

Validación de la escala EPInfant en niños: Paradigmas de estimación y producción, considerando VO₂ como estándar de referencia

Validation of EPInfant scale in children: Estimation and production paradigms, using VO₂ as reference criteria

Andrea González^{a,c}, Camila Aguayo^{a,c}, Claudio Báez^{a,c}, Iván Rodríguez-Núñez^{b,c}

^aCarrera de Kinesiología, Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad San Sebastián. Concepción, Chile.

^bLaboratorio de Fisiología del Movimiento, Departamento de Kinesiología, Universidad de Concepción. Concepción, Chile.

^cKinesiólogo/a.

Recibido: 20 de octubre de 2022; Aceptado: 24 de septiembre de 2023

¿Qué se sabe del tema que trata este estudio?

La escala EPInfant ha sido validada para evaluar la percepción del esfuerzo en niños y adolescentes chilenos durante el ejercicio, considerando la frecuencia cardíaca y carga de trabajo como criterio de referencia.

¿Qué aporta este estudio a lo ya conocido?

La escala EPInfant mostró adecuada validez para estimar y reproducir la intensidad del ejercicio submáximo en niños, considerando al consumo de oxígeno como estándar de referencia. El modelo lineal fue el que mejor explicó la naturaleza de estas relaciones.

Resumen

La escala EPInfant fue desarrollada para cuantificar la percepción del esfuerzo (PE) durante el ejercicio en niños y adolescentes. **Objetivo:** determinar la validez de criterio de la escala EPInfant en niños en los paradigmas de estimación y producción, considerando al consumo de oxígeno (VO₂) como estándar de referencia. **Sujetos y Método:** Ingresaron 20 niños varones sanos, edad $9,8 \pm 1,5$ años. Todos ellos realizaron un test de carga incremental en trotadora (TCI) seguido de una prueba de regulación perceptual (PRP). El VO₂ y la FC se registraron durante ambas pruebas de ejercicio. Se consideró a los valores promedio de VO₂ y FC como la intensidad perceptualmente reproducida durante la PRP. La validez en el paradigma de estimación se determinó mediante análisis de regresión entre la PE y los parámetros fisiológicos durante el TCI. La validez en el paradigma de producción se determinó mediante análisis de reproducibilidad de la FC y el VO₂, entre el TCI y el PRP. **Resultados:** Los modelos de regresión mostraron una robusta correlación positiva entre la PE y los criterios de referencia ($r^2 > 0,90$). El coeficiente de correlación intraclass para el VO₂ y la FC fue de 0,89 (0,70 a 0,96) and 0,64 (0,08 a 0,86), respectivamente. El análisis de Bland-Altman mostró una baja discordancia media para ambos estándares de referencia. **Conclusiones:** La escala EPInfant presentó una adecuada validez de criterio para estimar y producir la intensidad del ejercicio de carrera en niños varones entre 8 y 12 años.

Palabras clave:

Percepción del Esfuerzo;
Ejercicio;
Escala EPInfant;
Validez;
Confiabilidad;
Niños

Abstract

The EPIInfant scale was developed to quantify perceived exertion (PE) during exercise in children and adolescents. **Objective:** to determine the criterion validity of the EPIInfant scale in children in the estimation and production paradigm considering oxygen consumption (VO_2) as the reference standard. **Subjects and Method:** Twenty healthy boys, aged 9.8 ± 1.5 years, were selected. They all performed an incremental shuttle walking test (ISWT) followed by a perceptual regulated-exercise test (PRET). VO_2 and heart rate (HR) were recorded during both exercise tests. Average VO_2 and HR values were considered as a perceptual reproduction test (PRT). EPIInfant's validity in estimating the exercise intensity was evaluated by regression analysis between VO_2 , HR, and PE during ISWT and PRET. **Results:** All regression analysis models showed a robust positive relationship between PE and benchmarks ($r^2 > 0.90$). The intraclass correlation coefficient for VO_2 and HR was 0.89 (0.70 to 0.96) and 0.64 (0.08 to 0.86), respectively. Low mean discordance for VO_2 and HR was observed in the Bland-Altman analysis. **Conclusion:** The EPIInfant scale presented adequate criterion validity for estimating and regulating running exercise intensity in boys between 8 and 12 years.

Keywords:

Perceived Exertion;
Exercise;
EPIInfant Scale;
Validity;
Reliability;
Children

Introducción

La percepción de esfuerzo (PE) corresponde a una configuración de sensaciones relacionadas con fatiga, esfuerzo y disnea, causadas por cambios metabólicos en diversos sistemas fisiológicos durante el ejercicio^{1,2}. Considerando la naturaleza psíquica del estímulo perceptivo, su objetivación requiere de un proceso de transcripción psicofísica que permita cuantificar la magnitud de la PE generada durante el ejercicio. Para esto es necesaria la utilización de una escala de números (o símbolos) discretos distribuidos de manera incremental, que permita atribuir una unidad de magnitud objetivable al nivel de esfuerzo percibido². De esta manera, diversas escalas destinadas a cuantificar la PE han sido construidas y validadas en diversas poblaciones y modalidades de ejercicio³.

Las escalas de PE son utilizadas tradicionalmente desde dos paradigmas de aplicación: el de estimación y producción⁴. El primer enfoque busca utilizar la PE para cuantificar la intensidad de un ejercicio dado. En este paradigma, la validez de las escalas de PE se analiza mediante la correlación (lineal o curvilínea) entre los valores numéricos de PE y uno o más criterios de referencia fisiológicos (frecuencia cardíaca [FC] o consumo de oxígeno [VO_2])^{4,5}. Por su parte, en el enfoque de producción, el individuo es capacitado para autoregular perceptualmente la intensidad del ejercicio. En esta modalidad, la validez de las escalas de PE es examinada mediante el análisis de reproducibilidad de los criterios de referencia fisiológicos, durante una prueba de ejercicio perceptualmente regulado⁴.

Aun existe incerteza respecto al modo en que el cerebro interpreta el feedback aferente para inducir la PE. La evidencia disponible sugiere que una configuración de diferentes señales podrían influenciar indirecta e inconscientemente la PE durante el ejer-

cicio, donde mecanismos como: teleanticipación y la transducción perceptual de estrés interno, parecen participar en el proceso perceptual⁶⁻⁹. Tampoco existe certeza respecto a la naturaleza de relaciones entre la PE y la respuesta fisiológica al ejercicio agudo en niños. Pese a estas interrogantes, la evidencia respalda la importancia de la maduración cognitiva para la percepción efectiva del esfuerzo durante el ejercicio, lo que explica la necesidad de disponer de instrumentos de medición adecuados a los estadios de maduración de las personas^{6,10}.

En los últimos 30 años, diversas escalas de PE adaptadas para población pediátrica han sido creadas y validadas en diferentes modalidades de ejercicio, incluyendo bicicleta, carrera, escalón, fuerza, entre otros; mostrando correlaciones moderadas a altas en los modelos de regresión lineal y exponencial^{5,11,12}. En población chilena, la escala EPIInfant ha mostrado una adecuada validez y confiabilidad para estimar la intensidad del ejercicio en niños y adolescentes saludables¹²⁻¹⁶. No obstante, ha sido escasamente evaluada en otros enfoques de aplicación, como el paradigma de producción. Un estudio preliminar realizado por nuestro grupo mostró que la escala EPIInfant tendría una moderada a alta validez para reproducir la FC en intensidades bajas, medias y altas, en niños entre 8 a 12 años¹⁷. No obstante, hasta ahora, su validez no ha sido verificada considerando al VO_2 como estándar de referencia.

El objetivo primario de este estudio fue evaluar la validez asociada a criterio de la escala EPIInfant en el paradigma de estimación y producción de la intensidad del ejercicio en niños sanos, considerando el VO_2 y la FC como estándar de referencia. El objetivo secundario fue analizar la naturaleza de relaciones entre la PE y los estándares de referencia fisiológicos considerados en este estudio.

Sujetos y Método

Diseño

El estudio se realizó basado en el paradigma de estimación-producción. Este enfoque busca determinar la validez de criterio concurrente de la escala de PE a través de dos aproximaciones estadísticas: (i) análisis de correlación entre la PE y criterios de referencia fisiológicos (FC y VO_2), durante una prueba de ejercicio estandarizado (paradigma de estimación); y (ii) análisis de reproducibilidad de la FC y VO_2 entre dos pruebas de ejercicio, una con carga pre establecida y otra perceptualmente regulada (paradigma de producción)⁽¹²⁾.

Sujetos de estudio

Se seleccionó a voluntarios varones sanos de edades entre 8 y 12 años, pertenecientes a un club de fútbol amateur de la Ciudad de Talcahuano, Chile. Como criterio de exclusión se consideró la existencia de alguna enfermedad neurocognitiva, musculoesquelética, neuromuscular o cardiorrespiratoria crónica. También se excluyó a individuos con obesidad, definido según criterio OMS. Los criterios de exclusión fueron verificados mediante una lista de chequeo completada por el padre o madre del niño.

Para la estimación del tamaño muestral se consideró los datos de un estudio previamente publicado por nuestro grupo¹⁷. De este modo, considerando una potencia estadística 95% y un riesgo de error tipo I de 5%, la muestra mínima requerida fue de 17 individuos.

Antes de ingresar al estudio, los participantes firmaron un asentimiento informado y sus respectivos padres o apoderados un consentimiento informado. El estudio fue aprobado por el Comité Ético Científico de la Facultad de Medicina de la Universidad de Concepción, Chile (Cod: CEL.38-17).

Mediciones

El peso, porcentaje de grasa y masa magra fueron determinados con un bioimpedanciometro (*InBody 270, Anaheim, CA, USA*). La estatura se midió utilizando una cinta análoga. El índice de masa corporal se calculó dividiendo el peso (kg) por la estatura (m) al cuadrado. Todas las evaluaciones antropométricas se realizaron con los participantes descalzos y vistiendo ropa ligera.

La FC ($\text{lat} \cdot \text{min}^{-1}$) se midió de manera continua utilizando un monitor Polar V800 sincronizado a un sensor torácico modelo H7 (*Polar Electro Oy, Kempele, Finlandia*). El análisis de gases respiratorios se realizó respiración a respiración utilizando un ergoepirómetro conectado a una máscara facial talla S (*Cortex Metalyzer IIIB, Biophysik, Leipzig, Germany*). El sistema fue calibrado antes de cada test de acuerdo a las recomendaciones del fabricante. El VO_2 se expresó en va-

lores absolutos ($\text{ml} \cdot \text{min}^{-1}$) y en valores ajustados por peso corporal ($\text{ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$).

Para evaluar la PE se utilizó la escala EPInfant. A cada participante se le solicitó proporcionar un valor estimativo de su PE general, de acuerdo a las recomendaciones publicadas por Rodríguez-Núñez y cols.¹⁶. Considerando las dificultades de comunicación derivadas del uso de la máscara facial, a cada niño se le solicitó indicar con el dedo su nivel de PE en una versión de la escala impresa en colores. La escala se ubicó en una posición visible durante toda la prueba de ejercicio. Por su parte, la PE y las variables fisiológicas (FC y VO_2) fueron registradas por dos investigadores de manera independiente y enmascarada, durante los últimos 30 segundos de cada minuto en cada prueba de ejercicio.

Protocolo experimental

El estudio se organizó en tres etapas: (i) Orientación; (ii) protocolo de estimación y (iii) protocolo de producción. Todas las etapas se realizaron en el mismo día, con un intervalo de 30 minutos entre ellas.

Etapas de orientación

Consistió en la presentación del protocolo experimental a los niños y sus padres o apoderados, el registro de antecedentes generales, la evaluación y registro de datos antropométricos. También, en esta instancia los participantes fueron familiarizados con el equipamiento y fueron instruidos respecto a la interpretación de la escala EPInfant.

Protocolo de estimación

En esta etapa los sujetos realizaron test de carga incremental (TCI) en treadmill (h/p Cosmos MercuryMed®), de acuerdo al protocolo de Bruce modificado¹⁸. Brevemente, el TCI presentó 7 niveles de intensidad incremental cada 3 minutos, con una velocidad inicial de 2,7 km/h (inclinación 0%), hasta alcanzar un máximo de 10,5 km/hr y 20% de inclinación. La duración total del TCI fue de 21 minutos. Las variables cardiorrespiratorias (FC y VO_2) y la PE fueron registradas por dos evaluadores independientes y enmascarados durante los últimos 30 segundos de cada minuto. El VO_2 peak se definió como el promedio de VO_2 durante el nivel de carrera más alto alcanzado durante la TCI¹⁸.

Como criterio de detención del TCI se consideró una PE de 10 asociada a una FC mayor de 195 lat/min, con signos de fatiga, tales como: excesiva sudoración y enrojecimiento facial, inestabilidad e imposibilidad de continuar la carrera¹⁹. Al final del TCI, los participantes realizaron un período de vuelta a la calma y recuperación.

Protocolo de producción

Luego de 30 minutos de reposo los participantes realizaron una prueba de regulación perceptual (PRP) consistente en 5 minutos de calentamiento a baja intensidad, 5 minutos de carrera a una intensidad perceptualmente regulada equivalente a la mayor PE alcanzada durante el TCI (período de regulación perceptual) y 5 minutos de vuelta a la calma.

Las instrucciones respecto a la interpretación de la escala EPIInfant fueron idénticas a las proporcionadas en el protocolo de estimación, sin embargo, durante la PRP un miembro del equipo de investigación reguló la intensidad del ejercicio modificando la velocidad del treadmill de acuerdo con las indicaciones del niño. Para esto, los participantes fueron instruidos a utilizar signos visuales para ajustar la velocidad de carrera cada 15 segundos. Estos signos indicaban la necesidad de incrementar la velocidad (imagen de pulgar arriba), reducir la velocidad (pulgar abajo) o mantener la velocidad (imagen de manos de lado a lado) para mantener el nivel de PE requerido. La escala EPIInfant se mantuvo visible durante toda la PRP y los ajustes de la intensidad del ejercicio se realizaron siguiendo la secuencia de cargas del TCI²⁰. El VO_2 y la FC se registraron durante los últimos 30 segundos de cada minuto. Se consideró a los valores promedio de VO_2 y FC calculados durante el período de regulación perceptual como a la magnitud de la intensidad perceptualmente reproducida durante la PRP¹⁷.

Análisis estadístico

Luego de verificar la normalidad en la distribución de las variables cuantitativas con el test de Shapiro Wilk, se realizó análisis descriptivo mediante el cálculo de promedio y desviación estándar (DE).

Se utilizó análisis de varianza (ANOVA) de medidas repetidas para analizar los cambios en las variables fisiológicas y en la PE durante el TCI. Para la estimación de la esfericidad se utilizó el método de corrección de Greenhouse-Geisser o el de Huynh-Feldt, si ϵ fue $< 0,75$ o $> 0,75$ respectivamente. Luego, se empleó la prueba de Bonferroni para comparaciones múltiples. Adicionalmente, se analizó la correlación entre las variables cardiorrespiratorias y los estadios de intensidad durante el TCI mediante el coeficiente de correlación r de Pearson.

La validez de criterio de la escala EPIInfant en el paradigma de estimación se evaluó mediante análisis de regresión, considerando a los criterios de referencia fisiológico (FC y VO_2) como variables independientes y a la PE como variable dependiente, ambas variables medidas durante el TCI. Este análisis se realizó en dos modalidades: (i) análisis de muestra total (validez muestral) y (ii) análisis individual (validez individual). El primero incluyó a todos los integrantes de la mues-

tra, obteniéndose un r^2 para la muestra total. Mientras que el segundo analizó la relación entre las variables de manera individual, lo que permitió la obtención de un r^2 para cada sujeto de estudio. Todos los análisis se realizaron mediante el método "Forward" en base a tres modelos de ajuste de relaciones: lineal ($y = a + bx$), logarítmica ($y = a + b \log[x]$) y exponencial ($\log[x] = a + bx$). Luego se utilizó ANOVA de medidas repetidas, tal como fue descrito previamente, con el propósito de comparar los valores medios del r^2 del análisis de validez individual, entre los tres modelos de relaciones.

Por su parte, el análisis de validez en el paradigma de producción se realizó basado en la metodología previamente publicada por nuestro grupo¹⁷. Brevemente, se analizó la reproducibilidad, durante la PRP, de los valores de VO_2 y FC correspondiente a la PE máxima lograda en el TCI. La diferencia de medias se analizó mediante T-Student para muestras pareadas. Luego se calculó el coeficiente de correlación intraclass (CCI) para la estimación de la confiabilidad relativa y se empleó el análisis de Bland-Altman para estimar la discordancia media y los límites de concordancia (LoA; del inglés *limit of agreement*) de los valores de FC y VO_2 , entre el TCI y la PRP.

Todos los análisis fueron realizados utilizando el software MedCalc versión 19.8 (MedCalc Software Ltd, Ostend, Belgium, 2021). Un valor de $p < 0,05$ fue considerado estadísticamente significativo.

Resultados

Al estudio ingresaron 20 niños varones saludables, de edad promedio $9,8 \pm 1,5$ años (rango entre 8 y 12 años). Todos completaron los siete estadios del TCI e interpretaron correctamente la escala EPIInfant. El análisis de medidas repetidas reveló incrementos significativos en los valores de la PE ($F(2,581) = 66,69$, $p < 0,001$, $\epsilon = 0,430$) durante el protocolo de estimación, alcanzando un valor promedio de $6,9 \pm 2,6$ al final del TCI. También se observaron incrementos significativos en la FC ($F(2,2) = 271,63$, $p < 0,001$, $\epsilon = 0,367$), el VO_2 ($F(3,466) = 145,77$, $p < 0,001$, $\epsilon = 0,578$) y el RER ($F(2,497) = 43,24$, $p < 0,001$, $\epsilon = 0,416$) durante el TCI (figura 1). En la tabla 1 se muestra las características generales de la muestra y los parámetros fisiológicos máximos al final del TCI.

Paradigma de estimación

El análisis de regresión de la muestra total se muestra en la tabla 2. La PE mostró una fuerte correlación positiva con los criterios de referencia fisiológicos durante el TCI ($r^2 > 0,90$).

La tabla 3 presenta los valores medios del r^2 calculados en el análisis de regresión individual. Los resul-

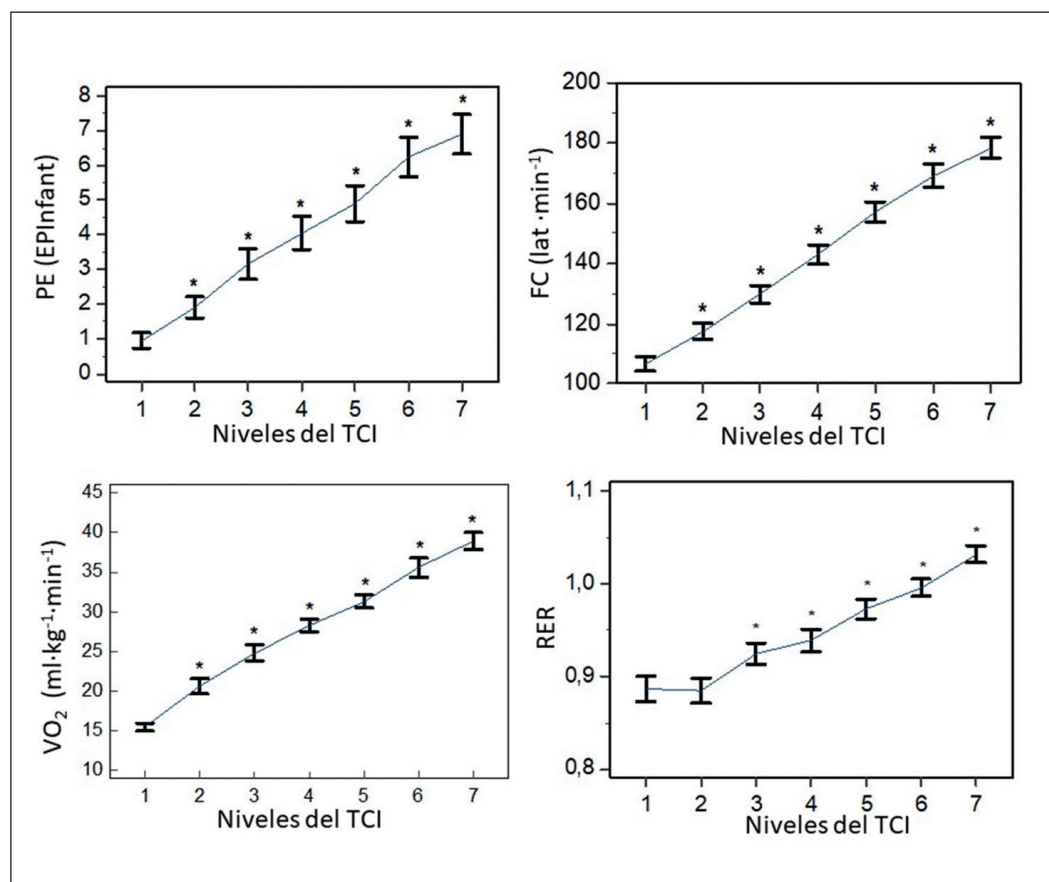


Figura 1. Parámetros fisiológicos durante el TCI. PE: Percepción del esfuerzo; FC: Frecuencia cardíaca; VO₂: Consumo de oxígeno; RER: Cociente respiratorio (VCO₂ · VO₂⁻¹).

tados confirmaron la fuerte correlación entre la PE y los criterios de referencia fisiológicos. No obstante, el ANOVA de medidas repetidas mostró diferencias significativas entre los modelos de análisis, siendo el modelo de análisis logarítmico el que arrojó el menor r^2 en ambos estándares de referencia. No se observaron diferencias significativas entre el modelo de análisis lineal y exponencial.

Paradigma de producción

La respuesta fisiológica en el protocolo de producción se muestra en la tabla 1. No se observó diferencias estadísticamente significativas entre la PRP y el TCI para los niveles de PE definidos. Las diferencias absolutas para la VO₂ y FC fueron $1,7 \pm 6,4$ ml·kg⁻¹·min⁻¹ ($t = 1,18$, $p = 0,25$) y $2,7 \pm 15,0$ lat·min⁻¹ ($t = 0,81$, $p = 0,43$).

El análisis de reproducibilidad confirmó estas observaciones. El CCI para el VO₂ y FC fue de 0,89 (0,70 a 0,96) y 0,64 (0,008 a 0,86). Por su parte, el análisis de Bland-Altman mostró una discordancia media para el VO₂ de $-1,7$ ml·kg⁻¹·min⁻¹ (LoA = $-14,3$ a $10,9$) (figura 2A) y para la FC de $-2,7$ b·min⁻¹ (LoA = $-32,7$ a $26,7$) (Figura 2B).

Tabla 1. Características biodemográficas y respuesta fisiológica durante el TCI y la PRP

Variables	Resultados
<i>Características biodemográficas</i>	
Edad, Años	$9,8 \pm 1,5$
Peso, kg	$37,6 \pm 7,4$
Estatura, cm	$143,1 \pm 8,7$
IMC, kg/m ²	$18,2 \pm 2,5$
Masa grasa, %	$6,7 \pm 3,7$
Masa libre de grasa, kg	$16,3 \pm 3,4$
<i>Resultados test de carga incremental</i>	
PE, EPIInfant	$6,9 \pm 2,6$
FC, lpm	$178,4 \pm 15,8$
FC, % predicho	$88,7 \pm 7,8$
VO ₂ , ml · kg ⁻¹ · min ⁻¹	$38,9 \pm 4,9$
VO ₂ , ml · min ⁻¹	$1.473,0 \pm 397,4$
RER	$1,03 \pm 0,04$
<i>Resultados prueba de reproducción perceptual</i>	
FC, lpm	$181,1 \pm 13,0$
FC, % predicho	$90,0 \pm 6,5$
VO ₂ , ml · kg ⁻¹ · min ⁻¹	$40,5 \pm 6,3$
VO ₂ , ml · min ⁻¹	$1.495,0 \pm 397,3$
RER	$1,1 \pm 0,08$

IMC: Índice de masa corporal; PE: Percepción del esfuerzo; FC: Frecuencia cardíaca; VO₂: Consumo de oxígeno; RER: Cociente respiratorio (VCO₂ · VO₂⁻¹); TCI: Test de carga incremental; PRP: Prueba de reproducción perceptual.

Tabla 2. Análisis de regresión simple mediante modelos de ajuste lineal, exponencial y logarítmico entre la PE y las variables fisiológicas durante el TCI

Variables independientes		Intercepto	Pendiente	r ²	Valor P
Criterio					
Modelo lineal	FC (lpm)	-7,70	0,08	0,99	< 0,0001
	VO ₂ (ml·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)	-3,34	0,26	0,99	< 0,0001
Modelo exponencial	FC (lpm)	-1,0	0,011	0,91	0,0001
	VO ₂ (ml·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)	-0,48	0,036	0,94	0,0002
Modelo logarítmico	FC (lpm)	-52,55	26,32	0,99	< 0,0001
	VO ₂ (ml·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)	-17,91	15,37	0,97	0,0001

PE: Percepción de esfuerzo; TCI: Test de carga incremental; FC: Frecuencia cardíaca; VO₂: Consumo de oxígeno; VE: Ventilación minuto; r²: Coeficiente de determinación.

Tabla 3. Comparación de coeficientes de determinación (r²) individuales obtenidos desde modelos de ajuste lineal, exponencial y logarítmico

Variables	Regresión individual			F-value	Valor P
	Lineal	logarítmico	Exponencial		
PE : FC	0,87 ± 0,03	0,78 ± 0,04 ^{a,b}	0,87 ± 0,03	11,54	< ,003
PE : VO ₂	0,87 ± 0,03	0,79 ± 0,04 ^c	0,83 ± 0,03	6,00	< ,0019

PE: Percepción de esfuerzo; FC: Frecuencia cardíaca; VO₂: Consumo de oxígeno; r²: Coeficiente de determinación. ^ap = 0,0022 comparado con modelo lineal; ^bp = 0,0185 comparado con modelo exponencial; ^cp = 0,0052 comparado con modelo lineal. ANOVA intra sujeto con análisis de Bonferroni corregido fue utilizado.

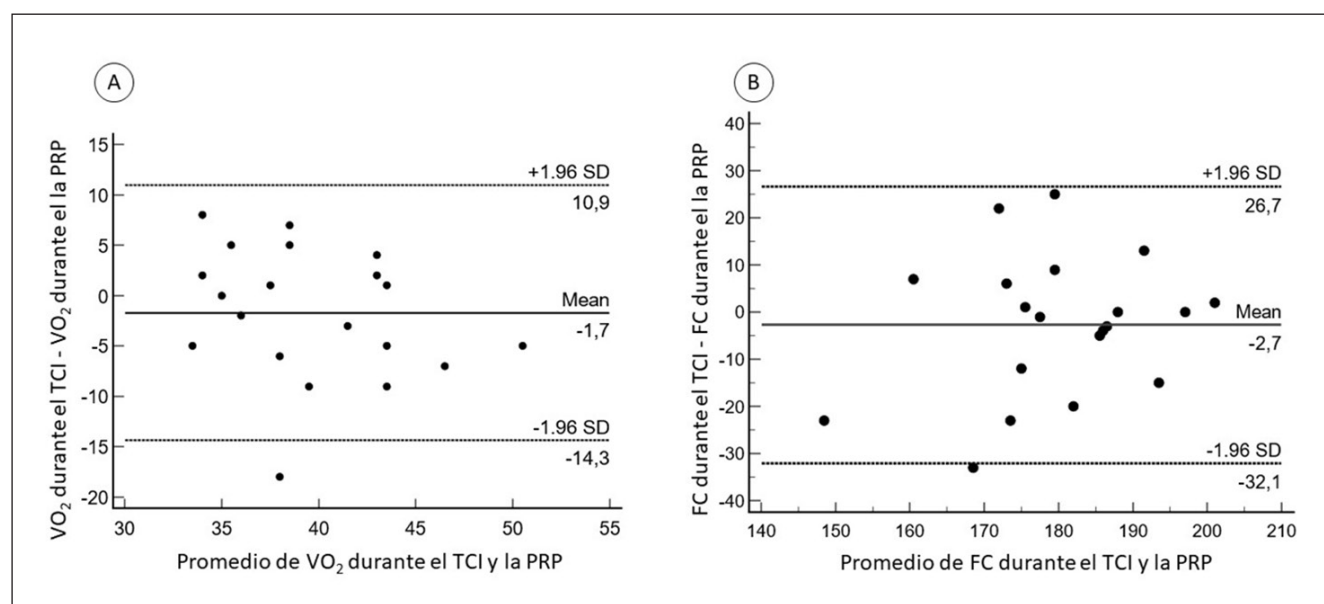


Figura 2. Análisis de reproducibilidad del VO₂ y la FC durante la PRP. En A, gráfico de Bland-Altman para el VO₂. En B, gráfico de Bland-Altman para la FC. VO₂: Consumo de oxígeno; FC: Frecuencia cardíaca.

Discusión

El presente estudio analizó la validez de criterio de la escala EPIInfant en los paradigmas estimación y producción, considerando al VO_2 y la FC como criterios de referencia. La eficacia de la escala EPIInfant como herramienta para la transcripción psicofísica de la intensidad del ejercicio se confirmó en base a la estrecha correspondencia entre los incrementos de la PE y las variables fisiológicas durante el TCI. Las relaciones entre estas variables arrojaron valores de r^2 mayor a 0,9, independiente del modelo de ajuste y criterio de referencia.

Estos resultados coinciden con estudios de validación de la escala EPIInfant previamente realizados en niños de similar edad, en otras modalidades de ejercicio. En modalidad de escalón, se han reportado valores de r^2 de 0,98 y 0,96, considerando a la FC y la carga de trabajo como criterio de referencia⁽¹⁶⁾. En modalidad de carrera, los reportes previos mostraron índices de validez inferiores a los estimados en este estudio⁽¹⁵⁾. Rodríguez-Núñez y cols, en niños entre 13 y 15 años sedentarios, reportaron un r^2 de 0,74 en la relación entre PE y el estándar de referencia⁽¹⁵⁾. Esta diferencia puede explicarse por las diferencias en los hábitos de actividad física de los individuos estudiados. Mientras que en el estudio citado se incluyeron niños con bajo nivel de actividad física⁽¹⁵⁾, en el presente estudio los individuos eran deportistas. Esta hipótesis es respaldada por varias líneas de evidencia que han sostenido la importancia de la dimensión experiencial y la habilidad psicomotora de los niños, como factores que podrían optimizar el proceso perceptivo de la intensidad del ejercicio^{6,12}.

Vale la pena mencionar que el rendimiento de la escala EPIInfant en el paradigma de estimación es comparable al de otras escalas de PE. Robertson y cols observaron una alta correlación ($r^2 > 0,80$) entre la PE medida con la escala OMNI y los criterios de referencia fisiológicos (VO_2 y FC) en niños de 12,8 años²¹. Por su parte, Roemmich observaron que los incrementos en los puntajes perceptivos de la escala PCERT y OMNI fueron correlacionados con el VO_2 (r^2 [niños] = 0,81 y 0,84) y con la FC durante una prueba de carrera incremental en niños de 11,2 años²².

Por otra parte, el ANOVA de un factor mostró diferencias significativas entre los modelos de ajuste, siendo el modelo de análisis logarítmico el que arrojó el menor r^2 en ambos estándares de referencia. De manera interesante, no se observó diferencia significativa entre los modelos de análisis lineal y exponencial, inclusive en la relación PE: VO_2 el modelo lineal mostró índices levemente superiores al exponencial, lo que discrepa con la evidencia existente^{19,20}. Estudios previos, realizados en niños menores de 8 años, constataron que

la naturaleza de la relación entre la PE y parámetros fisiológicos, como el VO_2 y la FC, sería de naturaleza exponencial, independiente de la modalidad de ejercicio desarrollado^{19,20}. Este fenómeno podría explicarse gracias a que en pre escolares y escolares prepúberes la PE parece ser fuertemente determinada por la ventilación minuto²⁰. En este contexto, considerando que la frecuencia respiratoria (FR) en intensidades moderadas a altas de ejercicio se correlaciona inversamente a la edad en niños²³, es probable que la mayor edad de los participantes de este estudio (entre 8 y 12 años) asociada a una menor FR, haya amortiguado los incrementos desproporcionados de la PE en intensidades moderadas a altas de ejercicio, contribuyendo a rectificar la naturaleza de relaciones entre la PE y las variables fisiológicas. Sin embargo, estudios con mayor tamaño muestral deben confirmar estas hipótesis.

Con relación al paradigma de producción, los resultados coincidieron con estudios previos⁶, al no observarse diferencias significativas entre el TCI y la PRP en los valores del VO_2 y FC. Adicionalmente, la confiabilidad relativa fue moderada y alta en la FC (CCI 0,64) y el VO_2 (CCI 0,85). Específicamente, la FC presentó límites de concordancia más amplios que el VO_2 , lo que explica la diferencia en el valor del CCI entre ambos parámetros fisiológicos. Estos resultados en su conjunto indican que la escala EPIInfant fue efectiva en traducir la magnitud del estrés fisiológico producido en unidades cuantificables, permitiendo una adecuada autorregulación de la intensidad durante la PRP.

Entre las limitaciones del presente estudio, se debe mencionar que los individuos no alcanzaron el nivel de PE máximo (PE 10) durante el TCI, lo que redujo la precisión estadística de las estimaciones, sobre todo en valores de PE superiores a 7. También, la reproducción de una sola categoría perceptual de intensidad no permitió la evaluación de la capacidad discriminativa de la carga de trabajo de la escala EPIInfant, lo cual, debe ser explorado en estudios ulteriores.

Finalmente, es posible concluir que la escala EPIInfant presentó una adecuada validez de criterio en las modalidades estimación y producción, en niños saludables entre 8 y 12 años, durante el ejercicio de carrera. Futuros estudios deben realizarse con el propósito de evaluar las propiedades psicométricas de la escala EPIInfant en otros escenarios y modalidades de ejercicio, así como en niñas y personas con condiciones crónicas de salud.

Responsabilidades Éticas

Protección de personas y animales: Los autores declaran que los procedimientos seguidos se conformaron a las normas éticas del comité de experimentación hu-

mana responsable y de acuerdo con la Asociación Médica Mundial y la Declaración de Helsinki.

Confidencialidad de los datos: Los autores declaran que han seguido los protocolos de su centro de trabajo sobre la publicación de datos de pacientes.

Derecho a la privacidad y consentimiento informado: Los autores han obtenido el consentimiento informado de los pacientes y/o sujetos referidos en el artículo. Este documento obra en poder del autor de correspondencia.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

Financiamiento

Subvención para la instalación en la academia, N°: PAI177200011. Agencia Nacional de Investigación y Desarrollo, Ministerio de Ciencia y Tecnología, Chile.

Referencias

- Borg GA. Psychophysical bases of perceived exertion. *Med Sci Sports Exerc.* 1982;14(5):377-81.
- Borg G. Perceived exertion as an indicator of somatic stress. *Scand J Rehabil Med.* 1970;2(2):92-8.
- Chen MJ, Fan X, Moe ST. Criterion-related validity of the Borg ratings of perceived exertion scale in healthy individuals: a meta-analysis. *J Sports Sci.* 2002;20(11):873-99.
- Faulker J, Eston RG. Perceived exertion research in the 21st century: Development, reflection and questions for the future. *J Exerc Sci Fit.* 2008;6(1):1-14.
- Rodríguez I, Zambrano L, Manterola C. Criterion-related validity of perceived exertion scales in healthy children: a systematic review and meta-analysis. *Arch Argent Pediatr.* 2016;114(2):120-8.
- Gros Lambert A, Mahon AD. Perceived exertion: influence of age and cognitive development. *Sports Med.* 2006;36(11):911-28.
- Kasai D, Parfitt G, Tarca B, Eston R, Tsiros MD. The Use of Ratings of Perceived Exertion in Children and Adolescents: A Scoping Review. *Sports Med.* 2021;51(1):33-50.
- Priel E, Wahab M, Mondal T, Freitag A, O'Byrne PM, Killian KJ, et al. The Impact of beta blockade on the cardio-respiratory system and symptoms during exercise. *Curr Res Physiol.* 2021;4:235-42.
- Satia I, Farooqi MAM, Cusack R, Matsuoka M, Yanqing X, Kurmi O, et al. The contribution of FEV(1) and airflow limitation on the intensity of dyspnea and leg effort during exercise. *Insights from a real-world cohort.* *Physiol Rep.* 2020;8(8):e14415.
- Kung SM, Fink PW, Legg SJ, Ali A, Shultz SP. Age-Related Differences in Perceived Exertion While Walking and Running Near the Preferred Transition Speed. *Pediatr Exerc Sci.* 2020;32(4):227-32.
- Lea JWD, O'Driscoll JM, Hulbert S, Scales J, Wiles JD. Convergent Validity of Ratings of Perceived Exertion During Resistance Exercise in Healthy Participants: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Med - open.* 2022;8(1):2-.
- Rodríguez-Núñez I, Gatica D. Percepción de esfuerzo durante el ejercicio: ¿Es válida su medición en la población infantil? *Rev Chil Enf Respir.* 2016;32:25-33.
- Rodríguez I, Zenteno D, Cisternas L, Rodríguez P, Reyes G, Troncoso K. Development and assessment of EPIInfant: a rating scale of perceived exertion for the pediatric population. *Arch Argent Pediatr.* 2015;113(6):550-7.
- Rodríguez-Núñez I, Manterola C. Concurrent validity and interobserver reliability of the EPIInfant pediatric perceived exertion rating scale among healthy Chilean children. *Arch Argent Pediatr.* 2016;114(4):343-54.
- Rodríguez-Núñez I, Jeréz R, Mora A, Mellado D, García ML, Gatica D, et al. Evaluación de la Escala EPIInfant durante una prueba de ejercicio incremental en cinta rodante. *Rev Chil Enf Respir.* 2016;32:155-9.
- Rodríguez-Núñez I, Manterola C. Initial validation of the scale of perceived exertion (EPIInfant) in Chilean children. *Biomedica.* 2016;36(1):29-38.
- Rodríguez-Núñez I, Luarte-Martínez S, Landeros I, Ocares G, Urizar M, Henríquez MJ, et al. Assessment of EPIInfant scale for exercise intensity perceptual self-regulation in healthy children. *Rev Chil Pediatr.* 2019;90(4):422-8.
- Torres-Castro R ZD, Rodríguez-Núñez I, Villarreal G, Alvarez C, Gatica D, Puppo H, Céspedes C, Vera-Urbe R, Otto-Yáñez M, Soto R, Caviedes Guías de rehabilitación respiratoria en niños con enfermedades respiratorias crónicas: Actualización 2016. *Neumol Pediatr* 2016;11(3):114-31.
- Eston RG, Lambrick DM, Rowlands AV. The perceptual response to exercise of progressively increasing intensity in children aged 7-8 years: validation of a pictorial curvilinear ratings of perceived exertion scale. *Psychophysiology.* 2009;46(4):843-51.
- Lambrick DM, Rowlands AV, Eston RG. The perceptual response to treadmill exercise using the Eston-Parfitt scale and marble dropping task, in children age 7 to 8 years. *Pediatr Exerc Sci.* 2011;23(1):36-48.
- Robertson RJ, Goss FL, Aaron DJ, Tessmer KA, Gairola A, Ghigiarelli JJ, et al. Observation of perceived exertion in children using the OMNI pictorial scale. *Med Sci Sports Exerc.* 2006;38(1):158-66.
- Roemmich JN, Barkley JE, Epstein LH, Lobarinas CL, White TM, Foster JH. Validity of PCERT and OMNI walk/run ratings of perceived exertion. *Med Sci Sports Exerc.* 2006;38(5):1014-9.
- Chicharro JL, Vaquero AF. Aspectos fisiológicos del ejercicio físico en la edad infantil. In: Panamericana EM, editor. *Fisiología del ejercicio 3ed.* Buenos Aires; Madrid 2006. p. 593-612.