

Resultados y reproducibilidad a corto plazo de la prueba de lanzadera incremental (Incremental Shuttle Walking Test) en pacientes con enfermedad renal crónica en hemodiálisis

Results and short-term reproducibility of the Incremental Shuttle Walking Test in patients with chronic kidney disease on hemodialysis

Camila Mautner¹, Nataly Schneider¹, Rodrigo Contreras¹, Claudio Báez¹, Iván Rodríguez-Núñez²

RESUMEN

Antecedentes: La prueba de lanzadera incremental ha sido empleada para determinar la capacidad física en pacientes con enfermedad renal crónica. Sin embargo, su aplicabilidad y reproducibilidad ha sido poco estudiada en pacientes bajo tratamiento de hemodiálisis. El objetivo de este estudio fue evaluar el rendimiento y reproducibilidad de la prueba de lanzadera incremental en pacientes con enfermedad renal crónica en hemodiálisis. **Material y métodos:** Se incluyeron pacientes con enfermedad renal crónica en diálisis y sujetos sin enfermedad renal crónica. Cada individuo realizó dos pruebas de lanzadera incremental con un intervalo de 30 minutos. Se registró la distancia recorrida, velocidad máxima, frecuencia cardíaca y el esfuerzo percibido. La reproducibilidad se analizó mediante el cálculo del coeficiente de correlación intraclase y el error estándar de la media. Mediante el método de Bland-Altman, se calculó la discordancia de la distancia recorrida y la frecuencia cardíaca pico. Además, se calculó el cambio mínimo detectable para todos los parámetros de la prueba de lanzadera incremental. Un valor de $p < 0,05$ se consideró significativo.

Resultados: 68 sujetos entraron al estudio (34 pacientes con enfermedad renal crónica y 34 sujetos en el grupo control). Los pacientes con enfermedad renal crónica caminaron una

menor distancia recorrida respecto al grupo control (-40% ; $p < 0,0001$). En ambos grupos, se encontró una excelente confiabilidad test/retest en todas las medidas de resultado (cálculo del coeficiente de correlación intraclase $> 0,80$). Los registros del error estándar de medición y cambio mínimo detectable para la distancia recorrida fueron de 26,0 m y 72,1 m, respectivamente. El método de Bland-Altman para la distancia recorrida mostró una diferencia media de $-0,9$ m con límites de concordancia entre 65,5 y $-63,7$ m. **Conclusión:** Los pacientes con enfermedad renal crónica en hemodiálisis presentan un menor rendimiento durante la prueba de lanzadera incremental comparado con individuos sin enfermedad renal crónica. Las medidas de resultado de la prueba de lanzadera incremental presentan una alta reproducibilidad test/retest a corto plazo en este grupo de pacientes.

PALABRAS CLAVE: prueba de lanzadera incremental; ejercicio; enfermedad renal crónica; hemodiálisis; diálisis renal; capacidad física; confiabilidad

ABSTRACT

Introduction: The Incremental Shuttle Walk Test has been used to determine physical capacity in patients with chronic kidney disease. However, its applicability and reproducibility

1) Escuela de Kinesiología, Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad San Sebastián, Concepción, Chile

2) Departamento de Kinesiología, Facultad de Medicina, Universidad de Concepción, Concepción, Chile

Correspondencia:

Klgo. Iván Rodríguez-Núñez
ORCID: 0000-0002-8103-5093
ivanrodriguez@udec.cl

Financiamiento:

Recibió el apoyo de la Escuela de Kinesiología de la Universidad San Sebastián (Concepción, Chile).

Conflicto de intereses:

Ninguno que declarar.

Recibido: 20-09-2020

Corregido: 24-09-2020

Aceptación: 16-10-2020

have seldom been studied in hemodialysis patients. The objective of this study was to evaluate the performance and reproducibility of the incremental shuttle walk test in patients with chronic kidney disease on hemodialysis. **Methods:** Patients with chronic kidney disease on dialysis and subjects without chronic kidney disease were included. Each individual performed two Incremental Shuttle Walk Test with an interval of 30 minutes. We recorded the distance traveled, maximum speed, heart rate and perceived effort. Reproducibility was analyzed by calculating the intraclass correlation coefficient and the standard error of the mean. Using the Bland-Altman analysis, we calculated the discrepancy of the distance traveled and the peak heart rate. The minimum detectable change was also calculated for all parameters of the incremental shuttle walk test. A value of $p < 0.05$ was considered significant. **Results:** 68 subjects entered the study (34 were patients with chronic kidney disease, and 34 subjects constituted the control group). Patients with chronic kidney disease walked a shorter distance than those in the control group (-40%; $p < 0.0001$). In both groups, excellent test-retest reliability was found in all outcome measurements (intraclass correlation coefficient calculation > 0.80). The standard error of measurement and the minimum detectable change for the distance traveled were 26.0 m and 72.1 m, respectively. The Bland-Altman analysis for the distance traveled showed a mean difference of -0.9 m with limits of agreement between 65.5 and -63.7 m. **Conclusion:** Patients with chronic kidney disease on hemodialysis show lower performance during the incremental shuttle walk test, compared to individuals without chronic kidney disease. The outcome measurements of the Incremental Shuttle Walk Test show high test-retest reproducibility in the short run in this group of patients.

KEYWORDS: incremental shuttle walk test; exercise; chronic kidney disease; hemodialysis; renal dialysis; physical performance; reliability

INTRODUCCIÓN

La enfermedad renal crónica (ERC) es un factor de riesgo independiente de enfermedad cardiovascular, con una tasa de prevalencia global que alcanza el 9,1% en la población general.⁽¹⁻³⁾ En Latinoamérica la prevalencia de esta enfermedad

se ha incrementado de manera creciente, principalmente en países como Brasil, Argentina, Puerto Rico, México, Chile y Uruguay.⁽⁴⁾

Las alteraciones metabólicas y la debilidad muscular son afecciones comunes en pacientes con ERC, especialmente en aquellos que se encuentran en el estadio 5 de la enfermedad,⁽⁵⁻⁶⁾ quienes a menudo se someten a largos y frecuentes períodos de inactividad física durante las sesiones de hemodiálisis (HD). Esto promueve la activación de mecanismos de atrofia muscular, lo que impacta negativamente la funcionalidad y la capacidad cardiopulmonar de estos pacientes.⁽⁵⁻⁷⁾

La capacidad física, cuantificada directamente mediante el consumo de oxígeno máximo ($VO_{2\text{ peak}}$), ha ganado relevancia en los últimos años, por ser una variable que ha mostrado una estrecha relación con el pronóstico de los pacientes con ERC.⁽⁸⁻⁹⁾ Sin embargo, su determinación directa demanda recursos técnicos que dificultan su aplicación en el escenario clínico.⁽¹⁰⁾ Por este motivo, en los últimos años, se han desarrollado y validado una serie de pruebas de campo que permiten la estimación indirecta de la capacidad física en pacientes con ERC, como: el test de marcha de 6 minutos, la prueba de sentarse y pararse y el “*Timed Up and Go*”, las cuales, han mostrado excelentes propiedades de medición.⁽¹¹⁻¹⁶⁾

La prueba de lanzadera incremental (ISWT, por sus siglas en inglés Incremental Shuttle Walk Test), desarrollada inicialmente para pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica,⁽¹⁷⁾ también ha sido utilizada en pacientes con ERC.⁽¹⁸⁻²⁰⁾ Los estudios muestran resultados promisorios que permiten respaldar su utilidad y aplicabilidad en este grupo de pacientes.⁽²¹⁻²³⁾ Reportes recientes han revelado que el ISWT presenta una adecuada confiabilidad en pacientes con ERC en estadios leves a moderados de la enfermedad,⁽¹⁵⁻¹⁶⁾ sin embargo, no existen datos específicos en pacientes con ERC avanzada subsidiarios de HD.

De acuerdo con el protocolo estándar, el resultado del ISWT se obtiene a partir del valor más alto de dos pruebas consecutivas, con 30 minutos de intervalo entre ellas,⁽²⁴⁾ lo que dificulta su aplicación en personas con compromiso severo de la capacidad funcional.⁽²⁵⁾ Además, se ha observado que pacientes con ERC avanzada podrían presentar variaciones en su desempeño funcional durante los períodos de HD, pudiendo

impactar negativamente la reproducibilidad del ISWT.⁽²⁶⁾ En esta línea, un estudio reciente mostró que el error estándar de medición (EEM) del ISWT sería mayor en pacientes con ERC y HD, comparado a pacientes en estadios menos severos de la enfermedad. Sin embargo, debido al pequeño número de pacientes hemodializados estudiados (n=10), no fue posible establecer conclusiones definitivas.⁽²⁷⁾

El conocimiento específico de las propiedades de medición del ISWT en pacientes con ERC en HD contribuiría a una correcta interpretación de sus resultados, lo que incrementaría su utilidad para la evaluación funcional de estos pacientes. Por lo tanto, el objetivo del presente estudio fue describir el rendimiento y evaluar la confiabilidad test/retest a corto plazo del ISWT en pacientes con ERC en HD de Valdivia, Chile.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se trata de un ensayo controlado no aleatorizado realizado en tres centros de HD de la ciudad de Valdivia, Chile. Mediante un diseño de medidas repetidas, los sujetos de estudio realizaron dos ISWT consecutivos con 30 minutos de intervalo, de acuerdo con estudios de confiabilidad del ISWT realizados previamente.⁽²⁸⁾

Todos los sujetos firmaron un consentimiento informado y el protocolo de investigación fue aprobado por el Comité de Ética en Investigación Humana del Servicio de Salud de Valdivia (Cod: 063).

Población y muestra

Se incluyeron pacientes adultos con ERC en etapa V (mayores de 18 años) que recibían HD. Los criterios de exclusión fueron: existencia de limitación visual, auditiva y/o cognitiva, trastorno del ritmo cardíaco, insuficiencia cardíaca, enfermedad respiratoria crónica o aguda notificada tres meses antes del comienzo del estudio. Las personas que participaron en un programa de entrenamiento físico durante tres meses antes del estudio también fueron excluidas.

El tamaño de la muestral se calculó según el número mínimo requerido para realizar análisis de confiabilidad con el método de Bland-Altman.⁽²⁹⁾ Se consideró una discordancia media de la DR (distancia recorrida) durante el SWT equivalente a un trayecto de ida o vuelta (*shuttle=10 m*). También se consideró una desviación estándar

(DE) de 3 m y una diferencia máxima permitida entre las pruebas de 20 m (2 trayectos de ida o vuelta). Por lo tanto, con un error de tipo I del 5% y un error de tipo II del 20%, el número mínimo de sujetos para realizar este estudio fue de 26 personas en cada grupo.

Evaluación de los parámetros antropométricos y cardiovasculares

Las evaluaciones se realizaron en el Laboratorio de Fisiología del Ejercicio Físico de la Universidad de San Sebastián (Chile). Todos los individuos recibieron información sobre los objetivos del estudio y fueron familiarizados con el ISWT. Las pruebas se realizaron 24 horas después de la última sesión de diálisis de cada paciente.

Veinte minutos antes del primer test se registró el peso, estatura, los parámetros cardiorrespiratorios de reposo y los antecedentes de la historia clínica. El peso se evaluó mediante una balanza digital calibrada y la estatura con una cinta métrica. El IMC se calculó mediante la fórmula de Quetelet (peso/estatura²). Por su parte, la frecuencia cardíaca (FC) se midió mediante un sensor de ritmo cardíaco Polar H7 sincronizado con un monitor Polar V800.⁽³⁰⁾ La presión arterial (PA) se midió a través del método auscultatorio y la percepción del esfuerzo mediante la escala de Borg 6-20.⁽³¹⁾

Prueba de lanzadera incremental

El ISWT se realizó en dos oportunidades en una misma sesión, con un intervalo de 30 minutos de reposo. El test realizó de acuerdo al protocolo publicado por Singh y col.,⁽¹⁷⁾ que consiste en caminar de ida y vuelta a lo largo de un circuito recto de 10 m, delimitado por dos conos ubicados a 0,5 m de los extremos. La velocidad de caminata se establece a través de una señal sonora a una frecuencia progresiva, comenzando con una velocidad de caminata de 0,62 m/s e incrementos de 0,17 m/s cada un minuto. De acuerdo con el protocolo estandarizado, la finalización de la prueba se determina por la aparición de signos y/o síntomas cardiorrespiratorios (saturación de oxígeno < al 80% o percepción del esfuerzo >18) o cuando el paciente no alcanza el otro extremo del circuito antes de la siguiente señal sonora.

Las variables de interés del ISWT corresponden a la DR y la velocidad máxima de caminata, las que se registraron al finalizar ambas pruebas.

Adicionalmente, se registró la FC antes, durante y después de las pruebas. Específicamente, la FC se midió de forma continua a través del sensor de ritmo cardiaco Polar H7. Los datos de FC se almacenaron en el monitor Polar V800 y posteriormente se exportaron a la plataforma PolarFlow (<<https://flow.polar.com>>), desde donde se extrajeron los valores de FC antes, durante (últimos 30 segundos de cada minuto) e inmediatamente después del ISWT 1 y 2. Además, se estimó en ambos test, el VO_{2peak} , a través de la fórmula publicada por Neves y col. ($VO_{2peak} = 37,44 - [1,081 \times IMC] + [10,151 \times Vmax \text{ de caminata}]$).⁽³²⁾

Análisis estadístico

Para determinar la distribución de las variables utilizó la prueba Shapiro-Wilk. Los datos paramétricos se expresaron como media y desviación estándar. Cuando correspondió, los datos se expresaron como mediana y rango (máximo y mínimo). La comparación de variables cualitativas se analizó mediante la prueba de Chi cuadrado.

Para comparar las variables cuantitativas entre el ISWT 1 y 2 se utilizó la prueba t-Student para muestras pareadas. La prueba t-Student para muestras independientes se utilizó para comparar las variables cuantitativas entre los grupos estudiados (control y HD).

La reproducibilidad se determinó mediante análisis de confiabilidad relativa a través del coeficiente de correlación intraclase (CCI). Un CCI entre 0,80-1,0 se categorizó como excelente, entre 0,60-0,79 bueno y 0,5-0,6 como pobre.⁽³³⁾

El análisis de confiabilidad absoluta se realizó mediante el cálculo del EEM, el cual se calculó como: $SD_{(diferencia \text{ promedio})} / \sqrt{2}$. Adicionalmente, el cambio mínimo detectable (CMD) se calculó como: $1,96 * \sqrt{2} * EEM$.⁽³⁴⁾

Mediante el método de Bland-Altman se calculó la discordancia media y el 95% de intervalo de confianza de los límites de discordancia para las principales variables de interés del ISWT. Un valor de $p < 0,05$ se consideró como estadísticamente significativo. Todos los procedimientos estadísticos se realizaron en el software MedCalc, versión 19.1.3 (MedCalc Software bv, Ostend, Belgium; 2019).

RESULTADOS

Al estudio ingresaron 34 pacientes con ERC

y 34 individuos sin ERC. No existió diferencia significativa en la edad, la distribución por sexo y en la composición corporal. En los pacientes con ERC en HD se observó una mayor FC de reposo ($p=0,0005$), menor frecuencia de tabaquismo ($p=0,0320$) y una mayor frecuencia de diabetes tipo II ($p=0,0234$). Adicionalmente, en este grupo se observó una mayor frecuencia de uso de fármacos beta-bloqueadores ($p=0,0045$) (**Tabla 1**). Por su parte, la duración de la ERC fue de 6.5 años y el período de tiempo en HD fue de 3,0 años en este grupo de pacientes. (**Tabla 2**)

Todos los sujetos de estudio finalizaron correctamente los ISWT 1 y 2. La PE en ambas pruebas fue de 11 ± 3 y 11 ± 3 en el grupo control y en los pacientes con ERC, sin diferencias entre la primera y la segunda prueba. Los resultados descriptivos de las variables de interés del SWT se muestran en la **Tabla 3**. En ambas pruebas, los pacientes con ERC presentaron una menor FC pico, VO_2E , $Vmax$ y DR, respecto al grupo control ($p < 0,05$) (**Tabla 3**). No se observó diferencia significativa en la FC de reposo o la FC pico, entre usuarios y no usuarios de beta bloqueadores.

En ambos grupos, los parámetros del ISWT presentaron una confiabilidad categorizada como excelente (CCI $> 0,80$), no obstante, en el grupo de pacientes con ERC las cifras del CCI fueron mayores, con IC más estrechos, respecto a los calculados en el grupo control.

Por otra parte, en el VO_2E , $Vmax$ y la DR se obtuvo un menor EEM y CMD en los pacientes con ERC, comparado al grupo control. En la FC pico, los valores del EEM y del CMD fueron levemente superiores en los pacientes con ERC, respecto al grupo control. (**Tabla 4**)

Los resultados del análisis de confiabilidad, basado en el método de Bland-Altman, se muestran en la **Figura 1**. Para la DR, se calculó una discordancia media entre pruebas de $-0,9$ m (95% IC $-63,7$ a $65,5$ m) en el grupo con ERC y de -10 m (95% IC -134 a $112,5$ m) en el grupo control. Por su parte, para la FC pico la discordancia media en los pacientes con ERC fue de $-2,6$ lat/min (95% IC $-23,4$ a $18,1$ lat/min) y en el grupo control fue de $-0,2$ lat/min ($-19,9$ a $19,6$ lat/min).

Tabla 1. Características de los grupos estudiados

Variables	Control (n=34)	Hemodiálisis (n=34)	Valor P
Sexo (H/M)	21/13	21/13	1,0
Edad (años)	58,5 ± 14,1 (27-85) [#]	58,4 ± 13,3 (28-85) [#]	0,9761
Peso corporal (kg)	76,9 ± 14,5	72,7 ± 14,5	0,2366
Estatura (m)	1,6 ± 0,1	1,6 ± 0,1	1,0
IMC (kg/m ²)	28,1 ± 3,4	27,9 ± 5,5	0,8574
CC (cm)	98,2 ± 9,4	96,2 ± 16,3	0,5375
PAS reposo (mmHg)	128,8 ± 12,1	132,7 ± 31,8	0,5062
PAD reposo (mmHg)	79,5 ± 10,8	76,4 ± 12,5	0,2996
PAM reposo (mmHg)	96,0 ± 9,9	95,2 ± 16,9	0,8125
FC reposo (bpm)	67,1 ± 9,1	76,1 ± 11,1	0,0005
FC máxima (bpm)	162,0 ± 14,4	160,2 ± 14,0	0,6030
Saturación de O ₂ (%)	97,8 ± 0,9	98,1 ± 1,3	0,2726
Tabaquismo, n (%)	10 (29,4)	3 (8,8)	0,0320
Consumo de alcohol, n (%)	0 (0)	1 (2,9)	0,5617
Uso de betabloqueadores, n (%)	3 (8,8)	13 (38,2)	0,0045
Hipertensión, n (%)	17 (50,0)	23 (68,0)	0,1342
Diabetes tipo II, n (%)	4 (11,8)	12 (35,3)	0,0234
Dislipidemia, n (%)	13 (38,2)	14 (41,2)	0,8019
Dos o más comorbilidades (hipertensión, diabetes y/o dislipidemia) n (%) [*]	10 (29,4)	17 (50)	0,0849

Valores son expresados en promedio y desviación estándar; [#] rango (max - min); **IMC**: índice de masa corporal; **CC**: circunferencia de cintura; **HD**: hemodiálisis; **ERC**: enfermedad renal crónica; **DM**: diabetes mellitus; **PAS**: presión arterial sistólica; **PAD**: presión arterial diastólica; **FC**: frecuencia cardiaca

Tabla 2. Características específicas de los pacientes en HD

Variables	Resultados (n=34)
Años con ERC (n de años)	6,5 (1-34) [*]
Años en HD (n de años)	3,0 (1-11) [*]
Hemoglobina (mg/dl)	11,3 ± 1,5
Hematocrito (%)	33,9 ± 4,7
P (mmol/L)	5,3 ± 1,4
Ca (mmol/L)	8,8 ± 0,7

ERC: enfermedad renal crónica; **HD**: hemodiálisis. Resultados son expresados en promedio y desviación estándar; ^{*}= resultados expresados en mediana y rango (max - min)

Tabla 3. Resultados descriptivos del ISWT 1 y 2

Variables	Control (n=34)	Hemodiálisis (n=34)	% Δ	Valor P
FC pico (lat/min)				
Prueba 1	123,6 ± 22,9	105,3 ± 21,2	-14,9	0,0011
Prueba 2	123,7 ± 22,2	107,9 ± 22,4	-12,8	0,0048
VO ₂ E (ml/kg/min)				
Prueba 1	63,2 ± 13,4	51,2 ± 13,3	-19,0	0,0004
Prueba 2	63,6 ± 11,7	51,2 ± 13,5	-19,5	0,0001
Vmax (km/h)				
Prueba 1	5,5 ± 1,2	4,3 ± 0,8	-21,8	<0,0001
Prueba 2	5,6 ± 1,1	4,3 ± 1,0	-23,2	<0,0001
DR (m)				
Prueba 1	460,6 ± 183,7	282,6 ± 117,1	-38,6	<0,0001
Prueba 2	471,5 ± 165,1	281,8 ± 124,4	-40,2	<0,0001

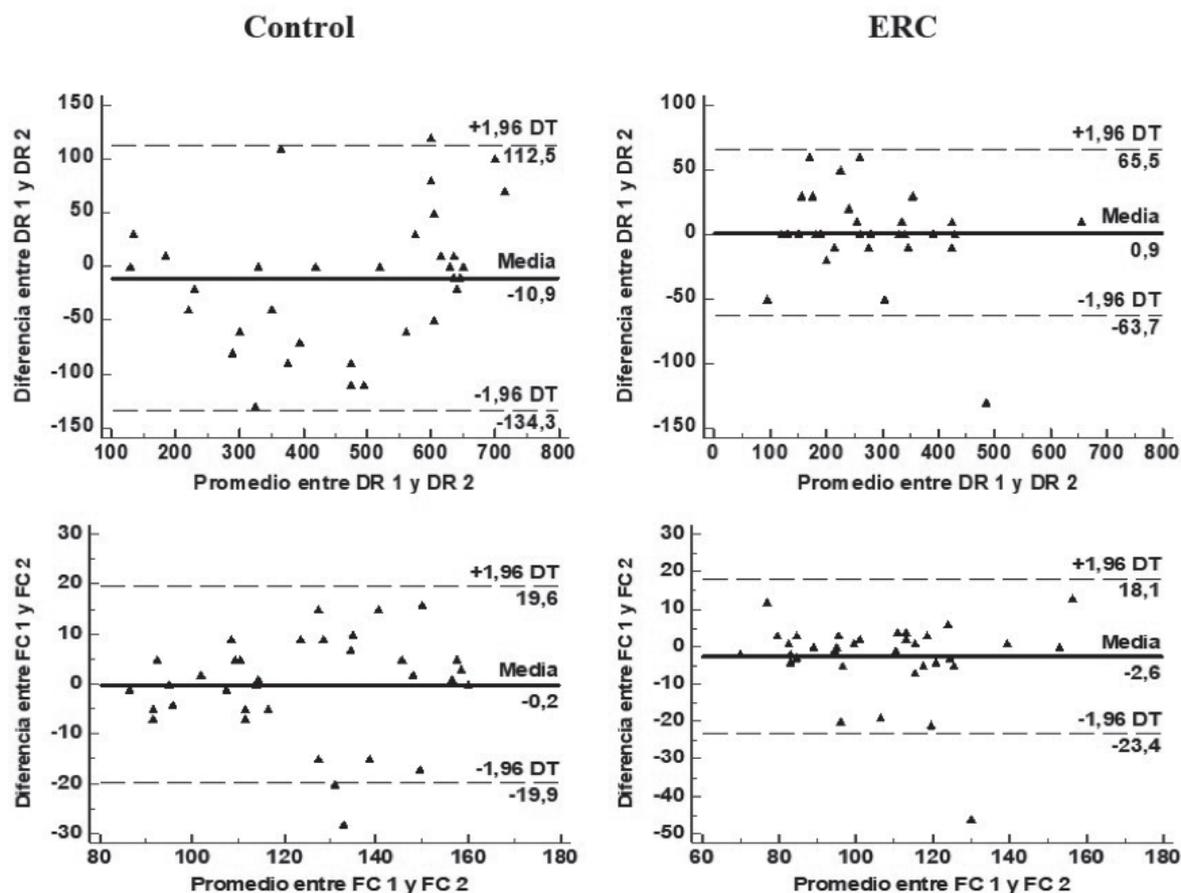
FC: frecuencia cardiaca; **VO₂E:** consumo de oxígeno máximo estimado; **Vmax:** velocidad máxima; **DR:** distancia recorrida. % Δ: [Variable grupo control – Variable grupo ERC] / Variable grupo control] ×100. Resultado se expresa en promedio ± desviación estándar

Tabla 4. Parámetros de reproducibilidad del ISWT

Variable	Control (n=34)			ERC (n=34)		
	CCI	EEM	CMD	CCI	EEM	CMD
FC pico (lat/min)	0,90 (0,81 – 0,95)	7,12	19,7	0,98 (0,97 – 0,99)	7,50	20,8
VO ₂ E (ml/kg/min)	0,94 (0,89 – 0,97)	3,1	8,6	0,98 (0,97 – 0,99)	2,19	6,1
Vmax (km/h)	0,93 (0,87 – 0,97)	0,43	1,2	0,97 (0,95 – 0,99)	0,21	0,58
DR (m)	0,94 (0,87 – 0,97)	44,5	123,3	0,97 (0,95 – 0,99)	26,0	72,1

FC: frecuencia cardiaca; **VO₂E:** consumo de oxígeno máximo estimado; **Vmax:** velocidad máxima; **DR:** distancia recorrida; **EEM:** error estándar de medición; **CMD:** cambio mínimo detectable

Figura 1. Análisis de concordancia según el método de Bland-Altman. Línea continua muestra la discordancia media y la línea segmentada el 95% de IC de los límites de discordancia. **DR:** distancia recorrida. **FC:** frecuencia cardiaca al final del ISWT (peak)



DISCUSIÓN

El presente estudio se realizó con el propósito de determinar el rendimiento y la reproducibilidad del ISWT en pacientes con ERC terminal. Los principales hallazgos sugieren: 1) los pacientes con ERC en HD presentan una menor capacidad física evaluada mediante el ISWT comparado a sus pares sin ERC; 2) las variables de interés del ISWT presentan una alta reproducibilidad test/retest a corto plazo en este grupo de pacientes.

Numerosos estudios muestran que los pacientes con ERC presentan un deterioro variable de su capacidad física, dependiente de la severidad de la enfermedad.(35-37) Específicamente, los estudios que han empleado el ISWT han registrado una DR que oscila entre 409 m y 290 m en pacientes con ERC,(15, 23, 27) lo cual es inferior a valores reportados en población general (\approx 50%).(38)

En Chile no existen valores de referencia para el ISWT, no obstante, en Sudamérica se han

publicado ecuaciones predictivas para poblaciones con características semejantes a la población chilena. Jürgensen y col. reportó valores de normalidad y ecuaciones predictivas para la DR del ISWT en adultos mayores (59 ± 10 años) brasileños, quienes alcanzaron una DR de 606 ± 167 en hombres y 446 ± 117 en mujeres.(38) De acuerdo con estas ecuaciones, la DR en el grupo control alcanzó un 91,3% y 93,5% en el SWT 1 y 2 respectivamente, lo cual, sugiere que el rendimiento del grupo control podría ser equivalente al observado en población general con características demográficas similares.

En nuestro estudio, los pacientes con ERC recorrieron una distancia de 282,6 m en el ISWT 1 y 281,8 m en el ISWT 2, lo que equivale a un 61,4% y 59,8% de las cifras observadas en el grupo control ($p < 0,0001$). Incluso, este rendimiento es inferior al reportado en estudios previos realizados con pacientes en HD. Hadjiioannou y col., registraron distancias de 337,8 m y 318,9 m en

el ISWT 1 y ISWT 2 en pacientes con ERC en HD.(27)

Es probable que las comorbilidades asociadas a la ERC hayan afectado el rendimiento físico de los pacientes con ERC durante ISWT, considerando que un 68% de ellos presentó hipertensión, 35,3% diabetes, y 41,2 % dislipidemia; incluso, el 50% de los pacientes presentó dos o más enfermedades. Cada uno de estos factores se asocia de forma independiente con una caída en la capacidad cardiopulmonar.(39-40)

No se observó diferencia significativa entre el ISWT1 e ISWT2 en los grupos estudiados. Sin embargo, en el grupo control el 82,4% de los sujetos (n= 28) recorrió una mayor DR en la segunda prueba, con una diferencia promedio de 11 m. Esto concuerda con estudios previos que han mostrado una mayor DR en el ISWT 2 comparado al ISWT1 en adultos mayores saludables,(38, 41) pudiendo alcanzar una diferencia de 20 m entre dos pruebas consecutivas, con intervalos de reposo de 30 minutos.(42)

Por el contrario, en el grupo ERC solo un 32,3% (n=11) recorrió una mayor DR en el ISWT2. Incluso un 23,5% (n=8) recorrió una menor DR durante la segunda prueba, con una disminución promedio de 36,2 m en la DR del ISWT 2. Numerosos estudios muestran que los pacientes con ERC en etapa terminal presentan un menor umbral de fatiga muscular, lo que puede explicar el menor desempeño observado en los pacientes con ERC durante el ISWT2.(6, 26, 43)

En relación con la confiabilidad relativa del ISWT, se observó en ambos grupos valores del CCI categorizados como excelentes (cálculo del coeficiente de correlación intraclase, ICC >0,8). Esto se relaciona bien con estudios previos que han evaluado la confiabilidad del ISWT en enfermedades cardiovasculares y respiratorias, considerando intervalos de tiempo similar entre pruebas.(22) En pacientes con ERC, los estudios existentes han reportado una excelente confiabilidad con un intervalo de 6 meses entre evaluaciones (CCI=0,97).(15) En el estudio de Hadjiioannou y col. se analizó la confiabilidad del ISWT en pacientes con ERC con distintos niveles de severidad, considerando 16 días de intervalo entre pruebas. Sus resultados arrojaron un CCI global de 0,95 (95% IC 0,90 – 0,97), sin embargo en el grupo de pacientes en diálisis (n=10) el CCI se redujo a 0,80 (ICC= 0,35 – 0,95).(27)

En nuestro estudio, el grupo ERC presentó una mayor confiabilidad relativa, con intervalos de confianza más estrechos, comparado al grupo control (CCI=0,97 vs CCI= 0,94). Esto fue refrendado en el gráfico de Bland-Altman, mostrando en la DR una menor discordancia media en los pacientes con ERC, comparado el grupo control (0,9 m vs -10,9 m)

Es sabido que las causas que subyacen a la discordancia normal entre dos ISWT consecutivas se explican, en parte, debido a un mejor desempeño durante la segunda prueba. Esto ha sido documentado extensivamente, tanto en sujetos sanos, como en poblaciones con enfermedades crónicas.(24) No obstante, los pacientes con ERC en HD presentan limitaciones funcionales severas que reducen esta diferencia entre pruebas consecutivas. Nuestros hallazgos respaldan estas hipótesis, debido a que un 44,1% (n=15) de los pacientes con ERC presentó la misma DR en ambas pruebas ($\Delta=0$) y un 23,5 % recorrió menos distancia en el ISWT 2 ($\Delta=36,2$ m). Estos resultados en su conjunto respaldan la idea de que en pacientes con ERC en HD la realización de un solo ISWT, podría ser suficiente para obtener resultados válidos y confiables.

En el resto de las variables, encontramos también una excelente confiabilidad relativa entre las pruebas, con tendencias similares a las observadas en la DR. Específicamente en la FC pico encontramos un ICC mayor en el grupo ERC, comparado al grupo control, con intervalos de confianza distintos (ERC= CCI 0,97 – 0,99 vs control= 0,81 – 0,95). Es probable que el uso de beta bloqueadores en el grupo de pacientes con ERC (38,2%) haya contribuido a reducir la discordancia de la FC pico, como ha sido sugerido en estudios previos.(44)

El EEM es una estimación de las variaciones esperadas en un conjunto de observaciones estables, donde podemos suponer que no se ha producido ningún cambio real.(45) En nuestro estudio, el EEM de la DR fue de 26,0 m en los pacientes con ERC, menor al calculado en el grupo control 44,5 m. Estos resultados concuerdan con reportes previos. Hadjiioannou y col. reportaron valores de EEM de 47,3 y 32,1 m para pacientes con ERC con y sin HD. Wilkinson, en pacientes con ERC en estadio 1-3 reportaron un EEM para el ISWT de 7,1 m.(15)

Los otros parámetros del ISWT presentaron

valores del EEM, que alcanzaron cifras entre el 4% y el 29% del valor promedio.(22) Específicamente, el EEM para la FC peak, Vmax y VO2E fue 7,0%, 4,9% y 4,3%, similar a estudios que han reportado coeficientes de variación que oscilan 6,9% y 16,4% de sus respectivos valores promedio.(22)

El CMD se define como la mínima magnitud de cambio en una variable, que ocurre por encima del error de medición del instrumento.(45) En el estudio actual, el CMD en todos los parámetros fue inferior en pacientes con ERC, comparado al grupo control. En la DR, el CMD fue de 72,1 m, similar a valores reportados en estudios previos,(15, 27) sin embargo, en pacientes con EPOC y con enfermedades cardiovasculares se han registrado valores de CMD inferiores (entre 35,0 y 48,0 m).(46) Vale la pena considerar que, a diferencia de los sujetos con enfermedad cardiorrespiratoria, los pacientes con ERC suelen tener un deterioro muscular esquelético sustancial, acompañado de cambios significativos en su estado metabólico y funcional.(26, 43, 47) Estos mecanismos fisiopatológicos pueden incrementar la variabilidad en la capacidad de ejercicio en pacientes con ERC, principalmente aquellos que requieren diálisis.

Este estudio presenta ciertas limitaciones que deben ser mencionadas. En primer lugar, nuestra población era una muestra oportunista tomada de la red centros de diálisis privados de la ciudad de Valdivia (Chile), por lo tanto, estos resultados no pueden ser extrapolados a la población chilena de pacientes con ERC en HD. Otra limitación fue el pequeño intervalo considerado entre las pruebas (30 min), lo que impide extrapolar exactamente estos resultados a periodos de tiempo mayores.

Finalmente es posible concluir que los pacientes con ERC en HD presentan un menor rendimiento durante el ISWT comparado a individuos sin ERC. Por su parte el ISWT muestra una excelente reproducibilidad en este grupo de pacientes, sugiriendo que una sola prueba sería suficiente para obtener datos precisos del ISWT.

Por otra parte, los valores calculados del CMD pueden utilizarse en la interpretación de los cambios inducidos por intervenciones terapéuticas, de manera que diferencias sobre 72,1 m (\approx 7 shuffles) pueden ser interpretados como “cambios verdaderos”, post intervención, en pacientes con ERC en HD.

Estos resultados podrían ser útiles para optimizar el proceso de evaluación y análisis funcional a

corto plazo de los pacientes con ERC en HD, no obstante, futuros estudios se requieren para verificar la reproducibilidad del ISWT, considerando intervalos de tiempo más prolongados.

BIBLIOGRAFÍA

- 1) Glasscock RJ, Warnock DG, Delanaye P. The global burden of chronic kidney disease: estimates, variability and pitfalls. *Nat Rev Nephrol.* 2017;13(2):104-14. doi: 10.1038/nrneph.2016.163.
- 2) Biljak VR, Aakre KM, Yucel D, Bargnoux AS, Cristol JP, Piéroni L. A Pathway to National Guidelines for Laboratory Diagnostics of Chronic Kidney Disease - Examples from Diverse European Countries. *EJIFCC.* 2017;28(4):289-301.
- 3) Carney EF. The impact of chronic kidney disease on global health. *Nat Rev Nephrol.* 2020;16(5):251. doi: 10.1038/s41581-020-0268-7.
- 4) Pecoits-Filho R, Sola L, Correa-Rotter R, Claudel-Granado R, Douthat WG, Bellorin-Font E; International Society of Nephrology Regional Board. Kidney disease in Latin America: current status, challenges, and the role of the ISN in the development of nephrology in the region. *Kidney Int.* 2018;94(6):1069-72. doi: 10.1016/j.kint.2018.07.026.
- 5) Schardong J, Marcolino MAZ, Plentz RDM. Muscle atrophy in chronic kidney disease. *Adv Exp Med Biol.* 2018;1088:393-412. doi: 10.1007/978-981-13-1435-3_18.
- 6) Pereira RA, Cordeiro AC, Avesani CM, Carrero JJ, Lindholm B, Amparo FC, *et al.* Sarcopenia in chronic kidney disease on conservative therapy: prevalence and association with mortality. *Nephrol Dial Transplant.* 2015;30(10):1718-25. doi: 10.1093/ndt/gfv133.
- 7) Andrade FP, Rezende PS, Ferreira TS, Borba GC, Müller AM, Rovedder PME. Effects of intradialytic exercise on cardiopulmonary capacity in chronic kidney disease: systematic review and meta-analysis of randomized clinical trials. *Sci Rep.* 2019;9(1):18470. doi: 10.1038/s41598-019-54953-x.
- 8) Torino C, Manfredini F, Bolignano D, Aucella F, Baggetta R, Barillà A, *et al.*; EXCITE Working Group. Physical performance and clinical outcomes in dialysis patients: a secondary analysis of the EXCITE trial. *Kidney Blood Press Res.* 2014;39(2-3):205-11. doi: 10.1159/000355798.
- 9) O'Hare AM, Tawney K, Bacchetti P, Johansen KL. Decreased survival among sedentary patients undergoing dialysis: results from the dialysis morbidity and mortality study wave 2. *Am J Kidney Dis.*

- 2003;41(2):447-54. doi: 10.1053/ajkd.2003.50055.
- 10) Tran D. Cardiopulmonary Exercise Testing. *Methods Mol Biol.* 2018;1735:285-95. doi: 10.1007/978-1-4939-7614-0_18.
 - 11) Shi Y, Zheng D, Zhang L, Yu Z, Yan H, Ni Z, et al. Six-minute walk test predicts all-cause mortality and technique failure in ambulatory peritoneal dialysis patients. *Nephrology (Carlton).* 2017;22(2):118-24. doi: 10.1111/nep.12726.
 - 12) Fassbinder TR, Winkelmann ER, Schneider J, Wendland J, Oliveira OB. Functional capacity and quality of life in patients with chronic kidney disease in pre-dialytic treatment and on hemodialysis: a cross sectional study. *J Bras Nefrol.* 2015;37(1):47-54. doi: 10.5935/0101-2800.20150008.
 - 13) Kohl L de M, Signori LU, Ribeiro RA, Silva AM, Moreira PR, Dipp T, et al. Prognostic value of the six-minute walk test in end-stage renal disease life expectancy: a prospective cohort study. *Clinics (Sao Paulo).* 2012;67(6):581-6. doi: 10.6061/clinics/2012(06)06.
 - 14) Gollie JM, Harris-Love MO, Patel SS, Argani S. Chronic kidney disease: considerations for monitoring skeletal muscle health and prescribing resistance exercise. *Clin Kidney J.* 2018 ;11(6):822-831. doi: 10.1093/ckj/sfy054.
 - 15) Wilkinson TJ, Xenophontos S, Gould DW, Vogt BP, Viana JL, Smith AC, et al. Test-retest reliability, validation, and “minimal detectable change” scores for frequently reported tests of objective physical function in patients with non-dialysis chronic kidney disease. *Physiother Theory Pract.* 2019;35(6):565-76. doi: 10.1080/09593985.2018.1455249.
 - 16) Hadjiioannou I, Wong K, Lindup H, Mayes J, Castle E, Greenwood S. Test-retest reliability for physical function measures in patients with chronic kidney disease. *J Ren Care.* 2020;46(1):25-34. doi: 10.1111/jorc.12310.
 - 17) Singh SJ, Morgan MD, Scott S, Walters D, Hardman AE. Development of a shuttle walking test of disability in patients with chronic airways obstruction. *Thorax.* 1992;47(12):1019-24. doi: 10.1136/thx.47.12.1019.
 - 18) Wilund KR, Tomayko EJ, Wu PT, Ryong Chung H, Vallurupalli S, Lakshminarayanan B, Fernhall B. Intradialytic exercise training reduces oxidative stress and epicardial fat: a pilot study. *Nephrol Dial Transplant.* 2010;25(8):2695-701. doi: 10.1093/ndt/gfq106.
 - 19) Greenwood SA, Lindup H, Taylor K, Koufaki P, Rush R, Macdougall IC, et al. Evaluation of a pragmatic exercise rehabilitation programme in chronic kidney disease. *Nephrol Dial Transplant.* 2012;27(Suppl. 3):iii126-34. doi: 10.1093/ndt/gfs272.
 - 20) Greenwood SA, Castle E, Lindup H, Mayes J, Waite I, Grant D, et al. Mortality and morbidity following exercise-based renal rehabilitation in patients with chronic kidney disease: the effect of programme completion and change in exercise capacity. *Nephrol Dial Transplant.* 2019;34(4):618-25. doi: 10.1093/ndt/gfy351.
 - 21) Singh SJ, Morgan MD, Hardman AE, Rowe C, Bardsley PA. Comparison of oxygen uptake during a conventional treadmill test and the shuttle walking test in chronic airflow limitation. *Eur Respir J.* 1994;7(11):2016-20.
 - 22) Parreira VF, Janaudis-Ferreira T, Evans RA, Mathur S, Goldstein RS, Brooks D. Measurement properties of the incremental shuttle walk test. a systematic review. *Chest.* 2014;145(6):1357-69. doi: 10.1378/chest.13-2071.
 - 23) Xenophontos S, Wilkinson TJ, Gould DW, Watson EL, Viana JL, Smith AC. Peak aerobic capacity from incremental shuttle walk test in chronic kidney disease. *J Ren Care.* 2019;45(3):185-92. doi: 10.1111/jorc.12293.
 - 24) Holland AE, Spruit MA, Troosters T, Puhan MA, Pepin V, Saey D, et al. An official European Respiratory Society/American Thoracic Society technical standard: field walking tests in chronic respiratory disease. *Eur Respir J.* 2014;44(6):1428-46. doi: 10.1183/09031936.00150314.
 - 25) Singh SJ, Puhan MA, Andrianopoulos V, Hernandez NA, Mitchell KE, Hill CJ, et al. An official systematic review of the European Respiratory Society/American Thoracic Society: measurement properties of field walking tests in chronic respiratory disease. *Eur Respir J.* 2014;44(6):1447-78. doi: 10.1183/09031936.00150414.
 - 26) Broers NJH, Martens RJH, Cornelis T, van der Sande FM, Diederens NMP, Hermans MMH, et al. Physical activity in end-stage renal disease patients: the effects of starting dialysis in the first 6 months after the transition period. *Nephron.* 2017;137(1):47-56. doi: 10.1159/000476072.
 - 27) Hadjiioannou I, Wong K, Lindup H, Mayes J, Castle E, Greenwood S. Test-Retest Reliability for Physical Function Measures in Patients with Chronic Kidney Disease. *J Ren Care.* 2020;46(1):25-34. doi: 10.1111/jorc.12310.
 - 28) Peixoto-Souza FS, Sampaio LM, de Campos EC, Cangussu Barbalho-Moulim M, Nascimento de Araujo P, Laurino Neto RM, et al. Reproducibility of the incremental shuttle walk test for women with morbid obesity. *Physiother Theory Pract.* 2015;31(6):428-32.

- doi: 10.3109/09593985.2015.1010242.
- 29) Lu MJ, Zhong WH, Liu YX, Miao HZ, Li YC, Ji MH. Sample size for assessing agreement between two methods of measurement by Bland-Altman Method. *Int J Biostat.* 2016;12(2):/j/ijb.2016.12.issue-2/ijb-2015-0039/ijb-2015-0039.xml. doi: 10.1515/ijb-2015-0039.
 - 30) Giles D, Draper N, Neil W. Validity of the Polar V800 heart rate monitor to measure RR intervals at rest. *Eur J Appl Physiol.* 2016;116(3):563-71. doi: 10.1007/s00421-015-3303-9.
 - 31) Borg GA. Psychophysical bases of perceived exertion. *Med Sci Sports Exerc.* 1982;14(5):377-81.
 - 32) Neves CD, Lacerda AC, Lage VK, Lima LP, Fonseca SF, de Avelar NC, *et al.* Cardiorespiratory responses and prediction of peak oxygen uptake during the shuttle walking test in healthy sedentary adult men. *PLoS One.* 2015;10(2):e0117563. doi: 10.1371/journal.pone.0117563.
 - 33) de Camargo AA, Justino T, de Andrade CH, Malaguti C, Dal Corso S. Chester step test in patients with COPD: reliability and correlation with pulmonary function test results. *Respir Care.* 2011;56(7):995-1001. doi: 10.4187/respcare.01047.
 - 34) de Vet HC, Terwee CB, Knol DL, Bouter LM. When to use agreement versus reliability measures. *J Clin Epidemiol.* 2006;59(10):1033-9. doi: 10.1016/j.jclinepi.2005.10.015.
 - 35) Rogan A, McCarthy K, McGregor G, Hamborg T, Evans G, Hewins S, *et al.* Quality of life measures predict cardiovascular health and physical performance in chronic renal failure patients. *PLoS One.* 2017;12(9):e0183926. doi: 10.1371/journal.pone.0183926.
 - 36) Ting SM, Hamborg T, McGregor G, Oxborough D, Lim K, Koganti S, *et al.* Reduced cardiovascular reserve in chronic kidney failure: a matched cohort study. *Am J Kidney Dis.* 2015;66(2):274-84. doi: 10.1053/j.ajkd.2015.02.335.
 - 37) Faria Rde S, Fernandes N, Lovisi JC, Reboredo Mde M, Marta MS, Pinheiro Bdo V, Bastos MG. Pulmonary function and exercise tolerance are related to disease severity in pre-dialytic patients with chronic kidney disease: a cross-sectional study. *BMC Nephrol.* 2013;14:184. doi: 10.1186/1471-2369-14-184.
 - 38) Jürgensen SP, Antunes LC, Tanni SE, Banov MC, Lucheta PA, Bucceroni AF, *et al.* The incremental shuttle walk test in older Brazilian adults. *Respiration.* 2011;81(3):223-8. doi: 10.1159/000319037.
 - 39) Chen CN, Chuang LM, Wu YT. Clinical measures of physical fitness predict insulin resistance in people at risk for diabetes. *Phys Ther.* 2008;88(11):1355-64. doi: 10.2522/ptj.20080064.
 - 40) Ramos RA, Guimarães FS, Dionyssiotis Y, Tsekoura D, Papathanasiou J, Ferreira AS. Development of a multivariate model of the six-minute walked distance to predict functional exercise capacity in hypertension. *J Bodyw Mov Ther.* 2019;23(1):32-8. doi: 10.1016/j.jbmt.2018.01.010.
 - 41) Ribeiro LR, Mesquita RB, Vidotto LS, Merli MF, Carvalho DR, de Castro LA, *et al.* Are 30 minutes of rest between two incremental shuttle walking tests enough for cardiovascular variables and perceived exertion to return to baseline values? *Braz J Phys Ther.* 2015;19(2):105-13. doi: 10.1590/bjpt-rbf.2014.0078.
 - 42) Probst VS, Hernandez NA, Teixeira DC, Felcar JM, Mesquita RB, Gonçalves CG, *et al.* Reference values for the incremental shuttle walking test. *Respir Med.* 2012;106(2):243-8. doi: 10.1016/j.rmed.2011.07.023.
 - 43) Kurella Tamura M, Covinsky KE, Chertow GM, Yaffe K, Landefeld CS, McCulloch CE. Functional status of elderly adults before and after initiation of dialysis. *N Engl J Med.* 2009;361(16):1539-47. doi: 10.1056/NEJMoa0904655.
 - 44) Hung RK, Al-Mallah MH, Whelton SP, Michos ED, Blumenthal RS, Ehrman JK, *et al.* Effect of beta-blocker therapy, maximal heart rate, and exercise capacity during stress testing on long-term survival (from The Henry Ford Exercise Testing Project). *Am J Cardiol.* 2016;118(11):1751-7. doi: 10.1016/j.amjcard.2016.08.060.
 - 45) Beninato M, Portney LG. Applying concepts of responsiveness to patient management in neurologic physical therapy. *J Neurol Phys Ther.* 2011;35(2):75-81. doi: 10.1097/NPT.0b013e318219308c.
 - 46) Singh SJ, Jones PW, Evans R, Morgan MD. Minimum clinically important improvement for the incremental shuttle walking test. *Thorax.* 2008;63(9):775-7. doi: 10.1136/thx.2007.081208.
 - 47) Carrero JJ, Johansen KL, Lindholm B, Stenvinkel P, Cuppari L, Avesani CM. Screening for muscle wasting and dysfunction in patients with chronic kidney disease. *Kidney Int.* 2016;90(1):53-66. doi: 10.1016/j.kint.2016.02.025.