIC como criterio de calidad relativa del modelo utilizando el principio de entropía e información y pérdida de datos, además del BIC como criterio de control de sobreajuste por exceso de parámetros en el modelo. De esta manera se garantiza la información pertinente y necesaria para la determinación del modelo. La función *lmer* (linear mixed effects regression) es propia de los modelos mixtos para establecer ajustes de modelos. El símbolo "1|" representa la forma de incluir la variable como factor aleatorio en el modelo y data=MMR es el nombre de la base de datos de origen.

**Abreviaturas:** Inter = intercepto al comienzo de la curva; AIC = criterio de información de Akaike; BIC = criterio de información bayesiano.

presentación clásica de datos según el comportamiento de medidas de tendencia central y dispersión para los interceptos minuto a minuto.

### - Aplicación y análisis de modelos para la frecuencia cardiaca de reposo

Se determinó la estructura de los efectos aleatorios. En tal sentido, se utilizó como constante el factor fijo "tiempo" y la variable respuesta FCr. El comparativo se efectúa según la tabla 8.

Se presenta el comportamiento de factores aleatorios según la varianza y desviación estándar en paréntesis. El desarrollo del comparativo según el AIC (FA1, FA2, FA3). Por tanto se selecciona el modelo de factores aleatorios FA1 debido a que presenta una menor utilización de grados de libertad y menor AIC (tabla 8, fila destacada en gris).

Ahora bien, se estableció el modelo final mediante la determinación de la estructura de factores fijos, considerando como foco la pregunta de investigación (tablas 9 y 10).

Se selecciona el modelo 3 ya que utiliza menos grados de libertad, siendo menos parametrizado y presenta un AIC menor (tabla 10, destacado en gris).

Finalmente el nivel de significancia estadística y los  $IC_{95\%}$  se exponen en la tabla 11. La interacción entre tiempo y riesgo de caídas como factores fijos presenta una pendiente de 2,68;  $IC_{95\%}$  (0,97; 4,38) [lat/min]/min (Tabla 11 en gris). Además, el modelo es significativo según la máxima verosimilitud (MV; tabla 12).

### Discusión

El objetivo del presente trabajo fue evaluar la tendencia temporal de la FC como indicador de respuesta fisiológica tanto en condiciones de trabajo como en la recuperación ante una demanda aeróbica submáxima impuesta por la PC6m aplicada en un grupos de AM autovalentes chilenos con y sin RC. Si bien, en investigaciones anteriores se ha evaluado la tendencia temporal de la FC mediante cambios en la pendiente de trabajo y reposo (concepto beat-to beat



Tabla 10. Resumen del Modelo 1 vs Modelo 3 de la frecuencia cardiaca de recuperación.

Modelos FCw [recuperación]	Modelo 1 [Inter= 110,69]			Modelo 2 [Inter= 114,54]		
	kine.model1 = lmer(FCr ~ tiempo + (1 ID), data=MMR)			kine.model3 = lmer(FCr ~ tiempo * RC + (1 ID), data=MMR)		
Factores Fijos	Pendiente	Error estándar	Valor t	Pendiente	Error estándar	Valor t
tiempo	-9,51	0,42	-22,53	-11,26	0,70	-16,02
RC (si)				-5,89	3,21	-1,84
tiempo*RC(si)				2,68	0,87	3,08
Factores Aleatorios	Varianza	Desviación estándar		Varianza	Desviación estándar	
ID	123,17	11,09		124,94	11,18	
Residual	64,18	8,01		61,75	7,86	
Comparación	Grados de libertad	AIC	BIC	Grados de libertad	AIC	BIC
[ $\chi^2 = 9,776$ ; $p = 0,515$ ]	4	2177	2192	6	2171	2193

**Breve explicación:** Para la comparación de modelos de estructura completa (estos con factores fijos y aleatorios) se utilizan principalmente el AIC como criterio de calidad relativa del modelo utilizando el principio de entropía e información y pérdida de datos, además del BIC como criterio de control de sobreajuste por exceso de parámetros en el modelo. De esta manera se garantiza la información pertinente y necesaria para la determinación del modelo. La función *lmer* (*linear mixed effects regression*) es propia de los modelos mixtos para establecer ajustes de modelos. El símbolo "1|" representa la forma de incluir la variable como factor aleatorio en el modelo y data=MMR es el nombre de la base de datos de origen.

**Abreviaturas:** Inter = intercepto al comienzo de la curva; AIC = criterio de información de Akaike; BIC = criterio de información bayesiano.

slopes) para sujetos sanos<sup>22,23</sup> como con disfunciones del sistema ventilatorio<sup>24</sup>, éstas se enfocan en complementar modelos de predicción, no determinando las diferencias en la tasa de cambio según factores de análisis.

Este es el primer trabajo exploratorio en el cual se utiliza una metodología estadística de series de tiempo para modelos mixtos con el propósito de evaluar el comportamiento de la pendiente según la interacción de los factores fijos tiempo y RC, estableciendo con esto las diferencias encontradas en la tasa de cambio de la FC en AM autovalentes chilenos.

### - Factores de análisis

Se conoce el efecto significativo de factores demográficos, antropométricos y funcionales sobre la DR en la PC6m, los cuales son reconocidos frecuentemente para la elaboración de ecuaciones de predicción mediante modelos de regresión lineal simple<sup>25,26,27</sup>. No obstante lo anterior, para la presente investigación la edad, el estado nutricional y el nivel de funcionalidad, no presenta diferencias significativas según grupo de RC, así como género (tabla 1, revisar valor p\*). Estos resultados permiten establecer que el RC es el factor predominante de análisis, lo cual se verifica en diferencias según las prueba TUG (tabla 1, revisar valor p\*\* en color azul).

Para la presente muestra de análisis, el RC no impacta significativamente en la DR (tabla 1, p = 0,652) por lo que se hace interesante evaluar con detalle la curva del comportamiento temporal de la FC como indicador fisiológico de trabajo y reposo.

Tabla 11. Intervalos de confianza de los factores fijos para el modelo de la frecuencia cardiaca de recuperación seleccionado.

Factores Fijos	confint(kine.model3, method="profile")		
	Pendiente	Intervalo de confianza 95%	
		2,5%	97,5%
tiempo	-11,26	-12,64	-9,88
RC (si)	-5,89	-12,17	0,37
tiempo*RC(si)	-2,68	0,97	4,38

**Breve explicación:** Se presentan los resultados de la pendiente en [(lat/min)/min] para cada uno de los factores fijos propuestos para el modelo. La pendiente de interacción entre tiempo y el riesgo de caídas positiva presenta más lat/min por unidad de tiempo durante la recuperación de la prueba de caminata en seis minutos, lo que se traduce en una recuperación enlentecida en los adultos mayores que presentan riesgo de caídas.

**Abreviaturas:** tiempo^2 = función cuadrática de la variable tiempo en el modelo (dado por las características de esta curva en trabajo); RC(si) = riesgo de caídas positivo; tiempo\*RC(si) = interacción entre la variable tiempo y el riesgo de caídas positivo.

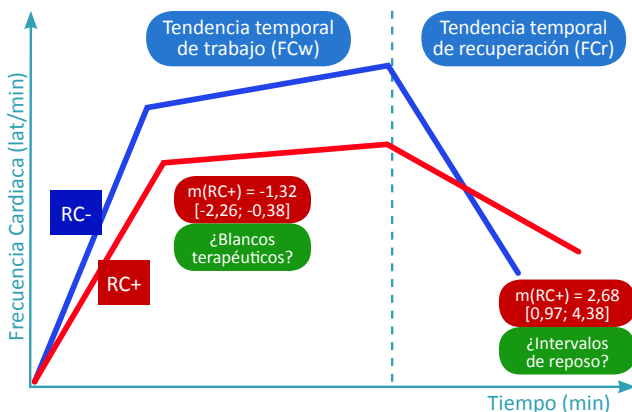
Tabla 12. Evaluación del nivel de significancia del modelo de la frecuencia cardiaca de recuperación seleccionado según la estimación de máxima verosimilitud.

Máxima Verosimilitud Modelo 3	kine.null = lmer(FCr ~ tiempo + (1 ID), data=MMR, REML=FALSE)				
	kine.modelito = lmer(FCr ~ tiempo * RC + (1 ID), data=MMR, REML=FALSE)				
	anova(kine.null, kine.modelito)				
	GL	AIC	BIC	$\chi^2$	Valor p
kine.null	4	2177	2192	9,777	0,007
kine.modelito	6	2171	2193		

**Breve explicación:** *kine.null* representa el modelo para solo la variable tiempo como factor fijo, mientras que *kine.modelito* lo representa para la interacción de tiempo y la presencia de riesgo de caídas. El modelo propuesto de interacción de factores fijos es significativamente diferente del modelo basado solo en la variable tiempo.

**Abreviaturas:** FCw = frecuencia cardiaca de trabajo; tiempo^2 = función cuadrática de la variable tiempo en el modelo (dado por las características de esta curva en trabajo); RC(si) = riesgo de caídas positivo; tiempo\*RC(si) = interacción entre la variable tiempo y el riesgo de caídas positivo; La función *lmer* (*linear mixed effects regression*) es propia de los modelos mixtos para establecer ajustes de modelos. El símbolo "1|" representa la forma de incluir la variable como factor aleatorio en el modelo y data=MM es el nombre de la base de datos de origen; AIC = criterio de información de Akaike; BIC = criterio de información bayesiano; GL = grados de libertad.

Figura 4. Resumen esquemático de los resultados obtenidos para la tendencia temporal de la respuesta fisiológica de trabajo y reposo en AM autovalentes de la comunidad.



Se observa que los AM con RC positivo vs los de RC negativo presentan una desaceleración de la FC durante el trabajo y un retorno más lento a los valores basales durante la etapa de recuperación. La disposición de esta información tiene implicaciones para la toma de decisiones y el razonamiento profesional al momento de interpretar y dosificar un trabajo funcional considerando tanto las ventanas terapéuticas como los intervalos de reposo (ya que existe información acerca de una variable fisiológica en el tiempo). RC+ = riesgo de caída positivo; RC- = riesgo de caída negativo; m = pendiente de la curva; FCw = frecuencia cardíaca de trabajo; FCr = frecuencia cardíaca de recuperación.

### -Tendencia temporal de la respuesta fisiológica de trabajo

Para la carga de trabajo aeróbico impuesta por la PC6m, la tendencia temporal en cada minuto de FCw presenta en los AM con RC (+) una pendiente menor (valor negativo) que los participantes sin riesgo (tabla 2, modelo 2 y tabla 3, modelo 3), permitiendo aceptar la hipótesis de trabajo propuesta. En este sentido, se confirma la importancia de controlar la fuentes de error impuestas por la variabilidad del sujeto, lo que es especialmente importante en etapas avanzadas del ciclo vital y la velocidad mediante la DR, la cual es considerada como un signo vital<sup>14</sup>, además de ser un indicador de fragilidad en AM autovalentes<sup>12</sup> dado que es la principal fuente de estrés para las reservas energéticas asociadas al sistema cardiovascular<sup>9,10</sup>.

Por otra parte, la diferencia en la tendencia temporal de la respuesta fisiológica de trabajo se puede explicar en el contexto de que la PC6m es de naturaleza multidimensional e inespecífica según los aportes de sistemas al servicio del movimiento humano así como de las dimensiones del movimiento documentadas<sup>14</sup>. Al respecto, se ha descrito que las dimensiones de precisión y adaptabilidad dependen de la integridad del sistema somato-sensorial<sup>28</sup> así como del control motor asociado<sup>29</sup>, las que se podrían considerar como variables aleatorias que no fueron utilizadas en el modelo

y que efectivamente son muy sensibles en sujetos que presentan una condición de RC.

### -Tendencia temporal de la respuesta fisiológica de recuperación

Durante los últimos años, el comportamiento de la recuperación posterior a la ejecución de la PC6m ha recibido una particular atención tanto en enfoque comparativos dados por el ciclo vital<sup>30</sup> como en contextos de disfunción cardiopulmonar<sup>30,31</sup>. Sin embargo, el análisis de la curva contempla casi exclusivamente el comportamiento de los interceptos a un determinado tiempo de recuperación<sup>30</sup>.

Esta es la primera investigación que evalúa el comportamiento de la pendiente de recuperación al finalizar la PC6m en AM autovalentes con y sin RC. Al respecto, la diferencia comparativa según el RC al finalizar el primer minuto es similar a los reportados en la literatura tanto para condiciones post-operatorias<sup>31</sup> como en contextos de intervenciones de prevención secundaria<sup>32</sup>. Validando de esta manera el comportamiento temporal obtenido en la presente investigación según el RC como factor de morbilidad funcional (figura 4).

### Conclusiones

La tendencia temporal de la respuesta fisiológica de AM autovalentes con RC positivo presenta, en comparación a aquellos con RC negativo, una desaceleración con una pendiente de trabajo de -1,32 (lat/min) en cada minuto de caminata [IC<sub>95%</sub> = -2,26; -0,38] y una de recuperación más lenta de 2,68 (lat/min) por cada minuto de reposo [IC<sub>95%</sub> = 0,97; 4,38].

La variable tiempo es importante para desarrollar pronóstico y ventanas terapéuticas según criterios de ingreso y salida<sup>33</sup>. De esta manera se dispone de una nueva herramienta de análisis de datos para la toma de decisiones y el razonamiento profesional en Kinesiología.

### Agradecimientos

A nuestros queridos adultos mayores, quienes colaboraron con el desarrollo de esta investigación.

Muchas gracias por todo y perdón por nuestra mezquindad e incompreensión.

Yo no creo en la edad.  
 Todos los viejos  
 llevan  
 en los ojos  
 un niño,  
 y los niños  
 a veces  
 nos observan  
 como ancianos profundos.  
 Mediremos  
 la vida  
 por metros o kilómetros  
 o meses?  
 Tanto desde que naces?  
 Cuanto  
 debes andar  
 hasta que  
 como todos  
 en vez de caminarla por encima  
 descansemos, debajo de la tierra?

Fragmento del poema Oda a la edad,  
 Tercer libro de las odas, 1957, Pablo Neruda.

## Referencias

- University of Dundee. (2017). Growth curve analysis (in R). LaRC. Consultado el día 12 de diciembre del 2017. Disponible en: [https://www.uni-stuttgart.de/linguistik/sfb732/files/slides\\_melinger\\_gca.pdf](https://www.uni-stuttgart.de/linguistik/sfb732/files/slides_melinger_gca.pdf)
- Piper, M. C., Pinnell, L. E., Darrah, J., Maguire, T., & Byrne, P. J. (1992). Construction and validation of the Alberta Infant Motor Scale (AIMS). *Canadian journal of public health = Revue canadienne de sante publique*, 83, S46-50.
- Cisternas, Y. C., & Marzuca-Nassar, G. N. (2016). Criterios de valoración geriátrica integral en adultos mayores autovalentes y en riesgo de dependencia en centros de atención primaria en Chile. *REEM*, 3(1): 30-41.
- Fritz, S., & Lusardi, M. (2009). White paper: "walking speed: the sixth vital sign". *Journal of geriatric physical therapy*, 32(2), 2-5.
- Bautmans, I., Lambert, M., & Mets, T. (2004). The six-minute walk test in community dwelling elderly: influence of health status. *BMC geriatrics*, 4(1), 6.
- Mancilla, S. E., Morales, B. P., & Medina-González, P. (2014). Rendimiento en el test de marcha de seis minutos según género, edad y nivel funcional de adultos mayores controlados en centros de salud familiar de Talca. *REEM*, 1(2): 38-44.
- Medina-González, P., Mancilla, E., Muñoz, R., & Escobar, M. (2015). 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. *Revista médica de Chile*, 143(4), 484-492.
- Wheatley, C. M., Snyder, E. M., Johnson, B. D., & Olson, T. P. (2014). Sex differences in cardiovascular function during submaximal exercise in humans. *SpringerPlus*, 3(1), 445.
- Saibene, F., & Minetti, A. E. (2003). Biomechanical and physiological aspects of legged locomotion in humans. *European journal of applied physiology*, 88(4), 297-316.
- Schrack, J. A., Simonsick, E. M., & Ferrucci, L. (2010). The energetic pathway to mobility loss: an emerging new framework for longitudinal studies on aging. *Journal of the American Geriatrics Society*, 58(s2).
- Nakao, H., Yoshikawa, T., Hara, T., Wang, L., Suzuki, T., & Fujimoto, S. (2007). Thresholds of physical activities necessary for living a self-supporting life in elderly women. *Osaka city medical journal*, 53(2), 53.
- Fried, L. P., Tangen, C. M., Walston, J., Newman, A. B., Hirsch, C., Gottdiener, J., & McBurnie, M. A. (2001). Frailty in older adults: evidence for a phenotype. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, 56(3), M146-M157.
- Bean, J. F., Kiely, D. K., Leveille, S. G., Herman, S., Huynh, C., Fielding, R., & Frontera, W. (2002). The 6-minute walk test in mobility-limited elders: what is being measured?. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, 57(11), M751-M756.
- Muñoz-Cofré, R., Medina-González, P., & Escobar-Cabello, M. (2016). Análisis del comportamiento temporal de variables fisiológicas y de esfuerzo en sujetos instruidos en la prueba de marcha de 6 minutos: complemento a la norma de la Sociedad Americana del Tórax. *Fisioterapia*, 38(1), 20-27.
- Bassett DR Jr. Scientific contributions of A. V. Hill: exercise physiology pioneer. *J Appl Physiol* (1985). 2002 Nov;93(5):1567-82.
- MINSAL. Manual de Aplicación del Examen de Medicina Preventiva del Adulto Mayor. Consultado el

- día 7 de diciembre del 2017. Disponible en: <http://www.minsal.gob.cl/portal/url/item/ab1f81f43ef0c2a6e04001011e011907.pdf>
17. Mancilla, E., Valenzuela, J., & Escobar, M. (2015). Rendimiento en las pruebas “Timed Up and Go” y “Estación Unipodal” en adultos mayores chilenos entre 60 y 89 años. *Revista médica de Chile*, 143(1), 39-46.
18. Crawley, M. J. (2012). *The R book*. John Wiley & Sons.
19. Cayuela, L. (2014). Modelos lineales mixtos (LMM) y modelos lineales generalizados mixtos (GLMM) en R. Universidad Rey Juan Carlos. España.
20. RStudio Team (2020). RStudio: Integrated Development for R. RStudio, PBC, Boston, MA URL <http://www.rstudio.com/>
21. University of Southern California - Division of physical therapy and biokinesiology. Fundamental principles of Biokinesiology [Internet]. Consultado el día 8 de diciembre del 2017. Disponible en: [http://pt.usc.edu/Education/Programs/Biokinesiology/About\\_Biokinesiology/](http://pt.usc.edu/Education/Programs/Biokinesiology/About_Biokinesiology/)
22. Alhowikan, A. M., Alfaifi, A., Almutairi, B., Alzamil, O., & Aleid, M. (2016). Heart Rate Beat-to-Beat Slope Change during Six-Minute Walk Test: a Useful Clinical Tool for Estimating Fitness level. *La Tunisie medicale*, 94(12), 879.
23. Aleid, M. (2018). Changes in beat by beat heart rate slopes during six minute walk test among healthy adult Saudi male students. *Arterial hypertension*, 13, 15.
24. Tonelli, A. R., Wang, X. F., Alkukhun, L., Zhang, Q., Dweik, R. A., & Minai, O. A. (2014). Heart rate slopes during 6-min walk test in pulmonary arterial hypertension, other lung diseases, and healthy controls. *Physiological reports*, 2(6), e12038.
25. Duncan, M. J., Mota, J., Carvalho, J., & Nevill, A. M. (2015). An evaluation of prediction equations for the 6 minute walk test in healthy European adults aged 50-85 years. *PLoS one*, 10(9), e0139629.
26. Enright, P. L., McBurnie, M. A., Bittner, V., Tracy, R. P., McNamara, R., Arnold, A., & Newman, A. B. (2003). The 6-min walk test: a quick measure of functional status in elderly adults. *Chest*, 123(2), 387-398.
27. Troosters, T., Gosselink, R., & Decramer, M. (1999). Six minute walking distance in healthy elderly subjects. *European Respiratory Journal*, 14(2), 270-274.
28. Espinoza Araneda, J., & Mancilla Solorza, E. (2013). Plantar cutaneous sensibility and dynamic balance in healthy elderly of the community: relational study. *Fisioterapia e Pesquisa*, 20(4), 310-315.
29. Ng, S. S., Tsang, W. W., Cheung, T. H., Chung, J. S., To, F. P., & Phoebe, C. Y. (2011). Walkway length, but not turning direction, determines the six-minute walk test distance in individuals with stroke. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 92(5), 806-811.
30. Someya, F., Mugii, N., & Oohata, S. (2015). Cardiac hemodynamic response to the 6-minute walk test in young adults and the elderly. *BMC research notes*, 8(1), 355.
31. Chow, V., Ng, A. C., Seccombe, L., Chung, T., Thomas, L., Celermajer, D. S., & Kritharides, L. (2014). Impaired 6-min walk test, heart rate recovery and cardiac function post pulmonary embolism in long-term survivors. *Respiratory medicine*, 108(10), 1556-1565.
32. Lindemberg, S., Chermont, S., Quintão, M., Derossi, M., Guilhon, S., Bernardez, S., & Mesquita, E. T. (2014). Heart rate recovery in the first minute at the six-minute walk test in patients with heart failure. *Arquivos brasileiros de cardiologia*, 102(3), 279-287.
33. Medina-González P., Muñoz-Cofré R., Morales-Barrientos P., Escobar-Cabello M. (2016). Ventana Terapéutica para la intervención en fisioterapia/kinesiología: A propósito del caso de un adulto mayor institucionalizado en estado de postración. *REEM*. 3(1): 21-8.

### Conflictos de interés

El autor declara no tener conflictos de intereses al desarrollar este manuscrito.

### Correspondencia

paulmedinagonzalez@gmail.com; pmedina@ucm.cl;  
Teléfono: +56 71 2413622.  
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-6608-4054>. Research ID: AAB-9054-2020.