

Monograph

Efecto de la Intensidad del Ejercicio Sobre los Valores Diferenciados y no Diferenciados del Esfuerzo Percibido durante Ejercicios en Cicloergómetro y Cinta Ergométrica en Mujeres Activas y Entrenadas

Elizabeth Nagle², Fredric Goss², Robert Robertson², Melinda R Bolgar¹ y Carol E Baker²

¹Jacksonville State University, Jacksonville, AL, USA.

²University of Pittsburgh, Pittsburgh, PA, USA.

RESUMEN

El propósito de este estudio fue examinar el efecto de la intensidad del ejercicio aeróbico sobre los componentes del modelo del esfuerzo percibido diferenciado en mujeres jóvenes que realizaron ejercicios aeróbicos en dos condiciones, una en la cual se debía soportar el peso corporal y otra en la cual no se soportaba el peso corporal. Las participantes fueron mujeres de entre 18 y 25 años que eran recreativamente activas ($n = 19$; $VO_{2\text{máx}} = 33.40 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$) y entrenadas ($N = 22$; $VO_{2\text{máx}} = 43.3 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$). Las participantes realizaron dos tests de ejercicio incremental (GTX) en cinta ergométrica y en cicloergómetro separados por un período de 48 horas. A cada minuto, en ambas pruebas se registraron los valores del RPE general, el RPE de las piernas y el RPE del pecho, así como también del consumo de oxígeno (VO_2). Los análisis de regresión individual se utilizaron para identificar el RPE general, el RPE de las piernas y el RPE del pecho al 40, 60, 80% $VO_{2\text{máx}}/\text{pico}$. Se efectuaron análisis de varianza ANOVA de dos factores separados (lugar (3) \times intensidad (3)) para medidas repetidas en el lugar y la intensidad para cada estado de entrenamiento. Además, también se examinaron las respuestas del RPE con un factor uno (lugar (3)) ANOVA intra-sujeto con medidas repetidas en el lugar al punto de quiebre ventilatorio. En ninguno de los dos grupos, el recreativamente activo y el entrenado, se observaron diferencias significativas para el RPE general, el RPE de las piernas y el RPE del pecho durante el ejercicio en cinta ergométrica. Sin embargo, los resultados del ejercicio en cicloergómetro indicaron que el RPE de las piernas fue significativamente mayor en todas las intensidades de ejercicio que el RPE general y el RPE del pecho para las participantes entrenadas, mientras que para las participantes recreativamente activas el RPE de las piernas fue significativamente mayor sólo en la intensidad de ejercicio más elevada. Las respuestas en el punto de quiebre ventilatorio durante el ejercicio de pedaleo indicaron que el RPE de las piernas fue significativamente mayor que el RPE del pecho y RPE general para las participantes entrenadas pero no para las participantes recreativamente activas. No se observó un dominio de señal en una intensidad equivalente al punto de quiebre ventilatorio durante el ejercicio en cinta ergométrica en ninguno de los grupos. En las mujeres recreativamente activas y entrenadas el dominio de señal sólo se demostró durante el ejercicio en cicloergómetro, pero no durante el ejercicio en cinta ergométrica. No pudo demostrarse la integración de la señal durante el ejercicio en cicloergómetro y en cinta ergométrica a las diferentes intensidades.

INTRODUCCION

La percepción del esfuerzo físico se define como la intensidad subjetiva del esfuerzo, la tensión, la molestia y/o la fatiga que una persona siente durante el ejercicio (Robertson y Noble, 1997). Los valores del esfuerzo percibido (RPE) pueden utilizarse para guiar el curso de tiempo de un test de ejercicios (ACSM, 2000; 2006) y también para la prescripción de la intensidad de ejercicio para las sesiones de entrenamiento (Glass et al., 1992). El RPE puede medirse como las sensaciones de esfuerzo del cuerpo en general (RPE general), o las sensaciones diferenciadas que reflejan funciones respiratorias y metabólicas que surgen del pecho (RPE del pecho) y las alteraciones en la producción de energía y las propiedades de contracción de los músculos periféricos y del esqueleto (RPE de las piernas/RPE los brazos).

El Modelo de RPE Diferenciado sostiene que las señales perceptuales diferenciadas están unidas a los eventos fisiológicos subyacentes (Robertson y Noble, 1997; Weiser y Stamper, 1977). Estas señales perceptuales a menudo están localizadas anatómicamente en las extremidades activas, así como en el pecho. Las señales periféricas diferenciadas están mediadas por los cambios en el entorno del músculo esquelético. Los movimientos musculares y articulares proveen una señal perceptual periférica localizada que puede medirse como valores diferenciados para las piernas (RPE de las piernas) o para los brazos (RPE de los brazos). A medida que la tensión en los grupos musculares activos se incrementa, también lo hace la intensidad de la señal periférica (Allen y Pandolf, 1977). Además, las intensidades de ejercicio más elevadas incrementan las demandas de la energía anaeróbica y, por lo tanto, la producción de lactato en el tejido, lo que se ha asociado a la intensidad de las señales periféricas del esfuerzo muscular (Allen y Pandolf, 1977).

Por otro lado, un valor para el pecho/respiración (RPE del pecho) es una medida de señales de esfuerzo respiratorio/metabólico. Estas señales se asocian a mayores demandas de energía aeróbica que se producen con las intensidades de ejercicio progresivamente más elevadas. La fuerza de la señal metabólica-respiratoria está asociada con los aumentos en el consumo de oxígeno, la ventilación pulmonar y el índice respiratorio inducidos por el ejercicio con menos entrada de la respuesta de la frecuencia cardiaca cronotrópica (Borg y Dahlstrom, 1962; Cafarelli, 1977; Edwards et al., 1972; Kamon et al., 1974).

Una dimensión del Modelo de RPE Diferenciado tiene en cuenta si la intensidad de un tipo de señal perceptual (i.e., periférica o respiratoria/metabólica) es relativamente más intensa que la otra. Cuando se detecta esa diferencia, se la llama dominio de señal perceptual. La señal perceptual no diferenciada representa una integración de muchas señales perceptuales diferenciadas y, por lo tanto, crea un valor para el cuerpo en general (Pandolf et al., 1975). Este concepto se llama integración de señal perceptual. Además, se supone que cada señal diferenciada lleva un peso de intensidad específico con la señal más intensa dominando el proceso de integración sensorial que forma el RPE del cuerpo en general (Robertson y Noble, 1997). Este concepto se llama dominio de señal perceptual. El modelo de integración de señal predice que el RPE general es un promedio ponderado del RPE de las piernas (o RPE de los brazos) y el RPE del pecho. Es probable que esta integración se realice en la corteza sensorial (Cafarelli, 1982; Robertson y Noble, 1997).

Se ha demostrado el dominio de señal perceptual en adultos que realizaron el ejercicio en cicloergómetro (sin el apoyo del peso corporal) y en cinta ergométrica (soportando el peso corporal) (Pandolf et al., 1975; Robertson et al., 1979a; 2004). Estos estudios hallaron que el RPE diferenciado para las piernas fue sistemáticamente más intenso que las señales respiratorias/metabólicas que surgían del pecho. Al analizar estos estudios de manera colectiva, los hallazgos para las muestras de los adultos en general indican que el dominio de señal perceptual está presente en intensidades de ejercicio comparativamente menores en las modalidades de ejercicio sin apoyo del peso corporal, pero pueden retrasarse en el comienzo en las modalidades de ejercicio con apoyo del peso corporal. El umbral de diferenciación, o la intensidad de ejercicio a la cual una de las señales diferenciadas se vuelve más intensa que la otra, parece producirse a un índice metabólico aeróbico menor durante el ejercicio en cicloergómetro que durante el ejercicio en cinta ergométrica. En el cicloergómetro, la señal diferenciada de las piernas es habitualmente más intensa que la señal del pecho o la general, y el umbral se vuelve notorio en intensidades de ejercicio comparativamente menores (Pandolf et al., 1975; Robertson et al., 1979a; Robertson et al., 2004). Sin embargo, para el ejercicio con apoyo del peso corporal, como caminar o correr, el umbral en el cual la señal diferenciada de la pierna se vuelve dominante se produce a intensidades más elevadas, una respuesta que parece ser una función del peso corporal y de la velocidad de la caminata/carrera (Robertson et al., 1982). Como una extensión de estos hallazgos previos, el presente estudio analizó si los estados de entrenamiento, la modalidad de ejercicio y la intensidad del ejercicio cumplen una función en el proceso de dominio/integración de la señal.

El fundamento del estudio fue que determinar la influencia de la intensidad del ejercicio en las percepciones de esfuerzo

diferenciadas para las participantes recreativamente activas y entrenadas en ejercicios sin apoyo del peso corporal (pedaleo) y con apoyo del peso corporal (cinta ergométrica) pueden incrementar la precisión de las prescripciones de los ejercicios. Además, aún hay muchos elementos del valor perceptual diferenciado que no se comprenden bien, en especial con respecto a las dos modelos de señal diferenciada de componentes, i.e., el dominio de señal perceptual y el modo de integración de la señal. Específicamente, el efecto de las intensidades del ejercicio aeróbico (baja, moderada, alta) en personas con diferentes niveles de aptitud física (recreativamente activos contra entrenados) en las diferentes modalidades de ejercicio (pedaleo contra cinta ergométrica) no ha sido analizado con detenimiento como variables interactivas dentro del contexto del Modelo de RPE Diferenciado. Por lo tanto, el propósito de este estudio ha sido analizar el efecto de la intensidad del ejercicio en el RPE diferenciado para las piernas y el pecho en ejercicios en cinta ergométrica y de pedaleo en mujeres recreativamente activas y entrenadas. Se planteó la hipótesis de que las mujeres recreativamente activas tendrían un RPE del pecho mayor que el RPE de las piernas y RPE general durante el ejercicio en cicloergómetro y en cinta ergométrica. Por otro lado, se planteó la hipótesis de que las mujeres entrenadas tendrían un RPE de las piernas mayor que el RPE del pecho y el RPE general.

MÉTODOS

Participantes

Los participantes de esta investigación fueron mujeres entrenadas aeróbicamente ($n = 22$) y recreativamente activas ($n = 19$) de entre 18 y 25 años de edad. Los criterios de inclusión para este estudio se basaron en el género, el estado de entrenamiento y la aptitud física. Las participantes de esta investigación fueron mujeres en edad universitaria (18 a 25 años), reclutadas de las clases de educación física, y/o que realizaban ejercicios en las instalaciones de la universidad. Las participantes se encontraban en buen estado de salud, tenían un peso corporal normal y se clasificaron en recreativamente activas o entrenadas. Se definió "recreativamente activas" a las participantes que realizaban una actividad aeróbica dos veces por semana o menos por un total de 80 minutos a intensidad moderada (~ 5 -6 METS) y tenían un consumo de oxígeno máximo (VO_2 máx) que se clasificó como igual o menor al promedio para la edad ($\leq 35.2 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$) (ACSM, 2006). Se definió "entrenadas" a las participantes que realizaban actividades aeróbicas al menos cinco veces por semana por un mínimo de 200 minutos a una intensidad de moderada (~ 5 -6 METS) a alta (~ 10 -11 METS) y que tenían un VO_2 máx mayor a la clasificación superior para la edad ($\geq 44.2 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$) (ACSM, 2006). Se excluyeron del estudio a las participantes con un índice de masa corporal (BMI) $\geq 30 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$. Además, se excluyeron a las participantes con enfermedades cardiovasculares o pulmonares conocidas.

Diseño Experimental

Esta investigación empleó un diseño experimental cruzado intra-sujeto que consistió de una prueba de ejercicio en cinta ergométrica con carga incremental y una prueba en cicloergómetro con carga incremental. Ambas pruebas con carga incremental terminaron a una intensidad de ejercicio máxima/pico. Estas pruebas se presentaron en orden contrabalanceado y separadas por un mínimo de 48 horas y un máximo de 72 horas. Antes de la primera prueba, se determinó el estado de entrenamiento mediante un cuestionario y se midieron el peso corporal (kg) y la altura (cm). Cada prueba comenzó con una fase de orientación, i.e. 15 minutos. La orientación incluyó: (a) una definición del esfuerzo percibido, (b) procedimientos de anclaje de la Escala de Esfuerzo Percibido OMNI, y (c) instrucciones de la Escala OMNI. Cada uno de estos procedimientos de orientación utilizó el formato pictórico de la Escala OMNI, que concordaba con la modalidad a utilizar en la prueba de ese día. Es decir, la Escala de Pedaleo OMNI se utilizó en la orientación de la prueba de pedaleo y la escala de caminata/carrera OMNI se utilizó en la orientación de cinta ergométrica.

Valores de Esfuerzo Percibido

Los valores de esfuerzo percibido se midieron durante el protocolo de cinta ergométrica utilizando el formato caminata/carrera de la Escala OMNI para Adultos y durante el protocolo en cicloergómetro usando el formato de pedaleo de la Escala OMNI para Adultos. Los valores perceptuales se obtuvieron de 40-60 segundos de cada minuto de ejercicio en ambos protocolos. Se obtuvo un valor no diferenciado para el cuerpo en general (RPE general), y valores diferenciados para las percepciones periféricas de esfuerzo en las piernas (RPE de las piernas) y percepciones respiratorias-metabólicas para el pecho/respiración (RPE del pecho). A las participantes se les leyó una definición estándar del esfuerzo percibido y un conjunto de instrucciones para la modalidad específica de la Escala OMNI inmediatamente antes de cada protocolo de ejercicio. Las participantes revisaron el formato de caminata/carrera o pedaleo de la escala OMNI cuando se les leyó el respectivo conjunto de instrucciones. Ambas escalas fueron ancladas utilizando un ejercicio de combinación y procedimientos de memoria.

A las participantes se les pidió que al inicio y al final de cada minuto (40-60 segundos) del protocolo de ejercicio se les pidieron tres valores de esfuerzo percibido señalando los números apropiados en la escala, i.e., un valor para el cuerpo en general, para las piernas, y para el pecho y la respiración. Se utilizó un procedimiento de señalar dado que la válvula de respiración/mascarilla no les permitía dar una respuesta verbal. La escala OMNI se colocó a plena vista de las participantes durante toda la prueba de ejercicios.

Pruebas de Ejercicios

Mediciones Antropométricas

Al principio de cada prueba se determinaron la masa corporal (kg) y la altura (cm) utilizando una balanza Detecto-Medic y un estadiómetro (Detecto Scales Inc., Brooklyn, NY), y estos datos también se utilizaron para calcular el índice de masa corporal. El porcentaje de grasa corporal se determinó mediante un análisis de impedancia bioeléctrica (BIA) (TBF-300A, Tanita, Arlington Heights, IL) usando una modalidad estándar. Estos datos se utilizaron para describir la cohorte de la participante.

Mediciones Metabólicas Cardiorrespiratorias y Aeróbicas

El consumo de oxígeno (VO_2 , $\text{L}\cdot\text{min}^{-1}$ y $\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$), la producción de dióxido de carbono (VCO_2 , $\text{L}\cdot\text{min}^{-1}$, $\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$) y la ventilación pulmonar (V_E , $\text{L}\cdot\text{min}^{-1}$) durante cada prueba se midieron usando un sistema metabólico respiratorio de circuito abierto (TrueMax 2400, Parvo Medics, Salt Lake City, UT). Las mediciones se determinaron cada 15 segundos y se expresaron como STPD. Antes de cada prueba se realizó una calibración del sistema. Para todas las mediciones respiratorio-metabólicas se utilizó una válvula respiratoria estándar (Model 2700; Hans Rudolph, Kansas City, MO) y una mascarilla. La frecuencia cardíaca (HR) se midió utilizando un sistema de monitoreo Polar (Polar Electro Inc., Woodbury, NY). El consumo de oxígeno máximo se tomó como el valor más alto registrado durante la etapa final de los protocolos de ejercicio cuando:

- Hubo un cambio de $\leq 2.1 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ o $\leq 150 \text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}$ en el VO_2 entre etapas continuas a una intensidad máxima de ejercicio.
- Se alcanzaba ± 5 latidos por minuto del máximo previsto para la edad/frecuencia cardíaca pico.
- El índice de intercambio respiratorio (RER) era ≥ 1.1 .

Cualquiera, o una combinación, de los criterios antes mencionados, se aceptaron como confirmación de haber alcanzado el VO_2 máx. El punto de quiebre ventilatorio (V_{PT}) se determinó según lo publicado por Mahon et al. (1998) para ambas pruebas de ejercicios, en cinta ergométrica y cicloergómetro utilizando mediciones respiratorias de intercambio de gases obtenidas cada 15 segundos. El V_{PT} se determinó a partir de los trazados individuales de cada participante y se expresó en unidades absolutas ($\text{L}\cdot\text{min}^{-1}$ y $\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$) y relativas ($\%\text{VO}_2$ máx).

Protocolos de Evaluación

Previo a los protocolos de ejercicios, se presentó una orientación a las Escalas OMNI RPE y a los procedimientos de prueba. Inmediatamente antes de las pruebas de ejercicios, el investigador les leyó a las participantes un conjunto de instrucciones estándar para las escalas. Las mismas incluían la definición del esfuerzo percibido, presentación y procedimientos de la escala para utilizar la escala de OMNI de pedaleo/Escala OMNI de caminata/carrera, respectivamente. La prueba de ejercicios en el cicloergómetro se administró utilizando un cicloergómetro Monark (Model 864, Suecia) equipado con sujetadores de pies y un sistema de carga de pesas para aplicar la fuerza de frenado. La altura del asiento se determinó antes de comenzar la prueba, ajustando el asiento de manera que la participante tuviera una flexión de rodilla de 5° al estar sentada en la bicicleta con el pie en la posición más baja. El protocolo de pedaleo con incremento de carga consistió de etapas de ejercicios de 3 minutos, con una carga inicial de 25 Watts. La carga se incrementó en 25 Watts cada 3 minutos. Se les indicó a las participantes que mantuvieran una cadencia constante de 50 revoluciones/minuto señalada por un metrónomo electrónico. El investigador determinó la carga al comienzo de cada etapa, el valor absoluto no fue revelado a la participante. La prueba concluía cuando la participante se detenía por voluntad propia debido a la fatiga, o cuando el investigador determinaba que la participante no podía mantener el índice de pedaleo designado durante 10 segundos consecutivos.

La prueba de ejercicio en cinta ergométrica se desarrolló sobre una cinta ergométrica Trackmaster, modelo TMX 425C (FullVision Inc, Newton, KS). Se empleó un protocolo de Bruce modificado, con etapas de ejercicios de 3 minutos. El sistema de control de velocidad/pendiente de la cinta ergométrica se programó para el protocolo de Bruce modificado y funcionaba en conjunto con la unidad respiratorio-metabólica para ajustes automáticos de etapa por etapa.

Para ambas pruebas de ejercicio el orden de las mediciones para el RPE general, el RPE de las piernas y el RPE del pecho se estableció con una secuencia contrabalanceada. Para asignares a las participantes la secuencia contrabalanceada se

utilizó un procedimiento restringido aleatorio. Para una participante determinada se utilizó el mismo orden de medición para cada minuto de ejercicio. Las participantes siguieron una secuencia contrabalanceada diferente que la empleada en la modalidad de ejercicio alternado. Se midieron el RPE general, RPE de las piernas y RPE del pecho durante los últimos 20 segundos de cada minuto de ejercicio. Se midieron el VO_2 , el VCO_2 y la VE en intervalos de 15 segundos durante cada minuto. La HR se midió durante los últimos 15 segundos de cada minuto de ejercicio. El % de $VO_{2\text{máx}}$ se calculó para cada minuto utilizando el VO_2 promedio para los últimos 30 segundos de cada minuto. La mayor HR registrada se aceptó como HR máxima. El investigador les dio estímulo verbal (buen trabajo, continúa así) durante cada minuto de la prueba.

Análisis de los Datos

El tamaño de la muestra se determinó mediante el análisis de potencia. Los datos descriptivos para las variables perceptuales y fisiológicas se calcularon como medias \pm desviaciones estándar. Se utilizó un análisis de regresión para identificar el RPE general, el RPE de las piernas y el RPE del pecho equivalentes al 40, 60, 80% de $VO_{2\text{máx}}$ /pico. Se calcularon análisis de regresión por separado para cada participante. Para el primer propósito de la investigación se realizaron cálculos por separado para los ejercicios en cicloergómetro y en cinta ergométrica. Los datos del RPE (lugares: general, piernas, pecho) se examinaron con mediante el análisis de varianza ANOVA de dos factores (lugar (3) \times intensidad (3)) para medidas repetidas de lugar e intensidad. Se efectuaron análisis de varianza ANOVA separados para cada estado de entrenamiento. El nivel de significancia se estableció en $p < 0.05$. Se determinaron interacciones significativas y se analizó cualquier efecto principal significativo con el análisis *post-hoc* de Bonferroni. Para el segundo propósito de la investigación se realizaron cálculos por separado para los ejercicios en cicloergómetro y en cinta ergométrica. Se analizó el RPE (general, de las piernas y del pecho) medido en el punto de quiebre ventilatorio a través del análisis de varianza ANOVA de un factor intra-sujeto (lugar (3)) para medidas repetidas en el lugar. Se llevaron a cabo análisis diferentes para cada modo de ejercicio. El nivel de significancia se estableció en $p < 0.05$. Se analizaron los efectos principales significativos con un análisis *post-hoc* de Bonferroni.

% $VO_{2\text{máx}}$	Estado de entrenamiento	RPE general	RPE de las piernas	RPE del pecho
40	Recreativamente activas	1.59 (1.41)	1.47 (1.30)	1.97 (1.59)
60		4.42 (1.87)	4.75 (1.68)	4.54 (1.94)
80		7.38 (2.06)	8.11 (1.58)	7.33 (2.29)
40	Entrenadas	1.53 (1.20)	1.72 (1.36)	1.59 (1.17)
60		4.34 (1.42)	4.65 (1.61)	4.34 (1.43)
80		7.33 (1.37)	7.77 (1.57)	7.29 (1.40)

Tabla 1. Respuestas del RPE para participantes recreativamente activas y entrenadas durante el ejercicio en cicloergómetro. Los datos son medias (\pm DE). RPE: índice de esfuerzo percibido (escala de OMNI de pedaleo).

RESULTADOS

No hubo diferencias significativas entre los grupos en cuanto a la edad, la altura, el peso, el IMC y la grasa corporal porcentual. Los $VO_{2\text{máx}}$ fueron menores ($p < 0.05$) para el grupo recreativamente activo en comparación con el grupo entrenado.

Respuestas del RPE

Ejercicio de Pedaleo

En la Tabla 1 se presenta la media (\pm DS) para las respuestas del RPE de las participantes recreativamente activas y entrenadas. El efecto de interacción para el lugar \times intensidad fue significativo ($F_{(1.5, 27.8)} = 10.56$, $p = 0.001$). Los análisis *post-hoc* de efectos simples indicaron que para las participantes recreativamente activas, el RPE de las piernas fue significativamente mayor que el RPE general y RPE del pecho a 80% del $VO_{2\text{máx}}$, mientras que el RPE general y RPE del pecho fueron similares (Tabla 1). No hubo diferencia entre el RPE general, -de piernas y -de pecho al 40 y 60% del $VO_{2\text{máx}}$ durante el ejercicio de pedaleo. Asimismo hubo un efecto principal de intensidad ($F_{(1.23, 22.13)} = 522$, $p < 0.01$) en el RPE para las participantes recreativamente activas durante el pedaleo. Dado que la interacción fue ordinal, también puede interpretarse el efecto principal para la intensidad. El efecto principal para la intensidad indicó que al promediarlo con el

lugar, el REP incrementó del 40% (RPE = 1.67) al 60% (RPE = 4.57) al 80% (RPE = 7.61) del VO₂máx, lo que significa que las participantes reportaban RPEs mayores a medida que la intensidad se incrementaba.

Para las participantes entrenadas que realizaron el ejercicio de pedaleo, el efecto de interacción para lugar x intensidad fue significativo ($F_{(2,19, 43,83)} = 11.65, p < 0.01$). Los análisis *post-hoc* de efectos simples indicaron que para las participantes entrenadas, el RPE de las piernas fue significativamente mayor que el RPE general y RPE del pecho, mientras que el RPE general y -de pecho fueron similares en las tres intensidades (Tabla 1).

También hubo efectos principales significativos de lugar e intensidad sobre el RPE ($F_{(1,50, 30,15)} = 1009, p < 0.01$) para las participantes entrenadas. Las comparaciones *post-hoc* para la intensidad indicaron que al promediarlo por el lugar, el RPE incrementó del 40% (RPE = 1.61) al 60% (RPE = 4.44) al 80% (RPE = 7.46) del VO₂máx. El efecto principal para el lugar indicó que el RPE de las piernas fue significativamente mayor que el RPE general y el RPE del pecho para todas las intensidades en las participantes entrenadas durante el ejercicio de pedaleo.

Ejercicio en Cinta Ergométrica

No se halló ningún efecto de interacción lugar x intensidad sobre el RPE para las participantes recreativamente activas durante el ejercicio en cinta ergométrica. El efecto principal para el lugar de medición no fue significativo, mientras que el efecto principal para la intensidad fue significativo ($F_{(1,10, 19,87)} = 280, p < 0.01$). Las comparaciones *post-hoc* para la intensidad indicaron que al promediarlo por el lugar (General, Piernas, Pecho), el RPE incrementó del 40% (RPE = 1.58) al 60% (RPE = 3.92) al 80% (RPE = 6.57) del VO₂máx.

No se halló ningún efecto de interacción lugar x intensidad sobre el RPE para las participantes entrenadas durante el ejercicio en cinta ergométrica. El efecto principal para el lugar de medición no fue significativo, mientras que el efecto principal para la intensidad fue significativo ($F_{(1,30, 27,39)} = 440, p < 0.01$). Las comparaciones *post-hoc* para la intensidad indicaron que al promediarlo por el lugar (General, Piernas, Pecho), el RPE incrementó del 40% (RPE = 1.21) al 60% (RPE = 3.85) al 80% (RPE = 6.74) del VO₂máx.

Punto de Quiebre Ventilatorio

El efecto principal del lugar para el RPE medido al punto de quiebre ventilatorio no fue significativo para las participantes recreativamente activas durante el ejercicio de pedaleo. Este hallazgo indica que a una intensidad de pedaleo equivalente al punto de quiebre ventilatorio, las participantes recreativamente activas no reportaron un RPE dominante. Sin embargo, se reportó un efecto principal significativo para el lugar para las participantes entrenadas ($F_{(1,57, 31,35)} = 12.13, p < 0.01$). Las comparaciones *post-hoc* indicaron que al punto de quiebre ventilatorio, las participantes entrenadas reportaron un RPE de las piernas significativamente mayor que el RPE general y RPE del pecho durante el ejercicio de pedaleo. Este hallazgo también se ilustra en la Tabla 2.

No hubo ningún efecto principal de lugar en el RPE al punto de quiebre ventilatorio para ninguno de los grupos de actividad durante el ejercicio en cinta ergométrica. Estos resultados indican que ni las participantes recreativamente activas ni las entrenadas experimentaron una señal dominante al punto de quiebre ventilatorio durante el ejercicio en cinta ergométrica (Tabla 2).

Modalidad de ejercicio	Estado de entrenamiento	RPE general	RPE de las piernas	RPE del pecho
Pedaleo	Recreativamente activas	4.93 ± 2.73	5.52 ± 2.72	5.13 ± 2.74
	Entrenadas	5.13 ± 2.42	5.51 ± 2.60	5.15 ± 2.41
Cinta ergométrica	Recreativamente activas	4.68 ± 1.52	4.46 ± 1.62	4.78 ± 1.56
	Entrenadas	4.51 ± 1.78	4.50 ± 1.89	4.71 ± 1.66

Tabla 2. RPE al punto de quiebre ventilatorio durante el ejercicio de pedaleo y en cinta ergométrica para las participantes recreativamente activas y las entrenadas. Los datos son medias (± DE).

DISCUSION

Dominio de Señal

Los hallazgos de esta investigación indicaron que durante el ejercicio de pedaleo, una señal perceptual dominante fue evidente para las mujeres recreativamente activas a una intensidad de ejercicio relativa elevada (80% del VO_2 máx), mientras que las mujeres entrenadas experimentaron una señal perceptual dominante de intensidades de ejercicio relativas bajas a elevadas (del 40 al 80% del VO_2 pico). El RPE de las piernas fue significativamente mayor que el RPE general y el RPE del pecho para las participantes entrenadas en todas las intensidades del ejercicio de pedaleo. El RPE de las piernas aparece como la señal dominante para las participantes recreativamente activas sólo durante el ejercicio a la intensidad del 80% del VO_2 máx. Estudios previos concluyeron que la señal periférica diferenciada probablemente domine todo el proceso de integración sensorial del cuerpo durante el ejercicio aeróbico en el cicloergómetro.

En contraste, no pudo establecerse el dominio de la señal perceptual durante el ejercicio en cinta ergométrica para las mujeres recreativamente activas y entrenadas. A cualquier intensidad de ejercicio, el RPE general, el RPE de las piernas y el RPE del pecho no se diferenciaron de manera significativa. Además, no fue posible determinar si el RPE general sería un promedio de las señales diferenciadas que surgen de las piernas y el pecho.

Para el ejercicio en cinta ergométrica, a intensidades bajas, moderadas y elevadas, los resultados presentes no mostraron un RPE diferenciado y no diferenciado para las participantes recreativamente activas ni tampoco para las entrenadas. Este hallazgo concuerda con los resultados reportados previamente por Seip et al (Seip et al., 1991), así como por Rutkowski et al (Rutkowski et al., 2004). Por otro lado, contrastan de algún modo con los hallazgos de Robertson et al (1982), quienes demostraron que en los adultos el punto de partida de una señal perceptual dominante está relacionado con una velocidad locomotriz específica. Sin embargo, incluso en el estudio de Robertson et al. (1982), los sujetos no evidenciaron una señal perceptual dominante a velocidades menores de $4 \text{ min}\cdot\text{h}^{-1}$. Dado que ninguno de los sujetos alcanzó velocidades de caminata mayores a $4 \text{ min}\cdot\text{h}^{-1}$, los presentes hallazgos están concuerdan parcialmente con el estudio de Robertson et al (1982).

Se hallaron respuestas similares a las mencionadas anteriormente para el dominio de la señal perceptual en el punto de quiebre ventilatorio durante los ejercicios en cicloergómetro y cinta ergométrica. Ni los valores metabólico-respiratorios ni los valores periféricos de esfuerzo percibido parecieron dominar el proceso de integración sensorial de todo el cuerpo a intensidades equivalentes al punto de quiebre ventilatorio para las participantes recreativamente activas y las entrenadas durante el ejercicio en cinta ergométrica. Sólo las participantes entrenadas experimentaron señales perceptuales dominantes para las piernas en el cicloergómetro a una intensidad equivalente al punto de quiebre ventilatorio.

Modalidad de Integración de la Señal

Durante el ejercicio de pedaleo no fue posible determinar si el RPE general sería un promedio de las señales diferenciadas que surgen de las piernas y el pecho. Mientras que la diferencia en el RPE fue estadísticamente significativa en todas las intensidades del ejercicio de pedaleo para las participantes entrenadas y a una intensidad de ejercicio elevada para las participantes recreativamente activas, el valor absoluto de la diferencia fue muy bajo. Así, al parecer el RPE de las piernas y del pecho contribuyó equitativamente a la formación del RPE general durante el ejercicio de pedaleo en las mujeres recreativamente activas y las entrenadas.

Sin embargo, para el ejercicio en cinta ergométrica, los valores diferenciados no difirieron de los valores no diferenciados para las mujeres recreativamente activas y las entrenadas en ninguna intensidad, y al parecer el RPE de las piernas y del pecho contribuyeron en igual medida a la formación del RPE general.

Se encontraron respuestas similares a las mencionadas anteriormente para el modo de integración en el punto de quiebre ventilatorio durante los ejercicios en cicloergómetro y cinta ergométrica. Sólo las participantes entrenadas experimentaron señales perceptuales dominantes de las piernas en el cicloergómetro a una intensidad equivalente al punto de quiebre ventilatorio. Esta respuesta dio prueba de la integración de la señal perceptual a una intensidad equivalente al punto de quiebre ventilatorio. Al no observarse diferencias entre los valores diferenciados y no diferenciados, el RPE de las piernas y del pecho contribuyeron en igual medida a la formación del RPE general. La literatura demuestra hallazgos ambiguos en cuanto al dominio de la señal perceptual y la integración en el punto de quiebre ventilatorio y, por lo tanto, es necesario que se realicen más investigaciones en este área (Demello et al., 1987; Robertson et al., 2000).

Los hallazgos del presente estudio para el ejercicio de pedaleo respaldan reportes previos (Robertson et al., 1982; 2000; 2001) que analizaron los dos componentes del modelo de esfuerzo percibido diferenciado (e.g. dominio de la señal y modo de integración). Sin embargo, dado que en el presente estudio ambas señales diferenciadas fueron similares, pudieron

haber tenido igual entrada al proceso de integración sensorial durante el ejercicio de pedaleo.

Para el ejercicio en cinta ergométrica, a intensidades bajas, moderadas y elevadas, los resultados del presente estudio no mostraron un RPE diferenciado y no diferenciado ni para las mujeres recreativamente activas ni para las entrenadas. Debido a que el RPE diferenciado para las piernas y el pecho no fue diferente, el RPE de las piernas y del pecho habrían contribuido en igual medida a la formación del RPE general y, por lo tanto, al proceso de integración sensorial de todo el cuerpo.

Ejercicio con Apoyo del Peso Corporal y Sin Apoyo del Peso Corporal

Se analizaron las modalidades de ejercicio con apoyo del peso corporal y sin apoyo del peso corporal como elementos separados del paradigma experimental. Esto se realizó a fin de explorar la posibilidad de que el modelo de esfuerzo percibido diferenciado se expresaría de manera diferente dependiendo de las propiedades de apoyo del peso corporal de la modalidad de prueba del ejercicio. Se anticipó que las diferentes modalidades requerirían de diferentes patrones de reclutamiento de los músculos esqueléticos, produciendo señales de RPE dominantes específicas de la modalidad. Puede concluirse que, a partir de los presentes hallazgos, las propiedades de apoyo del peso corporal de la modalidad de ejercicio no tuvieron efecto sobre el dominio de la señal y la integración en intensidades de ejercicio relativas que van del 40 al 80% del $VO_{2\text{máx}}$ en individuos recreativamente activos y entrenados. Aunque se creía que el ejercicio con y sin el apoyo del peso corporal generaría eventos fisiológicos musculares específicos que llevarían a diferencias entre los RPE diferenciados, en este estudio éste sólo pareció ser el caso del ejercicio en cicloergómetro. Por lo tanto, la expectativa de que el dominio de la señal perceptual estaría presente a intensidades de ejercicio comparativamente más bajas durante los ejercicios sin el apoyo del peso corporal, como el pedaleo, y tendrían un punto de partida retrasado durante el ejercicio con el apoyo del peso corporal (Pandolf et al., 1975; Robertson et al., 1979b; Robertson et al., 2004) sólo fue respaldado parcialmente.

En vista de los presentes hallazgos, las futuras investigaciones en relación con el dominio de la señal perceptual y la integración deberían examinar el impacto potencial de la diferencia de género, edad, y rango de velocidades de carrera, modalidades de ejercicio con y sin el apoyo del peso corporal, y protocolos de ejercicio de carga constante contra continua e intermitente.

CONCLUSION

En general, estos resultados demuestran que el RPE es una herramienta válida para rastrear intensidades de ejercicio relativas y que pueden aplicarse como respuestas diferenciadas o no sin importar los estados de entrenamiento. Además, ambos, el RPE del pecho y el RPE de las piernas, mediarían en el RPE general en igual medida durante los ejercicios de pedaleo y en cinta ergométrica.

Puntos Clave

- El RPE es una herramienta válida para rastrear la intensidad de ejercicio relativa y puede aplicarse como respuestas diferenciadas o no sin importar el estado de entrenamiento.
- El RPE de las piernas dominó la respuesta de la señal en mujeres entrenadas durante el ejercicio de pedaleo.
- El RPE de las piernas, el RPE del pecho y el RPE general no se diferenciaron significativamente en las mujeres recreativamente activas y entrenadas durante el ejercicio en cinta ergométrica.
- El RPE de las piernas y el RPE del pecho contribuye equitativamente a la formación del RPE general durante los ejercicios de pedaleo y en cinta ergométrica.

REFERENCIAS

1. American College of Sports Medicine (2000). Guidelines for exercise testing and prescription. *6th edition*. Philadelphia, PA: Lippincott Williams and Wilkins
2. American College of Sports Medicine (2006). Guidelines for exercise testing and prescription. *7th edition*. Philadelphia, PA: Lippincott Williams & Wilkins
3. Allen, P.D. and Pandolf, K.B (1977). Perceived exertion associated with breathing hyperoxic mixtures during submaximal work. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 9(2), 122-127
4. Borg, G. and Dahlstrom, H (1962). The reliability and validity of a physical work test. *Acta Physiologica Scandinavica* 55, 353-361

5. Cafarelli, E (1977). Peripheral and central inputs to the effort sense during cycling exercise. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 37(3), 181-189
6. Cafarelli, E (1982). Peripheral contributions to the perception of effort. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 14(5), 382-389
7. Demello, J.J., Cureton, K.J., Boineau, R.E. and Singh, M.M (1987). Ratings of perceived exertion at the lactate threshold in trained and untrained men and women. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 19(4), 354-362
8. Edwards, R.H., Melcher, A., Hesser, C.M., Wigertz, O. and Ekelund, L.G (1972). Physiological correlates of perceived exertion in continuous and intermittent exercise with the same average power output. *European Journal of Clinical Investigation* 2(2), 108-114
9. Glass, S.C., Knowlton, R.G. and Becque, M.D (1992). Accuracy of RPE from graded exercise to establish exercise training intensity. *Medicine and Science in Sports Exercise* 24(11), 1303-1307
10. Kamon, E., Pandolf, K. and Cafarelli, E (1974). The relationship between perceptual information and physiological responses to exercise in the heat. *Journal of Human Ergology (Tokyo)* 3(1), 45-54
11. Mahon, A.D., Gay, J.A. and Stolen, K.Q (1998). Differentiated ratings of perceived exertion at ventilatory threshold in children and adults. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology* 78(2), 115-120
12. Pandolf, K.B., Burse, R.L. and Goldman, R.F (1975). Differentiated ratings of perceived exertion during physical conditioning of older individuals using leg-weight loading. *Perceptual Motor Skills* 40(2), 563-574
13. Robertson, R.J., Caspersen, C.J., Allison, T.G., Skrinar, G.S., Abbott, R.A. and Metz, K.F (1982). Differentiated perceptions of exertion and energy cost of young women while carrying loads. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology* 49(1), 69-78
14. Robertson, R.J., Gillespie, R.L., McCarthy, J. and Rose, K.D (1979). Differentiated perceptions of exertion: part I. mode of integration of regional signals. *Perceptual Motor Skills* 49(3), 683-689
15. Robertson, R.J., Gillespie, R.L., McCarthy, J. and Rose, K.D (1979). Differentiated perceptions of exertion: part II relationship to local and central physiological responses. *Perceptual Motor Skills* 49(3), 691-697
16. Robertson, R.J., Goss, F.L., Boer, N., Gallagher, J.D., Thompkins, T., Bufalino, K., Balasekaran, G., Meckes, C., Pintar, J. and Williams, A (2001). OMNI scale perceived exertion at ventilatory breakpoint in children: response normalized. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 33(11), 1946-1952
17. Robertson, R.J., Goss, F.L., Dube, J., Rutkowski, J., Dupain, M., Brennan, C., and Andreacci, J (2004). Validation of the adult OMNI scale of perceived exertion for cycle ergometer exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 36(1), 102-108
18. Robertson, R.J., Moyna, N.M., Sward, K.L., Millich, N.B., Goss, F.L., and Thompson, P.D (2000). Gender comparison of RPE at absolute and relative physiological criteria. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 32(12), 2120-2129
19. Robertson, R.J. and Noble, B.J (1997). Perception of physical exertion: methods, mediators, and applications. *Exercise and Sport Science Review* 25, 407-452
20. Rutkowski, J.J., Robertson, R.J., Tseh, W.D., Caputo, J.L., Keefer, D.J., Sutika, K.M., and Morgan, D.W (2004). Assessment of RPE signal dominance at slow-to-moderate walking speeds in children using the OMNI Perceived Exertion Scale. *Pediatric Exercise Science* 16, 334-342
21. Seip, R. L., Snead, D., Pierce, E. F., Stein, P. and Weltman, A (1991). Perceptual responses and blood lactate concentration: effect of training state. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 23(1), 80-87
22. Weiser, P.C. and Stamper, D.A (1977). Psychophysiological interactions leading to increased effort, leg fatigue, and respiratory distress during prolonged, strenuous bicycle riding. In: *Physical work and effort*. Ed: Borg, G. New York: Pergamon Press. 401-416

Cita Original

Melinda R. Bolgar, Carol E. Baker, Fredric. L. Goss, Elizabeth Nagle and Robert J. Robertson. Effect of Exercise Intensity on Differentiated and Undifferentiated Ratings of Perceived Exertion during Cycle and Treadmill Exercise in Recreationally Active and Trained Women. *Journal of Sports Science and Medicine* (2010) 9, 557 - 563