

ARTÍCULO ORIGINAL

Validación inicial de la escala de medición de esfuerzo percibido infantil (EPInfant) en niños chilenos

Iván Rodríguez-Núñez^{1,2,3,4}, Carlos Manterola^{3,4,5}

¹ Centro de Medicina Molecular, Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad San Sebastián, Concepción, Chile

² Escuela de Kinesiología, Facultad de Salud, Universidad Santo Tomás, Concepción, Chile

³ Programa de Doctorado en Ciencias Médicas, Facultad de Medicina, Universidad de la Frontera, Temuco, Chile

⁴ Departamento de Cirugía, Universidad de La Frontera, Temuco, Chile

⁵ Centro de Investigación en Ciencias Biomédicas, Universidad Autónoma de Chile, Temuco, Chile

Introducción. Las escalas de esfuerzo percibido cuantifican la sensación causada por los cambios metabólicos durante el ejercicio. Debido a su inmadurez cognitiva, los niños necesitan instrumentos adaptados, motivo por el cual se desarrolló la escala de medición de esfuerzo percibido infantil, EPInfant.

Objetivo. Determinar la validez y confiabilidad de la escala EPInfant durante una prueba de ejercicio de intensidad gradualmente creciente.

Materiales y métodos. Se hizo un estudio de corte transversal. Se seleccionaron niños de dos grupos de edad por categoría de desarrollo cognitivo: de 8 a 12 años (operaciones concretas) y de 13 a 15 años (inteligencia formal). Todos respondieron el test de Chester y se registraron su frecuencia cardíaca, la carga de trabajo y el esfuerzo percibido durante la prueba. Los coeficientes *r* de Pearson y de correlación intraclase se emplearon para determinar la validez y la confiabilidad.

Resultados. De 75 niños participantes, 35 (18 hombres) se clasificaron en el grupo de operaciones concretas y 40 (20 hombres) en el de inteligencia formal. En los cuatro grupos la frecuencia cardíaca y el esfuerzo percibido se incrementaron durante la prueba ($p < 0,0001$). El esfuerzo percibido se correlacionó con la frecuencia cardíaca en los grupos de operaciones concretas e inteligencia formal en hombres y mujeres: $r = 0,73$, $r = 0,58$, $r = 0,43$ y $r = 0,62$, respectivamente ($p < 0,0001$). Los modelos de regresión fueron significativos en los cuatro grupos. En el subgrupo perteneciente a la etapa de operaciones concretas, el coeficiente de correlación intraclase fue de 0,88 (0,82-0,92) en hombres y de 0,94 (0,91-0,96) en mujeres.

Conclusión. La escala EPInfant resultó válida para medir el esfuerzo percibido durante el ejercicio en niños y niñas con distintos niveles de madurez cognitiva, y fue confiable en los niños del grupo de operaciones concretas.

Palabras clave: reproducibilidad de resultados, validez de las pruebas, estudios de validación como asunto, tolerancia al ejercicio, esfuerzo físico, cognición, niño, adolescente.

doi: <http://dx.doi.org/10.7705/biomedica.v36i1.2720>

Initial validation of the scale of perceived exertion (EPInfant) in Chilean children

Introduction: Perceived exertion scales quantify the sensation caused by metabolic changes during exercise. Children need tailored tools due to their cognitive immaturity such as the EPInfant scale recently developed in Chile.

Objective: To determine the validity and reliability of the EPInfant scale in children during a graded exercise test.

Materials and methods: We conducted a cross-sectional study for which we selected healthy children younger than 18 years and grouped them according to Piaget's stages of cognitive maturity: Concrete operations (8-12 years) and formal intelligence (13-15 years). The Chester step test was used and heart rate, workload and perceived exertion were recorded during the test. Pearson *r* and intraclass correlation coefficients were used to assess validity and reliability, respectively.

Results: 75 children were admitted, 35 (18 male) from the concrete operations group and 40 (20 male) from the formal intelligence group. In the four groups, heart rate and perceived exertion increased significantly with exercise intensity ($p < 0.0001$). Perceived exertion was correlated with heart rate in both the concrete operation and the formal intelligence groups and in males and females ($r = 0.73$, $r = 0.58$,

Contribución de los autores:

Iván Rodríguez-Núñez: medición de variables

Ambos autores participaron en el análisis estadístico y la redacción del manuscrito.

$r=0.43$, $r=0.62$, respectively; $p<0.0001$). Regression models were significant in all groups ($p<0.0001$). In the concrete operations group the intraclass correlation coefficient was 0.88 (0.82-0.92) in men and 0.94 (0.91-0.96) in women.

Conclusion: EPInfant scale was a reliable and valid instrument to measure perceived exertion during exercise in children with different levels of cognitive maturity, and it was reliable in the concrete operations group of children.

Key words: Reproducibility of results, validity of tests, validation studies as topic, exercise tolerance, physical exertion, cognition, child, adolescent.

doi: <http://dx.doi.org/10.7705/biomedica.v36i1.2720>

Las escalas de medición del esfuerzo percibido se utilizan comúnmente para cuantificar la sensación causada por los cambios metabólicos que ocurren durante el ejercicio. Las escalas existentes se desarrollaron y validaron inicialmente para la población adulta (1-3). La escala numérica de Borg tiene una orientación vertical ascendente de 6 a 20 puntos y fue diseñada para proveer datos perceptuales lineales con el ritmo cardíaco y la carga de trabajo. El propósito de esta distribución numérica es asociar el grado de esfuerzo percibido (multiplicado por diez) con la frecuencia cardíaca durante el ejercicio (1).

La escala de Borg se ha utilizado en diversos contextos como herramienta para cuantificar el esfuerzo percibido y para reproducir la intensidad del ejercicio (4-7). En este modelo se observa que, a medida que la intensidad del ejercicio crece de forma constante, también aumenta la percepción del esfuerzo asociado al estrés fisiológico en respuesta a la intensidad progresiva del trabajo, lo que evidencia la correlación positiva entre ambas variables (1,8).

Sin embargo, los niños no tienen la madurez cognitiva suficiente para entender los descriptores numéricos de estrés fisiológico diseñados para adultos, ya que su desarrollo cognitivo no constituye un proceso lineal sino que se caracteriza por cuatro períodos distintos, de los cuales el de operaciones concretas (8-12 años) y el de inteligencia formal (13 hasta la adultez), corresponden al grupo de sujetos que utiliza más frecuentemente el esfuerzo percibido como variable de medición durante el ejercicio (8).

En virtud de lo anterior, se han desarrollado instrumentos adaptados a los niños, los cuales han demostrado un rendimiento aceptable en cuanto a sus propiedades psicométricas (9-15). Son escasas las escalas adecuadas en idioma español. En Chile, se han elaborado algunas para cuantificar el esfuerzo percibido en niños (16,17), las cuales son adaptaciones arbitrarias de la escala de Borg, pero hasta ahora no se han hecho estudios para determinar sus propiedades psicométricas y hay discrepancias sobre la utilidad clínica de los resultados (18), por lo que se desarrolló un nuevo instrumento para evaluar la percepción del esfuerzo en población infantil, denominado escala de medición de esfuerzo percibido infantil (EPInfant). Este instrumento se diseñó mediante una metodología orientada a disminuir potenciales fuentes de error sistemático, y sus descriptores verbales e ilustraciones visuales se adaptaron para niños con diversos niveles de desarrollo cognitivo. Sin embargo, su rendimiento no se había valorado durante una prueba de ejercicio de intensidad gradualmente creciente.

En este marco, el objetivo del presente estudio fue determinar la validez y la confiabilidad de la escala EPInfant en niños chilenos durante una prueba de ejercicio de intensidad creciente en escalón.

Materiales y métodos

Diseño

Se hizo un estudio de corte transversal en el cual la valoración del esfuerzo percibido se basó en el paradigma de estimación perceptual durante un protocolo de ejercicio de intensidad gradualmente creciente. Para la evaluación de la validez se consideró un paradigma de criterio concurrente mediante la correlación entre el criterio de referencia (frecuencia cardíaca) y la variable concurrente dada por la percepción del esfuerzo. Además, en un subgrupo de la muestra se empleó un diseño de prueba-reprueba, con el fin de valorar la confiabilidad entre observadores del instrumento. En este subgrupo se hicieron dos

Correspondencia:

Iván Rodríguez, Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad San Sebastián, Lientur 1457, Concepción, Chile
Teléfono: (56-41) 248 7293
ivan.rodriguez@uss.cl

Recibido: 19/02/15; aceptado: 14/07/15

pruebas de ejercicio con una semana de intervalo entre ellas, en las cuales el esfuerzo percibido fue medido por un segundo evaluador capacitado.

Población

Mediante un muestreo no probabilístico por conveniencia, se seleccionaron sujetos sanos, menores de 18 años y de ambos sexos, matriculados en dos colegios públicos de la ciudad de Concepción, Chile. Antes del inicio del protocolo de estudio, se les practicó un examen físico torácico a cada uno de los sujetos y se les pidió completar una lista de chequeo destinada a descartar la presencia de alguna enfermedad cardiorrespiratoria concomitante. Se excluyeron los sujetos con déficit cognitivo, los obesos y aquellos con enfermedades neuromotoras que les impidieran hacer ejercicio. Los sujetos se clasificaron en dos grupos de edad de acuerdo con las etapas del desarrollo cognitivo descritas por Piaget (8): operaciones concretas (8-12 años) e inteligencia formal (13-15 años).

Tamaño de la muestra

Se consideró un coeficiente de correlación r de Pearson de 0,43, registrado como el más bajo en este estudio en el subgrupo de hombres con inteligencia formal, por lo cual, considerando un contraste de hipótesis con planteamiento bilateral, un riesgo de error de tipo I de 5 % y una potencia estadística de 80 %, la muestra mínima estimada fue de 40 sujetos.

Escala de medición de esfuerzo percibido (EPIInfant)

La escala EPIInfant es un instrumento desarrollado para cuantificar el esfuerzo percibido general en la población infantil con base en un protocolo de elaboración y validación de contenido. El proceso metodológico de su diseño se dividió en tres etapas. En la primera, se conformó un panel de cinco profesionales expertos con más de cuatro años de experiencia y con al menos un curso de posgrado en áreas disciplinares dedicadas a la salud y la educación del niño (dos kinesiólogos, dos psicólogos y un médico pediatra broncopulmonar), que hicieron recomendaciones para el diseño de la escala. En la segunda etapa, se revisaron artículos científicos relacionados, con el fin de identificar los instrumentos con más altos coeficientes de validez de criterios que aportaran elementos metodológicos a la elaboración de la nueva escala. En la tercera etapa, se evaluó la validez de contenido, cuyo índice general fue mayor de 0,95.

La escala EPIInfant posee descriptores numéricos, verbales e ilustraciones que muestran a un niño que hace ejercicio continuo con intensidad creciente y cuya expresión facial cambia de acuerdo con la intensidad del esfuerzo percibido. Además, cuenta con barras verticales de color rojo cuya tonalidad aumenta a medida que su longitud crece exponencialmente (de izquierda a derecha) (figura 1).

Protocolo de inducción

Una semana antes de la prueba de ejercicio, se hizo una sesión de inducción en la que se registraron la edad, el sexo y las variables antropométricas. El peso y la estatura se determinaron usando una balanza análoga. Cada participante se familiarizó con la prueba de ejercicio y recibió instrucciones sobre la escala. El panel de instrucciones de uso de la escala se detalla en el cuadro 1.

Prueba de ejercicio

Se llevó a cabo la prueba de escalón de Chester, que es una prueba de intensidad creciente y continua validada en sujetos sanos y que se aplica en distintos contextos (19-22). La prueba consiste en subir y bajar un escalón de 20 cm de altura a una velocidad creciente indicada por una señal sonora. Tiene cinco niveles según la cantidad de ciclos (cada uno equivalente a un ascenso y un descenso con ambos pies), que la persona debe realizar en un minuto: nivel 1, 15 ciclos; nivel 2, 20 ciclos; nivel 3, 25 ciclos; nivel 4, 30 ciclos, y nivel 5, 35 ciclos. Cada nivel tiene una duración de dos minutos, es decir que la duración total de la prueba es de 10 minutos. La carga de trabajo (Watts) se calcula mediante la siguiente fórmula: altura del escalón (m) \times número total de ciclos \times peso (kg) \times 0,16357 (22).

La prueba puede ser suspendida por el sujeto en presencia de síntomas (disnea o máxima fatiga de piernas), o por el evaluador, cuando el sujeto no puede mantener el ritmo durante un lapso de 15 segundos.

Antes de iniciar la prueba, el sujeto debe permanecer en reposo durante 10 minutos, tiempo en el cual se registra la saturación de oxígeno, el esfuerzo percibido utilizando la escala EPIInfant, la frecuencia cardíaca con un monitor cardiorrespiratorio de marca Polar®, y la frecuencia cardíaca máxima calculada mediante la fórmula de Tanaka: $[208 - (0,7 \times \text{edad})]$ (23).

Durante la prueba se registraron el esfuerzo percibido, la frecuencia cardíaca y la saturación de oxígeno en los últimos 20 segundos de cada

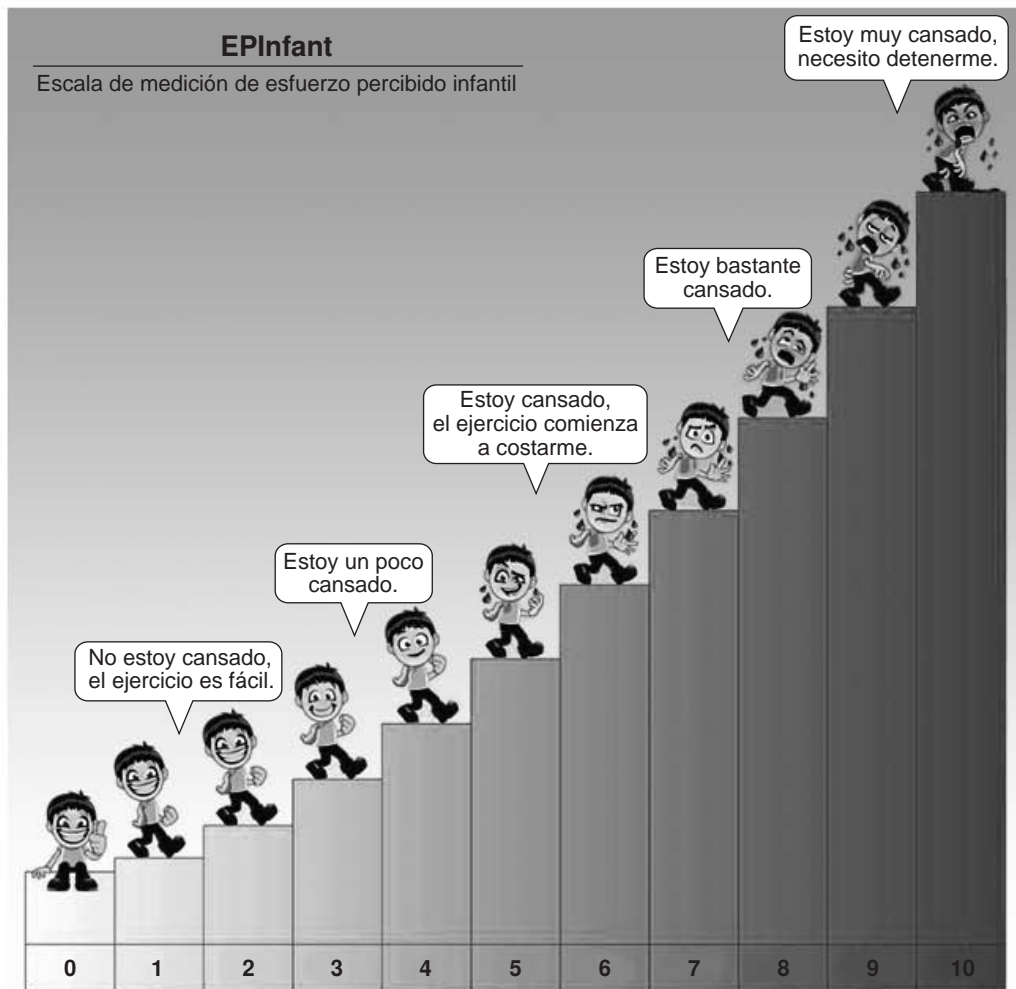


Figura 1. Escala de medición de esfuerzo percibido infantil (EPInfant)

Cuadro 1. Recomendaciones para la aplicación de la escala de medición de esfuerzo percibido infantil, EPInfant

La escala EPInfant es un instrumento diseñado para cuantificar el nivel de esfuerzo corporal global percibido en niños y adolescentes (menores de 18 años) durante el ejercicio físico.

Debe hacerse una inducción antes del inicio del ejercicio físico, explicándola en términos sencillos apropiados para la edad cognitiva del sujeto.

Si el niño o niña no sabe leer, se sugiere dar instrucciones para la interpretación del esfuerzo percibido mediante las ilustraciones de niños haciendo ejercicio.

Para una adecuada medición de la percepción de esfuerzo, el sujeto debe contestar a la siguiente pregunta: ¿Cuán cansado te encuentras durante el ejercicio? La pregunta debe ir dirigida a valorar la percepción de esfuerzo corporal global, incluidas la fatiga de piernas y la disnea.

A continuación se da un ejemplo de instrucción apropiada:

- Antes, durante y después del ejercicio, te preguntaré cuán cansado te encuentras.
- Debes utilizar los números, las palabras o los niños para indicarme tu nivel de cansancio durante la actividad.
- Observa al niño que se encuentra al inicio de la escala, si te sientes como él, significa que no te encuentras cansado.
- Observa a los niños que se encuentran en el centro de la escala (niveles 5 y 6), si te sientes como ellos, significa que te encuentras cansado pero puedes seguir haciendo ejercicio.
- Observa al niño que se encuentra al final de la escala, si te sientes como él, significa que te encuentras muy cansado y no puedes seguir haciendo ejercicio.
- Puedes utilizar cualquiera de los números, frases o imágenes de niños de la escala, para decirme cuán cansado te sientes. No existe una respuesta correcta o incorrecta.

minuto. Para determinar la frecuencia cardiaca media, en cada nivel se calculó el valor medio entre el primer y el segundo minuto de cada etapa de la prueba.

Una semana más tarde, un subgrupo de sujetos del grupo de operaciones concretas (17 hombres y 14 mujeres) hizo una segunda prueba en la que el esfuerzo percibido fue medido por un segundo evaluador para determinar la confiabilidad entre observadores.

Consideraciones éticas

El estudio fue autorizado por ambos establecimientos educativos y aprobado por el Comité Científico de la Universidad San Sebastián de Chile. Los padres de los niños firmaron un consentimiento informado, así como los niños mayores de 12 años antes de participar en el estudio.

Plan de análisis

Se hizo un análisis exploratorio de los datos utilizando el paquete estadístico MedCalc 14,8, y, posteriormente, se aplicó la estadística descriptiva calculando el promedio y la desviación estándar para las variables cuantitativas. Se utilizó un ANOVA y un análisis *post hoc* mediante el método de Scheffé para evaluar la diferencia entre los grupos, así como un ANOVA para medidas repetidas, con el fin de valorar las diferencias de las medias de la frecuencia cardiaca, la carga de trabajo y el esfuerzo percibido entre los distintos niveles de intensidad de la prueba.

Se utilizó el coeficiente de correlación *r* de Pearson para evaluar la asociación entre el esfuerzo percibido y la frecuencia cardiaca, y un análisis de regresión lineal para la construcción del modelo de estimación de la frecuencia cardiaca a partir del

esfuerzo percibido. Los coeficientes de correlación se sometieron a la transformación *z* de Fisher, con el fin de valorar la diferencia entre los niveles de correlación según sexo y grupo de edad.

La confiabilidad entre observadores se evaluó mediante el coeficiente de correlación intraclase y el método de Bland-Altman, de los cuales el primero corresponde a la proporción de la variabilidad total que no es producida por error de medición y el segundo muestra la diferencia media entre las mediciones a lo largo de las categorías de la escala. Los resultados se expresaron en valores absolutos y con un intervalo de confianza (IC) de 95 %. Se consideró significativo un valor de $p < 0,05$.

Resultados

Caracterización de la muestra

En el estudio participaron 75 niños y adolescentes sanos, de los cuales 35 tenían entre 8 y 12 años de edad (etapa de operaciones concretas) y 40, entre 13 y 15 años (etapa de operaciones formales). En el cuadro 2 se precisan las características generales de la muestra.

Respuesta fisiológica durante el test de Chester

Todos los participantes hicieron la prueba; no obstante, tres de las mujeres (una del grupo de operaciones concretas y dos del grupo de inteligencia formal) completaron solo cuatro de los cinco niveles. Se observaron diferencias significativas entre los grupos en cuanto a la magnitud de la intensidad de trabajo en cada nivel (cuadro 3). Los hombres y las mujeres de 13 a 15 años desarrollaron una mayor carga de trabajo que los de 8 a 12 años ($p=0,0001$). En ambos grupos de edad los varones desarrollaron una mayor carga de trabajo que las mujeres ($p=0,0001$).

Cuadro 2. Características generales de la muestra y resultados al final del test de Chester

	Grupo de 8 a 12 años		Grupo de 13 a 15 años	
	Hombre (n=18)	Mujer (n=17)	Hombre (n=20)	Mujer (n=20)
Edad (años)	10,0±0,7	8,8±1,0	14,2±0,8	14,1±0,8
Peso (kg)	41,0±8,4	31,2±5,6	62,2±8,9	55,7±8,9
Estatura (cm)	144,8±10,7	133,8±6,9	173,5±11	167,3±17
Frecuencia cardiaca máxima teórica (latidos por minuto)	200,9±0,92	201,5±0,79	197,9±0,57	198,0±0,56
Frecuencia cardiaca máxima (latidos por minuto)	160,2±15,1	165,2±14,0	150,3±17,1	171,2±11,4
Esfuerzo percibido máximo	6,7±1,8	7,3±2,2	2,8±1,4	3,8±2,3

Los resultados se expresan en promedios y desviación estándar.

Cuadro 3. Carga de trabajo durante el test de Chester

Niveles	Grupo de 8 a 12 años		Grupo de 13 a 15 años		p*
	Hombre	Mujer	Hombre	Mujer	
I (W)	20,4 (18,3-22,5) ^a	15,3 (13,8-16,8) ^b	30,9 (29,0-32,9) ^a	27,3 (25,2-29,3) ^b	<0,0001
II (W)	27,3 (24,5-30,1) ^a	20,4 (18,5-25,3) ^b	41,2 (38,6-43,8) ^a	36,4 (33,7-39,2) ^b	<0,0001
III (W)	34,2 (30,6-37,7) ^a	25,9 (23,2-28,6) ^b	51,6 (48,3-54,8) ^a	45,5 (42,1-48,9) ^b	<0,0001
IV (W)	41,1 (36,8-45,3) ^a	30,5 (27,7-33,4) ^b	61,9 (58,0-65,8) ^a	54,6 (50,5-58,7) ^b	<0,0001
V (W)	47,9 (42,9-52,9) ^a	35,5 (32,3-38,6) ^b	72,2 (67,6-76,7) ^a	61,0 (58,0-64,0) ^b	<0,0001

Los resultados se expresan en promedios y el intervalo de confianza fue de 95 %

Hubo una diferencia estadísticamente significativa entre la carga de trabajo de los grupos ($p < 0,0001$). Se hizo un ANOVA de medidas repetidas.

* Se hizo un ANOVA.

^a y ^b: hubo una diferencia estadísticamente significativa entre las parejas (prueba de Scheffé).

Se evidenciaron diferencias significativas entre los grupos con respecto al esfuerzo percibido y la frecuencia cardíaca alcanzada al final de la prueba ($p=0,001$). En este contexto, en el análisis *post hoc* se constató que las mujeres del grupo de inteligencia formal alcanzaron una mayor frecuencia cardíaca máxima que los hombres del mismo grupo de edad; los hombres y las mujeres del grupo de operaciones concretas alcanzaron un mayor nivel de esfuerzo percibido al final de la prueba, comparados con aquellos pertenecientes al grupo de inteligencia formal ($p=0,0001$) (cuadro 2). Además, en hombres y mujeres de ambos grupos de edad se observó que tanto la frecuencia cardíaca como el esfuerzo percibido se incrementaron de forma significativa de acuerdo con los niveles de intensidad desarrollados durante la prueba ($p < 0,0001$). En la figura 2 (A y B) se aprecian las medias de la frecuencia cardíaca y el esfuerzo percibido, y sus respectivas desviaciones estándar en cada nivel del test de Chester.

Validez de la escala EPIInfant

El esfuerzo percibido se correlacionó positivamente con la frecuencia cardíaca en los cuatro grupos estudiados ($p=0,0001$). Sin embargo, en los hombres de 13 a 15 años se observó un menor nivel de correlación entre la frecuencia cardíaca y el esfuerzo percibido que en los del grupo de 8 a 12 años del mismo sexo ($p=0,003$). En el cuadro 4 se detalla la matriz de correlación entre el esfuerzo percibido y la frecuencia cardíaca durante el test de Chester en cada subgrupo de la muestra estudiada.

Por otra parte, todos los modelos de regresión fueron estadísticamente significativos. En el cuadro 5 se muestran las ecuaciones utilizadas para estimar la frecuencia cardíaca a partir del esfuerzo percibido en cada subgrupo de la muestra estudiada

y, en las figuras 3 y 4 (A y B), se observan los modelos de regresión del esfuerzo percibido y la frecuencia cardíaca.

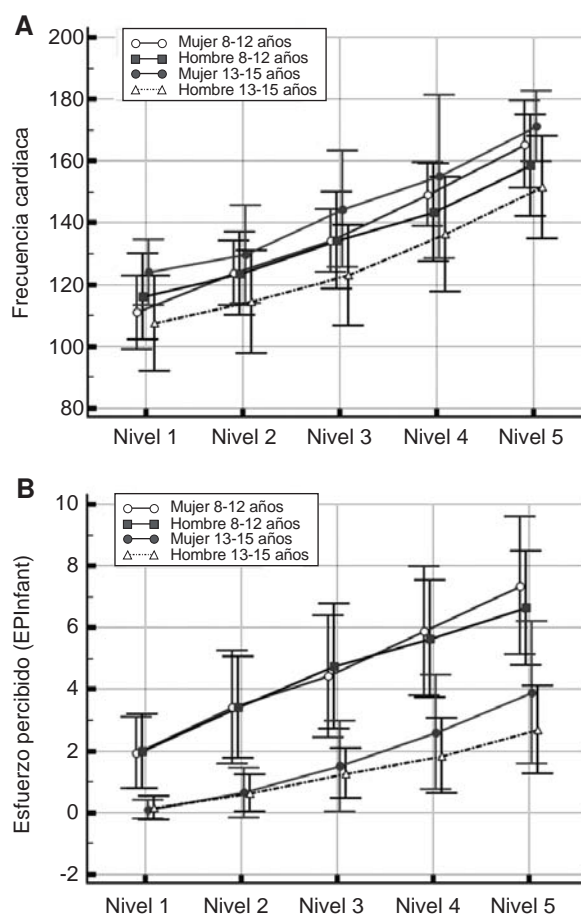


Figura 2. Respuesta fisiológica durante el test de Chester en la muestra total. **A.** Respuesta de la frecuencia cardíaca. **B.** Respuesta del esfuerzo percibido (EPIInfant). Los resultados se expresan en promedios y desviación estándar.

Hubo una diferencia estadísticamente significativa entre las medidas repetidas de las variables a lo largo del test en todos los subgrupos estudiados ($p < 0,05$). Se empleó un ANOVA de medidas repetidas.

Cuadro 4. Matriz de correlaciones entre el esfuerzo percibido (EPIInfant) y la frecuencia cardiaca durante el test de Chester

Muestra	r de Pearson	IC _{95%} *	p
Hombre (8-12 años)	0,73	0,65-0,79*	0,0001
Mujer (8-12 años)	0,58	0,46-0,68	0,0001
Hombre (13-15 años)	0,43	0,30-0,53*	0,0001
Mujer (13-15 años)	0,62	0,52-0,70	0,0001

IC: intervalo de confianza
 Hubo diferencia estadística entre los niveles de correlación.

Cuadro 5. Ecuaciones de regresión para la estimación de la frecuencia cardiaca a partir del esfuerzo percibido (EPIInfant)

Muestra	Ecuación	p
Hombre (8-12 años)	FC = -7,28 + 0,085EP	0,0001
Mujer (8-12 años)	FC = -4,61 + 0,067EP	0,0001
Hombre (13-15 años)	FC = -1,87 + 0,023EP	0,0001
Mujer (13-15 años)	FC = -4,81 + 0,045EP	0,0001

FC: frecuencia cardiaca
 EP: esfuerzo percibido medido mediante la escala EPIInfant

En cuanto a la confiabilidad entre observadores, el coeficiente de correlación intraclase global calculado fue de 0,88 (0,82-0,92) en hombres y de 0,94 (0,91-0,96) en mujeres. En la figura 5 se muestra el análisis de las diferencias individuales del esfuerzo percibido hecho mediante el método de Bland y Altman, en el cual se observa que el promedio de la diferencia del esfuerzo percibido fue de 0,9 (-1,8 a 3,6) en ambos sexos.

Discusión

Los principales hallazgos del estudio fueron los siguientes: la escala EPIInfant mostró una correlación positiva con la frecuencia cardiaca y un gran nivel de confiabilidad durante una prueba de ejercicio de intensidad creciente en escalón.

La escala es un instrumento que incluye descriptores gráficos apropiados para las distintas etapas de madurez cognitiva de sujetos menores de 18 años, razón por la cual se estudiaron dos grupos de edad establecidos según la clasificación de Piaget (8).

Por otra parte, las cargas de trabajo desarrolladas durante la prueba fueron significativamente distintas entre sujetos del mismo sexo y distinta edad (cuadro 2), lo cual responde a que el cálculo de la carga (Watts) durante la prueba se hizo en función de la estatura y el peso (21). En la muestra estudiada, los sujetos del grupo de 13 a 15 años tenían mayor estatura y peso que los del grupo de 8 a 12 años.

Con respecto a la respuesta fisiológica durante el test de Chester, solo las mujeres del grupo de inteligencia formal alcanzaron una frecuencia cardiaca significativamente superior al resto de los sujetos. Ninguno de los subgrupos superó el umbral de 90 % de frecuencia cardiaca máxima teórica (grupo de 8 a 12 años: 79,7 % y 81,9 %; grupo de 13 a 15 años: 75,9 % y 86,4 %, en hombres y mujeres, respectivamente). Esto sugiere que la prueba de ejercicio se comportó como una prueba de intensidad gradualmente creciente ‘submáxima’, como ya se ha descrito en la literatura científica. En una muestra de adultos jóvenes sanos (con edad promedio de 22,4 años), Buckley, *et al.*, observaron que la frecuencia cardiaca al final de la prueba de ejercicio alcanzó el 81,1 % de la frecuencia cardiaca máxima; además, la percepción del esfuerzo llegó a 14,2 puntos en la escala de Borg (6 a 20), lo cual equivale a un 71 % del valor máximo teórico (19).

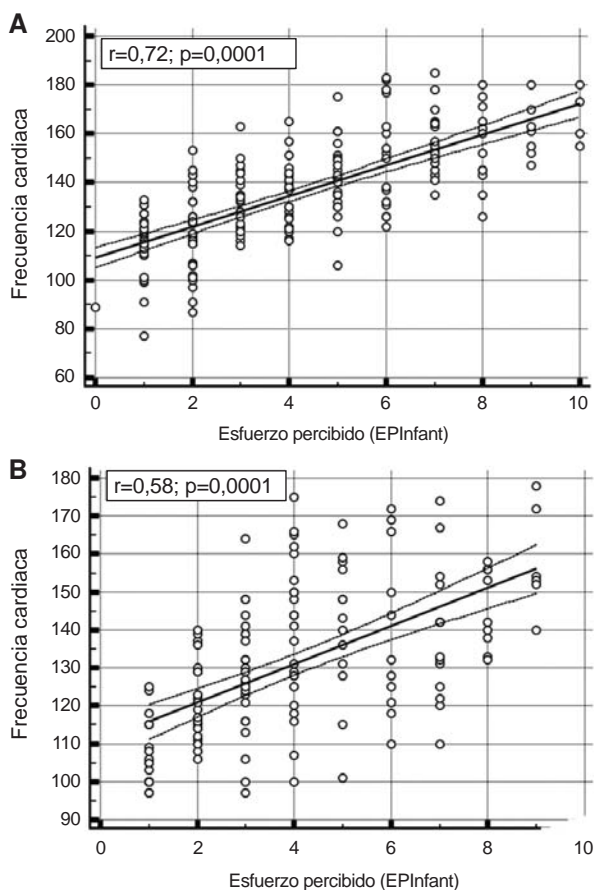


Figura 3. Análisis de regresión lineal de la frecuencia cardiaca en función del esfuerzo percibido (EPIInfant) durante el test de Chester en los sujetos pertenecientes a la etapa de operaciones concretas (8-12 años). **A.** Hombres. **B.** Mujeres. La raya continua representa la línea de regresión y la segmentada representa el intervalo de confianza de 95 %.

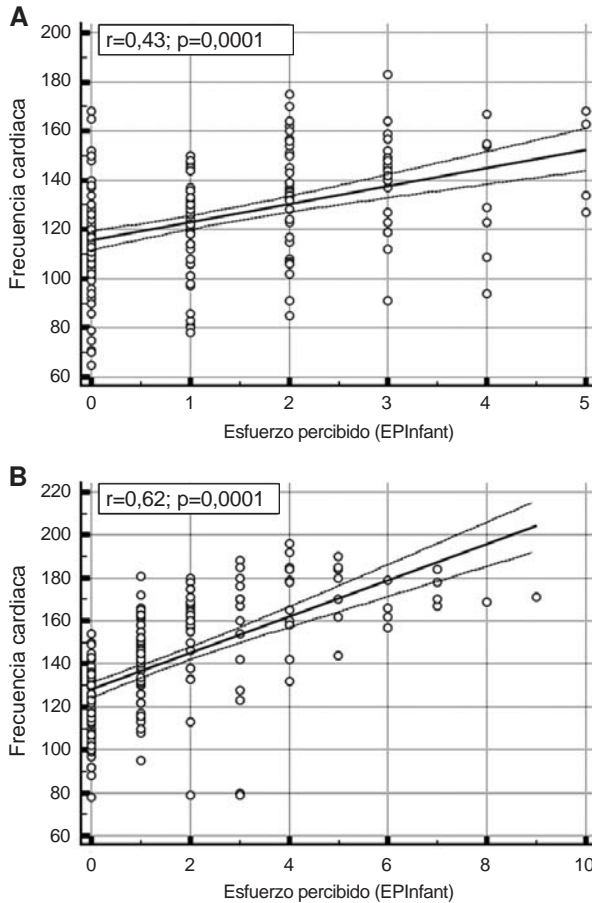


Figura 4. Análisis de regresión lineal de la frecuencia cardiaca en función del esfuerzo percibido (EPInfant) durante el test de Chester, en los sujetos pertenecientes a la etapa de inteligencia formal (13-15 años). **A.** Hombres. **B.** Mujeres. La raya continua representa la línea de regresión y la segmentada representa el intervalo de confianza de 95 %.

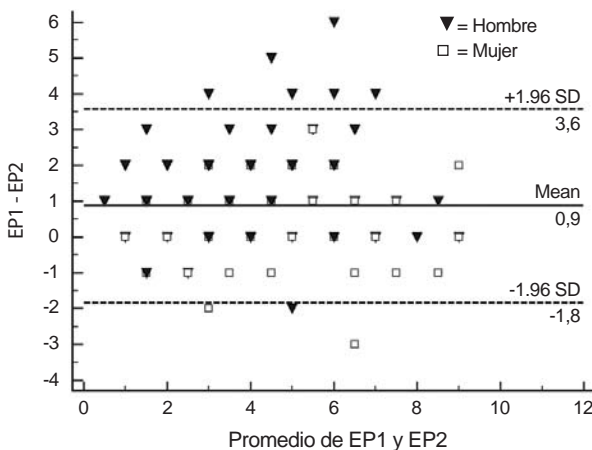


Figura 5. Confiabilidad prueba-reprueba de la escala EPInfant. El gráfico de Bland-Altman muestra las mediciones repetidas del esfuerzo percibido por dos evaluadores. Los resultados se muestran en promedios y desviación estándar.

En este estudio ningún grupo superó los 8 puntos de esfuerzo percibido. Se debe considerar que durante la etapa de inducción se enfatizó en que la escala EPInfant pretende medir el esfuerzo percibido general y no local (por ejemplo, fatiga de piernas); por este motivo, es de esperarse que una prueba de escalón, cuyo estímulo fatigante va dirigido principalmente a la musculatura de las piernas, produzca una percepción de esfuerzo general inferior a la percepción de esfuerzo en las extremidades inferiores. En 40 niños de ambos sexos entre los 10 y los 11 años de edad, Robertson, *et al.*, constataron que el esfuerzo percibido general fue inferior a la percepción de fatiga en las piernas durante una prueba de escalón de intensidad creciente (24). En su estudio, el nivel general de esfuerzo percibido y el de fatiga en las piernas al final de la prueba, fueron cercanos a 8 y 9, respectivamente, lo que es similar a lo observado en este estudio en el grupo de 8 a 12 años.

Vale la pena destacar que en ambos grupos de edad se utilizó una altura única del escalón (20 cm), lo cual puede explicar el hecho de que los participantes del grupo de 8 a 12 años experimentaran un mayor esfuerzo percibido que los sujetos del otro grupo, puesto que al tener una menor estatura respecto a la altura del escalón se produjo un mayor estrés fisiológico durante el ejercicio. Esto concuerda con lo descrito por Yelling, *et al.*, quienes observaron mayores niveles de esfuerzo percibido en niños de 11 y 12 años que en aquellos de 14 y 15 durante una prueba de intensidad creciente en escalón con altura única (25).

El esfuerzo percibido se correlacionó positivamente con la frecuencia cardiaca durante el test de Chester. Cabe señalar que en el paradigma de validación concurrente, la frecuencia cardiaca se ha utilizado ampliamente como criterio de referencia en estudios de validez de escalas de medición de esfuerzo percibido en poblaciones diversas y con distintas modalidades de ejercicio, principalmente en trotadora y bicicleta (11-14,23,25). No obstante, son escasos los estudios en que se han evaluado las propiedades psicométricas de la medición de esta variable en una prueba de escalón (24,25). En el estudio de Robertson, *et al.*, se observó la existencia de una fuerte correlación positiva entre la percepción de esfuerzo y la frecuencia cardiaca durante una prueba de escalón de intensidad gradualmente creciente en hombres y mujeres de 10 y 11 años ($r=0,88$ y $r=0,83$, respectivamente) utilizando la escala OMNI para evaluar el esfuerzo percibido (24).

Por su parte, Yeilling, *et al.*, observaron una correlación débil en niños entre los 11 y 12 años de edad, y entre moderada y fuerte en niñas de 14 y 15 años (25). En este estudio, pese a que los niveles de correlación observados fueron distintos en cada grupo de edad y sexo (entre 0,43 y 0,73), fue posible generar un modelo de regresión muy significativo ($p < 0,0001$) para la estimación del estrés fisiológico (frecuencia cardíaca) a partir del esfuerzo percibido en los cuatro grupos estudiados, lo que sugiere la existencia de un importante grado de dependencia entre la percepción del esfuerzo, medido mediante la escala EPIInfant, y el estrés fisiológico durante el ejercicio de intensidad creciente.

Por otra parte, se registró un alto nivel de confiabilidad entre observadores, tanto en hombres como mujeres del grupo de 8 a 12 años. Estos resultados concuerdan con los reportados por Leung, *et al.*, quienes constataron un alto nivel de confiabilidad (coeficiente de correlación intraclase mayor de 0,80) en la medición del esfuerzo percibido en niños entre los 10 y 11 años, durante una prueba de ejercicio de intensidad creciente en cicloergómetro (26).

Estos resultados representan el primer estudio de validez de la escala EPIInfant desde su diseño. En este contexto, aún es necesario verificar su validez en función de otras variables fisiológicas consideradas como patrones de referencia: volumen de oxígeno, trabajo respiratorio, ventilación por minuto y nivel de lactato, entre otras. Además, queda por verificar su rendimiento en otras modalidades de ejercicio, como la bicicleta, la trotadora y la prueba de campo. El conocimiento de sus propiedades psicométricas en distintos contextos permitirá su recomendación tanto en el ámbito clínico como en el deportivo.

Por último, se puede concluir que la escala EPIInfant es un instrumento válido para medir el esfuerzo percibido durante el ejercicio en niños y niñas con distintos grados de madurez cognitiva. Además, se registró un alto nivel de confiabilidad entre observadores en el grupo de 8 a 12 años. Estos resultados instan a continuar evaluando su rendimiento en distintos contextos.

Agradecimientos

A los estudiantes y profesores de los colegios en donde se llevó a cabo este estudio, así como a los alumnos de Kinesiología Karen Troncoso, Paula Troncoso, Rodrigo Briceño, Yerko Guíñez, Diego Moreira, María Ignacia Quezada y Mario Soto, por su valiosa colaboración en la ejecución de este estudio.

Los autores certifican que las personas mencionadas en los agradecimientos estuvieron de acuerdo con su aparición en ellos.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

Financiación

Este estudio fue financiado por la Escuela de Kinesiología de la Universidad San Sebastián y el Programa de Doctorado en Ciencias Médicas de la Universidad de la Frontera, Temuco, Chile.

Referencias

1. **Borg G.** Perceived exertion as an indicator of somatic stress. *Scand J Rehabil Med.* 1970;2:92-8.
2. **Smirmaul B de P.** Sense of effort and other unpleasant sensations during exercise: Clarifying concepts and mechanisms. *Br J Sports Med.* 2012;46:308-11. <http://dx.doi.org/10.1136/bjism.2010.071407>
3. **Marcora S.** Perception of effort during exercise is independent of afferent feedback from skeletal muscles, heart, and lungs. *J Appl Physiol* (1985). 2009;106:2060-2. <http://dx.doi.org/10.1152/jappphysiol.90378.2008>
4. **Dunbar CC, Robertson RJ, Baun R, Blandin MF, Metz K, Burdett R, et al.** The validity of regulating exercise intensity by ratings of perceived exertion. *Med Sci Sports Exerc.* 1992;24:94-9.
5. **Buckley JP, Eston RG, Sim J.** Ratings of perceived exertion in braille: Validity and reliability in production mode. *Br J Sports Med.* 2000;34:297-302. <http://dx.doi.org/10.1136/bjism.34.4.297>
6. **Hartshorn JE, Lamb KL.** The reproducibility of perceptually regulated exercise responses during short-term cycle ergometry. *Int J Sports Med.* 2004;25:362-7. <http://dx.doi.org/10.1055/s-2004-815840>
7. **Kang J, Chaloupka EC, Biren GB, Mastrangelo MA, Hoffman JR.** Regulating intensity using perceived exertion: Effect of exercise duration. *Eur J Appl Physiol.* 2009;105:445-51. <http://dx.doi.org/10.1007/s00421-008-0922-4>
8. **Gros Lambert A, Mahon AD.** Perceived exertion: Influence of age and cognitive development. *Sports Med.* 2006;36:911-28.
9. **Williams JG, Eston R, Furlong B.** CERT: A perceived exertion scale for young children. *Percept Mot Skills.* 1994;79:1451-8.
10. **Eston RG, Lamb KL, Bain A, Williams AM, Williams JG.** Validity of a perceived exertion scale for children: A pilot study. *Percept Mot Skills.* 1994;78:691-7. <http://dx.doi.org/10.2466/pms.1994.78.2.691>
11. **Robertson RJ, Goss FL, Boer NF, Peoples JA, Foreman AJ, Dabayeb IM, et al.** Children's OMNI scale of perceived exertion: Mixed gender and race validation. *Med Sci Sports Exerc.* 2000;32:452-8.
12. **Utter AC, Robertson RJ, Nieman DC, Kang J.** Children's OMNI scale of perceived exertion: Walking/running evaluation. *Med Sci Sports Exerc.* 2002;34:139-44.

13. **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;38:1014-9. <http://dx.doi.org/10.1249/01.mss.0000218123.81079.49>
14. **Barkley JE, Roemmich JN.** Validity of the CALER and OMNI-bike ratings of perceived exertion. *Med Sci Sports Exerc.* 2008;40:760-6. <http://dx.doi.org/10.1249/MSS.0b013e318161729b>.
15. **Pfeiffer KA, Pivarnik JM, Womack CJ, Reeves MJ, Malina RM.** Reliability and validity of the Borg and OMNI rating of perceived exertion scales in adolescent girls. *Med Sci Sports Exerc.* 2002;34:2057-61.
16. **Zenteno D, Puppo H, González R, Kogan R.** Test de marcha de 6 minutos en pediatría. *Neumol Pediatr.* 2007;2:109-14.
17. **Zenteno D, Puppo H, Vera R, Torres R, Kuo C-Y, Salinas P, et al.** Guías de rehabilitación para niños con enfermedades respiratorias crónicas. *Neumol Pediatr.* 2007;3:25-33.
18. **Rodríguez I, Henríquez S, Vásquez P, Zenteno D.** Test de caminata de seis minutos y función pulmonar en pacientes con bronquiolitis obliterante post infecciosa. *Rev Chil Enferm Respir.* 2014;30:68-74. <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-73482014000200002>
19. **Buckley JP, Sim J, Eston RG, Hession R, Fox R.** Reliability and validity of measures taken during the Chester step test to predict aerobic power and to prescribe aerobic exercise. *Br J Sports Med.* 2004;38:197-205. <http://dx.doi.org/10.1136/bjism.2003.005389>
20. **Karloh M, Correa KS, Martins LQ, Araújo CL, Matte DL, Mayer AF.** Chester step test: Assessment of functional capacity and magnitude of cardiorespiratory response in patients with COPD and healthy subjects. *Braz J Phys Ther.* 2013;17:227-35. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-35552012005000087>
21. **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;56:995-1001. <http://dx.doi.org/10.4187/respcare.01047>
22. **de Andrade CH, de Camargo AA, de Castro BP, Malaguti C, Dal Corso S.** Comparison of cardiopulmonary responses during 2 incremental step tests in subjects with COPD. *Respir Care.* 2012;57:1920-6. <http://dx.doi.org/10.4187/respcare.01742>
23. **Andrade FA, Denadai BS.** Validade das equações preditivas da frequência cardíaca máxima para crianças e adolescentes. *Arq Bras Cardiol.* 2011;97:136-40.
24. **Robertson RJ, Goss FL, Andreacci JL, Dube JJ, Rutkowski JJ, Snee BM, et al.** Validation of the children's OMNI RPE scale for stepping exercise. *Med Sci Sports Exerc.* 2005;37:290-8.
25. **Yelling M, Lamb KL, Swaine I.** Validity of a pictorial perceived exertion scale for effort estimation and effort production during stepping exercise in adolescent children. *Eur Phys Educ Rev.* 2002;8:157-75. <http://dx.doi.org/10.1177/1356336X020082007>
26. **Leung ML, Chung PK, Leung RW.** An assessment of the validity and reliability of two perceived exertion rating scales among Hong Kong children. *Percept Mot Skills.* 2002;95:1047-62. <http://dx.doi.org/10.2466/pms.2002.95.3f.1047>