

## RELAÇÃO ENTRE A RESPOSTA DA PERCEPÇÃO SUBJETIVA DE ESFORÇO DURANTE A SIMULAÇÃO DE UMA PROVA DE 10 KM E AS VARIÁVEIS FISIOLÓGICAS E NEUROMUSCULARES

*RELATIONSHIP BETWEEN THE RESPONSE OF THE RATING OF PERCEIVED EXERTION DURING THE SIMULATION PROOF OF 10 MILES AND THE PHYSIOLOGICAL VARIABLES AND NEUROMUSCULAR*

Carlos Rafaell Correia-Oliveira<sup>1,2</sup>  
Mayara Vieira Damasceno<sup>1</sup>  
Salomão Bueno<sup>1</sup>  
Victor Gustavo Ferreira Santos<sup>1,2</sup>  
Renata Gonçalves da Silva<sup>1</sup>  
Leonardo A. Pasqua<sup>1</sup>  
Rômulo Cássio de Moraes Bertuzzi<sup>1</sup>

### RESUMO

**Introdução:** Diversos modelos foram propostos para explicar os mecanismos da fadiga durante o exercício. Uma forma de se verificar o quão intenso e desconfortável é uma tarefa poderia ser através da percepção subjetiva de esforço (PSE). A PSE tem sido associada a múltiplos sinais aferentes oriundos dos sistemas cardiovascular e neuromuscular durante exercícios de intensidade constante, o que dificulta a extrapolação desses achados para cenários reais de competição, onde existe variação na intensidade, como no caso dos testes contra relógio (TCR).

**Objetivos:** Analisar a possível relação entre variáveis fisiológicas e neuromusculares e a PSE durante uma prova simulada de 10 km de corrida.

**Metodologia:** Treze corredores realizaram: 1) um teste incremental ( $1 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}/1 \text{ min}$ ); 2) dois testes com cargas constantes para mensurar a economia de corrida (EC) a  $12 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  ( $EC_{12}$ ) e a 90% do segundo limiar ventilatório ( $EC_{90}$ ); 3) um teste para mensuração do tempo de exaustão a velocidade do consumo máximo de oxigênio ( $T_{\text{lim}}$ ); 4) um teste de uma repetição máxima (1RM); 5) um teste de máxima velocidade no agachamento (MVA); 6) um TCR de 10 km de corrida em pista.

**Resultados:** Não houve nenhuma correlação significativa entre as variáveis fisiológicas/neuromusculares com os valores de PSE coletados durante a execução da simulação de corrida de 10 km ( $P > 0,05$ ). **Conclusão:** A resposta da PSE durante um TCR de corrida de 10 km parece não ser influenciada pelas variáveis fisiológicas e neuromusculares. Tal resposta parece ser apenas um reconhecimento consciente da atividade do córtex motor e possui uma função meramente coadjuvante na decisão voluntária de cessar o exercício físico em execução.

**Palavras-chave:** fadiga, teste contra relógio, desempenho, corrida.

### ABSTRACT

**Introduction:** Several models have been proposed to explain the mechanisms of fatigue during exercise. One way to verify how heavy and uncomfortable is a task is

<sup>1</sup> Professor (a) de Educação Física, Grupo de Estudos em Desempenho Aeróbio da USP (GEDAE-USP) – Escola de Educação Física e Esporte da Universidade de São Paulo, São Paulo, São Paulo, Brasil.

<sup>2</sup> Professor de Educação Física, Grupo de Estudos em Ciências do Esporte (GPCE-UFAL) – Faculdade de Nutrição da Universidade Federal de Alagoas, Maceió, Alagoas, Brasil.

through rating of perceived exertion (RPE). The RPE has been associated with multiple afferent signals from cardiovascular and neuromuscular systems during constant load exercises, difficulting the extrapolation these findings to real scenarios of competition, as in time trials (TT). **Objectives:** To analyze the possible relationship between physiological and neuromuscular variables and the RPE during a simulated 10-km racing. **Methods:** Thirteen runners performed: 1) an incremental test ( $1 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}/1\text{min}$ ), 2) two tests with constant load to measure running economy (RE) to  $12 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  ( $\text{RE}_{12}$ ) and at 90% of second ventilatory threshold ( $\text{RE}_{90}$ ), 3) a test for measure the time to exhaustion at speed of the maximal oxygen uptake ( $T_{\text{lim}}$ ), 4) a test of one repetition maximum (1RM), 5) a test of maximum speed on squat (MSS), 6) a 10 km racing TT. **Results:** There was no significant correlation between physiological and neuromuscular variables with the RPE values collected during simulated 10-km race ( $P>0.05$ ). **Conclusion:** The RPE response during a 10-km racing TT does not seem to be influenced by physiological and neuromuscular variables. This response seems to be only a conscious recognition of the motor cortex activity and has a supporting role in the voluntary decision to stop the running exercise.

**Keywords:** fatigue, time trial, performance, running.

## INTRODUÇÃO

O cansaço progressivo provocado pelo exercício é uma sensação comumente percebida pelos praticantes de atividade física. Esse processo de instauração da fadiga é aceito como uma “barreira” aguda ao desempenho, que leva a uma redução na taxa máxima de produção de força muscular como consequência do acúmulo de substratos metabólicos ou depleção dos substratos energéticos<sup>(1)</sup>. Além disso, parece que a fadiga muscular aguda também está associada com a redução nos comandos motores eferentes aos músculos em atividade, resultando em um declínio na força ou tensão como parte de um processo controlado centralmente<sup>(2)</sup>.

Um item relevante, que é amplamente discutido e utilizado para se verificar a maneira adequada de avaliar a sensação de quão intenso e desconfortável uma tarefa física poderia ser é através da escala de percepção subjetiva de esforço (PSE)<sup>(3)</sup>. Tradicionalmente, a resposta da PSE tem sido associada ao processamento de múltiplos sinais aferentes oriundos dos sistemas cardiovascular<sup>(4)</sup> e neuromuscular<sup>(5)</sup>. Nesse caso, a PSE pode representar uma manifestação consciente e verbal de quanto estes múltiplos sinais aferentes estão integrados<sup>(6-8)</sup>.

Todavia, os estudos supracitados foram conduzidos em tarefas com intensidades constantes, o que dificulta a extrapolação desses achados para cenários reais de competição em que os atletas podem escolher a intensidade empregada, no intuito de maximizarem o desempenho, como no caso dos testes contra relógio (TCR). Nesse sentido, o presente estudo foi elaborado para analisar a possível relação existente entre variáveis fisiológicas e neuromusculares e o comportamento da PSE durante a execução de uma prova simulada, predominantemente aeróbia, de 10 km de corrida. Ao considerar a relação previamente estabelecida entre as variáveis dos sistemas neuromuscular e cardiorrespiratório, a nossa hipótese foi que a PSE mensurada durante uma prova de 10 km também estava positivamente associada com os parâmetros dos sistemas fisiológicos supracitados.

## **METODOLOGIA**

### **Sujeitos**

Foram selecionados 13 corredores, do gênero masculino, de clubes de corrida locais (idade  $38 \pm 8$  anos, peso  $72,1 \pm 6,2$  kg, altura  $171,1 \pm 4,1$  cm, volume semanal de treino  $62,6 \pm 30$  km) para participar do estudo. Todos os participantes competiam regularmente em provas regionais de 10 km e treinavam há, pelo menos, dois anos ininterruptamente (recorde pessoal em competições locais de 10 km:  $43 \pm 5$  min). Os voluntários eram todos não-fumantes, não reportaram o uso de nenhum medicamento e também não apresentavam doença neuromuscular ou cardiovascular. Os corredores não possuíam experiência prévia com treinamento intervalado de alta intensidade, nem com treinamento resistido. O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética da Escola de Educação Física e Esporte da Universidade de São Paulo. Os voluntários foram informados sobre os protocolos, possíveis riscos e benefícios inerentes de sua participação no projeto e assinaram um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

### **Desenho experimental**

Os corredores foram solicitados a visitar o laboratório em seis diferentes ocasiões com, pelo menos, 72 horas de intervalo entre elas, durante um período de três semanas. Na primeira sessão, foram realizadas mensurações antropométricas (peso e estatura) e um teste incremental máximo em esteira. Na segunda visita, foram realizados dois testes submáximos com cargas constantes para mensurar a economia de corrida (EC) a  $12 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  ( $EC_{12}$ ) e a velocidade correspondente a 90% do segundo limiar ventilatório ( $EC_{90}$ ). Na terceira ocasião, foi realizado novo teste em esteira, agora com o intuito de mensurar o tempo até a exaustão na velocidade correspondente ao consumo máximo de oxigênio ( $VO_{2\text{max}}$ ), isto é, teste de tempo limite ( $T_{\text{lim}}$ ). A ordem entre as visitas dois e três foi contrabalançada. A força e a potência máximas no exercício de agachamento foram obtidas através de um teste de uma repetição máxima (1RM) e um teste de máxima velocidade no agachamento (MVA) conduzido, respectivamente, na quarta e quinta visitas. As familiarizações aos testes de 1RM e MVA foram conduzidas ao final das seções experimentais um, dois e três, após um período de 30 minutos de intervalo. A sexta, e última visita, consistiu na simulação de uma prova de 10 km de corrida em pista aberta (*outdoor*). Os testes laboratoriais foram executados sempre no mesmo período do dia, a temperatura ambiente entre 20-24°C e, ao menos, duas horas após a última refeição. Todos os sujeitos foram orientados a evitar qualquer tipo de exercício exaustivo ou consumir qualquer tipo de suplemento nutricional durante o período de testes.

### **Teste incremental máximo**

Após aquecimento de três minutos a  $8 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ , a velocidade foi aumentada em  $1 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  a cada minuto, até a exaustão voluntária. Os sujeitos receberam forte encorajamento verbal para prolongar o teste o máximo de tempo quanto possível. O consumo de oxigênio ( $VO_2$ ) foi mensurado a cada respiração usando um analisador de gases (Quark b<sup>2</sup>, Cosmed, Roma, Itália) e, subseqüentemente, os dados foram

organizados em valores médios de cada 30 segundos dentro do teste. Antes de cada teste, o analisador de gases foi calibrado usando o ar ambiente e as proporções conhecidas de 20,9% O<sub>2</sub> e 5% CO<sub>2</sub>. A frequência cardíaca (FC) foi continuamente monitorada durante o teste com frequencímetro digital (modelo S810, Polar Electro Oy, Kempele, Finlândia) junto com o analisador de gases. A FC máxima (FC<sub>max</sub>) foi definida como o maior valor obtido nos 10s finais do teste. Amostras de sangue (25 µL) foram coletadas do lobo da orelha imediatamente, três e cinco minutos após o exercício para determinar a concentração de lactato ([La<sup>-</sup>]) de pico ([La<sup>-</sup>]<sub>pico</sub>). As [La<sup>-</sup>] foram medidas através de um analisador automático (modelo 1500, Yellow Spring Instruments, Ohio, EUA). O VO<sub>2max</sub> foi identificado como o maior valor alcançado durante o último estágio do teste incremental. O teste foi considerado máximo quando do aparecimento de, pelo menos, dois dos seguintes critérios: aumento no VO<sub>2</sub> menor que 2,1 ml·kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup> entre dois estágios consecutivos, razão de troca respiratória (R) maior que 1,1 ou FC<sub>max</sub> ± 10 bpm da FC estimada (ex: 220-idade)<sup>(9)</sup>. A velocidade correspondente ao VO<sub>2max</sub> (vVO<sub>2max</sub>) foi estabelecida como a velocidade mínima necessária para alcançar o VO<sub>2max</sub>. Quando o corredor alcançou o VO<sub>2max</sub> durante um estágio no qual não pôde ser mantido por um minuto, a velocidade do estágio anterior foi, então, definida como vVO<sub>2max</sub><sup>(10)</sup>. O segundo limiar ventilatório (LV<sub>2</sub>) foi detectado visualmente por três marcadores diferentes: o ponto de aumento não linear no VE/VCO<sub>2</sub>, aumento constante no VE/VO<sub>2</sub>, e valor máximo de PetCO<sub>2</sub><sup>(11)</sup>.

### ***Economia de Corrida***

Os corredores fizeram um aquecimento padrão, que consistia em cinco minutos correndo a 8 km·h<sup>-1</sup> seguidos de cinco minutos de alongamento leve. A EC foi determinada pela mensuração do VO<sub>2</sub> para 10 minutos em uma intensidade absoluta (12 km·h<sup>-1</sup>) e uma relativa (velocidade correspondente a 90% do LV<sub>2</sub>) (Quark b<sup>2</sup>, Cosmed, Roma, Itália). Como a determinação da EC pode ser influenciada pela cinética do VO<sub>2</sub><sup>(12)</sup>, o uso de uma velocidade relativa foi estabelecido devido a esta elucidar o platô do VO<sub>2</sub> após seis minutos de exercício<sup>(13)</sup>. A EC foi definida pela média de VO<sub>2</sub> dos últimos 30 segundos de cada intensidade. O intervalo de recuperação entre estes dois testes submáximos de carga constante foi de 10 minutos.

### ***Tempo até a exaustão na vVO<sub>2max</sub>***

Foi adotado o mesmo padrão de aquecimento utilizado durante os testes para EC. Em esteira, foi imediatamente selecionada a vVO<sub>2max</sub> e os sujeitos correram até não poderem mais manter a velocidade requerida. O teste começou com os participantes apoiando os pés ao lado da cinta da esteira e as mãos segurando a barra da mesma. O T<sub>lim</sub> foi medido por cronometro manual iniciado no momento em que o sujeito soltava a barra da esteira e pisava na cinta até o momento em que este voltasse a segurar a barra novamente (ex: exaustão). Os corredores receberam forte encorajamento verbal para prolongar o teste ao máximo possível. Durante todo o teste, a FC (modelo S810, Polar Electro Oy, Kempele, Finlândia) e o VO<sub>2</sub> (Quark b<sup>2</sup>, Cosmed, Roma, Itália) foram continuamente monitorados. O VO<sub>2</sub> de pico (VO<sub>2pico</sub>) foi estabelecido pela média dos 30 últimos segundos do teste, enquanto a FC de pico

( $FC_{\text{pico}}$ ) foi definida como a FC medida nos 10 últimos segundos do teste. Amostras sanguíneas (25  $\mu\text{L}$ ) foram coletadas do lobo da orelha em repouso, imediatamente após o exercício e no terceiro e quinto minutos de recuperação para determinar a  $[\text{La}^-]$  (modelo 1500, Yellow Spring Instruments, Ohio, EUA).

### **Teste de 1 RM e potência produzida durante MVA**

Os testes de 1RM e MVA foram executados em “Smith Machine” (Nakagym®, São Paulo, Brasil). A posição do corpo e a colocação dos pés foram previamente demarcadas com fita adesiva fixada na barra e no chão. Além disso, degraus de madeira para ajuste de altura na posição sentado foram posicionados atrás dos sujeitos para manter um ângulo constante de flexão do joelho a cada repetição. Os ajustes dos sujeitos no equipamento foram anotados de modo a garantir a mesma posição durante as sessões de familiarização e de teste.

O teste de 1RM no exercício agachamento foi feito de acordo com procedimento padrão<sup>(14)</sup>. Os sujeitos correram por cinco minutos em esteira a 9  $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$  e realizaram um leve alongamento para os músculos dos membros inferiores. Para finalizar o aquecimento, os sujeitos executaram uma série de cinco repetições com carga a 50% da máxima estimada para 1RM e uma série de três repetições com carga a 70% da máxima estimada, havendo um intervalo de recuperação de três minutos entre estas duas séries. Após o aquecimento, os sujeitos descansaram por adicionais três minutos e, então, iniciavam uma série de cinco tentativas para alcançar a carga de 1RM (ex: peso máximo que pudesse ser levantado, pelo menos uma vez, com a técnica adequada), havendo sempre três minutos de intervalo entre cada tentativa.

Para mensurar a potência dos músculos dos membros inferiores, foi adotada a potência máxima (PMA) produzida durante o teste de MVA a partir das mudanças de posição no eixo vertical da barra do “Smith Machine” durante seis repetições (Peak Power, Cefise, Campinas, São Paulo, Brasil). Como aquecimento, os sujeitos executaram duas séries de seis repetições com carga de 26,5 kg e um minuto de intervalo entre as séries. Em seguida, foram realizadas mais duas séries de seis repetições com 50% da carga de 1RM e três minutos de intervalo entre estas séries. O deslocamento vertical da barra foi medido a uma frequência de 50 Hz e a técnica da diferenciação finita foi usada para estimar a velocidade e aceleração da barra. Por fim, força e potência foram calculadas usando procedimento padrão<sup>(15)</sup>.

### **Simulação de prova de 10 km de corrida**

Os sujeitos realizaram uma corrida de 10 km em pista aberta (*outdoor*) de 400 m. Eles foram instruídos a manter o consumo regular de água nas seis horas precedentes ao teste e a água foi fornecida *ad libitum* durante toda a simulação de prova. Antes deste teste, os corredores realizaram um aquecimento que consistia em 10 minutos de corrida em velocidade auto-selecionada, seguida de cinco minutos de alongamento leve. Os sujeitos receberam instruções referentes à utilização da escala de 15 pontos (PSE) de Borg para o esforço percebido<sup>(16)</sup>. Eles também foram instruídos a finalizar a corrida o mais rápido possível, como em um evento competitivo. Encorajamento verbal foi provido de modo a estimular os menores tempos durante todo o evento. Nenhum *feedback* referente ao tempo foi dado durante a corrida. Todos os testes foram realizados entre 7:00 e 9:00 horas e os

valores médios da temperatura do ambiente e umidade relativa do ar foram, respectivamente,  $23 \pm 2^\circ\text{C}$  e  $70 \pm 5\%$ .

### Análise estatística

Os dados são apresentados como média  $\pm$  desvio padrão. Todas as possíveis associações entre as variáveis fisiológicas e neuromusculares com a PSE foram verificadas pelo cálculo do coeficiente de correlação de Pearson. Para todas as análises foi adotado um nível de significância de 5% ( $P < 0,05$ ).

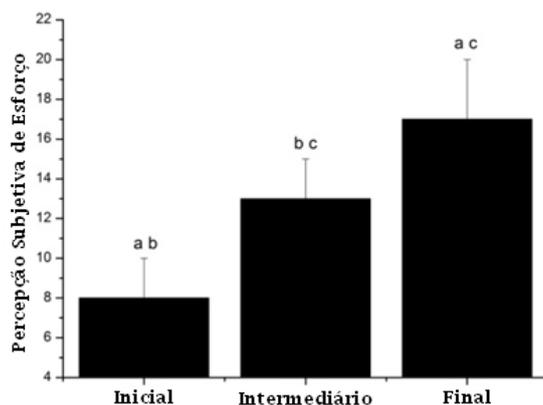
## RESULTADOS

Os valores médios obtidos nos testes efetuados nas cinco primeiras sessões experimentais estão dispostos na tabela abaixo (tabela 1). Os atletas percorreram a prova em aproximadamente 41 minutos, resultando em uma velocidade média de  $14,6 \pm 1,7 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ . Durante a simulação de prova de 10 km, a PSE foi estatisticamente menor no trecho Inicial quando comparado ao Intermediário ( $P = 0,001$ ) e ao Final ( $P = 0,001$ ). No trecho Intermediário, esta também foi significativamente menor em comparação aos 400 m finais ( $P = 0,001$ ) (Figura 1). Por fim, não houve nenhuma correlação significativa entre as variáveis fisiológicas/neuromusculares com os valores da escala de PSE coletados durante a execução da simulação de corrida de 10 km ( $P > 0,05$ ) (Tabela 2).

Tabela 1. Valores obtidos para as variáveis mensuradas durante os testes laboratoriais (n=13).

Variáveis	Média $\pm$ Desvio padrão
<b>Teste incremental máximo em esteira</b>	
VO <sub>2max</sub> (mL·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup> )	50,6 $\pm$ 4,2
Velocidade pico (km·h <sup>-1</sup> )	19,1 $\pm$ 1,6
R	1,21 $\pm$ 0,06
[La <sup>-</sup> ] <sub>pico</sub> (mmol·L <sup>-1</sup> )	6,7 $\pm$ 0,8
FC <sub>max</sub> (bpm)	177 $\pm$ 5
LV <sub>2</sub> (km·h <sup>-1</sup> )	14,8 $\pm$ 2,5
LV <sub>2</sub> (% da velocidade pico)	77 $\pm$ 7
<b>Economia de corrida</b>	
EC <sub>12</sub> (mL·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup> )	40,7 $\pm$ 2,6
EC <sub>90</sub> (mL·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup> )	45,9 $\pm$ 3,3
<b>Tempo para exaustão à vVO2max</b>	
T <sub>lim</sub> (s)	615 $\pm$ 466
VO <sub>2pico</sub> (mL·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup> )	51 $\pm$ 5,3
FC <sub>pico</sub> (bpm)	173 $\pm$ 11
R <sub>pico</sub>	1,15 $\pm$ 0,07
[La <sup>-</sup> ] <sub>pico</sub> (mmol·L <sup>-1</sup> )	6,4 $\pm$ 2,0
<b>Teste de 1 RM</b>	
1RM (kg)	117,9 $\pm$ 6,0
<b>Teste de MVA</b>	
PMA (W)	1676,0 $\pm$ 630,1

VO<sub>2</sub> = consumo de oxigênio; R = razão de troca respiratória; [La<sup>-</sup>] = concentração de lactato sanguíneo; FC = frequência cardíaca; LV<sub>2</sub> = segundo limiar ventilatório; EC<sub>12</sub> = economia de corrida a 12 km·h<sup>-1</sup>; EC<sub>90</sub> = economia de corrida a velocidade de 90% do LV<sub>2</sub>; T<sub>lim</sub> = tempo para a exaustão a velocidade correspondente ao VO<sub>2max</sub>; 1RM = uma repetição máxima; PMA = potência máxima no teste de agachamento.



**Figura 1.** Média da percepção subjetiva de esforço nos trechos Inicial, Intermediário e Final da simulação de prova de corrida de 10 km (n = 13). <sup>a</sup> Significativamente diferente do trecho Intermediário; <sup>b</sup> Significativamente diferente do trecho Final; <sup>c</sup> Significativamente diferente do trecho Inicial (P<0,05).

**Tabela 2.** Coeficientes de correlação entre as variáveis fisiológicas/neuromusculares e a percepção subjetiva de esforço durante a prova de 10 km.

Variáveis	Trechos			Média 10 km
	Inicial	Intermediário	Final	
VO <sub>2max</sub> (mL·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup> )	0,06	0,17	0,27	0,28
Velocidade pico (km·h <sup>-1</sup> )	-0,16	-0,07	0,19	-0,53
FC <sub>max</sub> (bpm)	0,19	0,51	0,09	0,13
LV <sub>2</sub> (km·h <sup>-1</sup> )	0,04*	-0,05	0,20	0,40
LV <sub>2</sub> (% velocidade pico)	0,15	0,15	-0,07	-0,08
EC <sub>12</sub> (mL·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup> )	-0,02*	-0,23	-0,34	-0,35
EC <sub>90</sub> (mL·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup> )	0,23	0,01*	0,05	-0,07
T <sub>lim</sub> (s)	-0,20	-0,31	-0,11	-0,17
1RM (kg)	-0,36	-0,42	-0,32	0,03*
PMA (W)	0,24	0,52	0,51	0,31

VO<sub>2max</sub> = consumo máximo de oxigênio; FC<sub>max</sub> = frequência cardíaca máxima; LV<sub>2</sub> = segundo limiar ventilatório; EC<sub>12</sub> = economia de corrida a 12 km·h<sup>-1</sup>; EC<sub>90</sub> = economia de corrida a velocidade de 90% do LV<sub>2</sub>; T<sub>lim</sub> = tempo para a exaustão a velocidade correspondente ao VO<sub>2max</sub>; 1RM = uma repetição máxima; PMA = potência máxima no teste de agachamento; \* P<0,05.

## DISCUSSÃO

A PSE tem sido amplamente utilizada para avaliação e monitoramento da intensidade do exercício há mais de três décadas. A sua validade foi baseada na relação linear observada com variáveis representativas do sistema cardiorrespiratório e do metabolismo energético. Todavia, a maioria dos estudos que propuseram sua validade utilizou testes laboratoriais. Nesse sentido, o objetivo do presente estudo foi analisar a possível relação existente entre as variáveis fisiológicas e neuromusculares e o comportamento da PSE durante uma prova simulada de 10 km de corrida. Os resultados do presente estudo indicam que a resposta da PSE durante uma prova de longa duração não estava associada com as variáveis fisiológicas e neuromusculares.

Devido ao fato das correlações entre as respostas de tais variáveis e a PSE durante a prova de 10 km não terem atingido valores significativos, pode-se corroborar as proposições de que a PSE tem participação somente indireta na opção

voluntária de finalizar o exercício, e de que a mesma é originada a partir da atividade cortical<sup>(17,18)</sup>. Assim, é questionada a hipótese sugerida por Tucker<sup>(8)</sup> referente ao papel determinante da PSE na interrupção do exercício. Para esse autor, e para os demais seguidores dos modelos mais contemporâneos, a PSE parece ser a responsável pela decisão de finalizar a seção de exercício, devido ao fato da mesma monitorar constantemente os sinais aferentes periféricos.

Para o modelo psicobiológico<sup>(17,18)</sup>, a PSE possui um papel motivacional importante, referindo-se à “dor” geral sentida pelo indivíduo em atividade. Porém, o aumento desta sensação de dor não seria o motivo principal pelo qual o indivíduo interrompe o exercício em execução. Por isso, neste modelo, assume-se que a PSE estaria relacionada à descontinuidade do exercício somente de maneira indireta, mas que outros fatores psicológicos poderiam sobrepô-la<sup>(19)</sup>. No mais, tal modelo assume que a PSE não provém de entradas sensoriais aferentes dos músculos locomotores e respiratórios, sendo a resposta de tal variável proporcional a atividade do córtex motor (“*corollary discharges*”)<sup>(20)</sup>.

Todavia, é importante destacar que as variáveis fisiológicas não foram mensuradas durante a simulação da prova de 10 km, dificultando a verificação de possíveis associações entre tais variáveis durante a prova e a PSE, tornando-se, portanto, umas das limitações relevantes do presente estudo. Isso se deve ao fato da determinação de parâmetros cardiorrespiratórios e neuromusculares em testes de campo requerer equipamentos portáteis e pessoal especializado. Portanto, esses achados devem ser apreciados com cautela, sobretudo em virtude das variáveis analisadas não terem sido mensuradas simultaneamente.

Em conclusão, as evidências encontradas no presente estudo sugerem que a resposta da PSE durante a execução de uma prova de corrida de 10 km não é influenciada pelo nível de aptidão cardiorrespiratória e neuromuscular. Alternativamente, pode-se sugerir que a PSE é um reconhecimento consciente da atividade do córtex motor (“*corollary discharges*”) e possui uma função meramente coadjuvante na decisão voluntária de cessar o exercício físico em execução<sup>(19,20)</sup>.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Professor Dr. Adriano Eduardo Lima-Silva, Grupo de Pesquisa em Ciências do Esporte (GPCE), Universidade Federal de Alagoas, Maceió, Alagoas, Brasil, por revisar o manuscrito e pelos comentários críticos.

## REFERÊNCIAS

1. Hagberg M. Muscular endurance and surface electromyogram in isometric and dynamic exercise. *J Appl Physiol* 1981;51(1):1-7.
2. Gandevia SC. Spinal and supraspinal factors in human muscle fatigue. *Physiol Rev* 2001;81(4):1725-1789.
3. Borg GA. Psychophysical bases of perceived exertion. *Med Sci Sports Exerc* 1982;14(5):377-381.
4. Pandolf KB. Differentiated ratings of perceived exertion during physical exercise. *Med Sci Sports Exerc* 1982;14(5):397-405.
5. Noble BJ, Borg GA, Jacobs I, Ceci R, Kaiser P. A category-ratio perceived exertion scale: relationship to blood and muscle lactates and heart rate. *Med Sci Sports Exerc*. 1983;15(6):523-528.

6. Noakes TD. Linear relationship between the perception of effort and the duration of constant load exercise that remains. *J Appl Physiol* 2004;96(4):1571-1572.
7. Noakes TD. Rating of perceived exertion as a predictor of the duration of exercise that remains until exhaustion. *Br J Sports Med* 2008;42(7):623-624.
8. Tucker R. The anticipatory regulation of performance: the physiological basis for pacing strategies and the development of a perception-based model for exercise performance. *Br J Sports Med* 2009; 43(6):392-400.
9. Howley ET, Bassett DR Jr, Welch HG. Criteria for maximal oxygen uptake: review and commentary. *Med Sci Sports Exerc* 1995;27(9):1292-301.
10. Billat LV, Koralsztein JP. Significance of the velocity at VO<sub>2</sub>max and time to exhaustion at this velocity. *Sports Med* 1996;22(2):90-108.
11. Meyer T, Lucía A, Earnest CP, Kindermann W. A conceptual framework for performance diagnosis and training prescription from submaximal gas exchange parameters – theory and application. *Int J Sports Med* 2005;26(suppl 1):S38-48.
12. Foster C, Lucia A. Running economy: the forgotten factor in elite performance. *Sports Med* 2007;37(4-5):316-319.
13. Ozyener F, Rossiter HB, Ward SA, Whipp BJ. Influence of exercise intensity on the on- and off-transient kinetics of pulmonary oxygen uptake in humans. *J Physiol* 2001;533(Pt 3):891–902.
14. Brown LE, Weir JP. ASEP Procedures Recommendation I: Accurate Assessment Of Muscular Strength And Power. *JEPonline* 2001;4(3):1-21.
15. Bosco C, Belli A, Astrua M, Tihanyi J, Pozzo R, Kellis S, et al. A dynamometer for evaluation of dynamic muscle work. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1995;70(5):379-386.
16. Borg E, Kaijser L. A comparison between three rating scales for perceived exertion and two different work tests. *Scand J Med Sci Sports* 2006;16(1):57-69.
17. Marcora SM. Entia non sunt multiplicanda praeter necessitatem. *J Physiol* 2007;578(Pt 1):371.
18. Marcora SM, Bosio A, de Morree HM. Locomotor muscle fatigue increases cardiorespiratory responses and reduces performance during intense cycling exercise independently from metabolic stress. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol* 2008;294(3):R874-883.
19. Marcora S. Point:Counterpoint: Afferent feedback from fatigued locomotor muscles is/is not an important determinant of endurance exercise performance. *J Appl Physiol* 2010;108(2):454-456.
20. Marcora SM. Perception of effort during exercise is independent of afferent feedback from skeletal muscles, heart, and lungs. *J Appl Physiol* 2009;106(6):2060-2062.

***Endereço para correspondência:***

Carlos Rafaell Correia-Oliveira  
 Escola de Educação Física e Esporte – Universidade de São Paulo (USP)  
 Avenida Professor Mello de Moraes, 65  
 CEP: 05508-030  
 Cidade Universitária – São Paulo – São Paulo – Brasil  
 E-mail: crafaoliveira@yahoo.com.br  
 Tel: (11) 3091-3077