

O nível de treinamento não influencia a percepção subjetiva de esforço durante um teste incremental

Training level does not influence the rating of perceived exertion during an incremental test

Bruno de Paula Caraça Smirmaul¹
 José Luiz Dantas²
 Eduardo Bodnariuc Fontes¹
 Alexandre Hideki Okano³
 Antonio Carlos de Moraes¹

Resumo – Níveis de treinamento distintos, associados à experiência em realizar esforços exaustivos podem produzir diferentes sensações frente à fadiga. O objetivo deste estudo foi comparar a percepção subjetiva de esforço (PSE) entre ciclistas e não-ciclistas durante teste incremental máximo (TI_{MAX}). Participaram do estudo 23 indivíduos que foram divididos em grupo ciclistas (GC) ($n = 12$; idade $26,5 \pm 4,7$ anos; massa corporal $68,2 \pm 11$ kg; estatura $176 \pm 8,6$ cm) e grupo não-ciclistas (GNC) ($n=11$; idade $25,2 \pm 4,0$ anos; massa corporal $72,9 \pm 9$ kg; estatura $175,1 \pm 6,3$ cm). Todos realizaram um TI_{MAX} até a exaustão, do tipo rampa em ciclossimulador, com início a 0 W e incrementos de $20 \text{ W}\cdot\text{min}^{-1}$. Durante TI_{MAX} a PSE foi aferida e anotada a cada 30 segundos de teste e, ao final, a potência máxima (P_{MAX}) atingida pelos indivíduos. O tempo total de cada teste foi normalizado em porcentagens (de 10% a 100%, intervalos de 10%), e foi anotada a respectiva PSE para cada intervalo. Os valores de P_{MAX} para GC e GNC foram $368 \pm 12,7$ W e $256 \pm 11,2$ W, respectivamente ($P < 0,01$). Os valores das medianas das PSE para GC e GNC não apresentaram diferença significativa para nenhuma porcentagem de tempo. Conclui-se que as respostas de PSE não sofreram alterações entre GC e GNC durante TI_{MAX} , sugerindo que o nível de treinamento não influencia a PSE.

Palavras-chave: Tolerância ao exercício; Desempenho psicomotor; Psicofisiologia.

Abstract – Different training levels, combined with experience in performing exhaustive exercise, may produce different sensations of fatigue. The objective of this study was to compare the rating of perceived exertion (RPE) between cyclists and non-cyclists during a maximal incremental test (IT_{MAX}). Twenty-three subjects were recruited and divided into a cyclist group (CG) ($n = 12$; age: 26.5 ± 4.7 years, body weight: 68.2 ± 11 kg, height: 176 ± 8.6 cm) and a non-cyclist group (NCG) ($n = 11$; 25.2 ± 4.0 years, body weight: 72.9 ± 9 kg, height: 175.1 ± 6.3 cm). All subjects performed an IT_{MAX} until exhaustion on a cycling simulator, starting at 0 W and with increments of $20 \text{ W}\cdot\text{min}^{-1}$. RPE was measured at 30-second intervals during IT_{MAX} and the maximal power output (P_{MAX}) of each subject was also recorded. The total time of each test was normalized to the percentage of completed trial (10% to 100%, intervals of 10%), and the corresponding RPE was recorded. P_{MAX} was $368 \pm 12.7 \text{ W}$ and $256 \pm 11.2 \text{ W}$ for CG and NCG, respectively ($P < 0.01$). No significant difference in median RPE was observed between groups at any time point. In conclusion, RPE responses did not differ between CG and NCG during IT_{MAX} , suggesting that training level does not influence RPE.

Key words: Exercise tolerance; Psychomotor performance; Psychophysiology.

1. Universidade Estadual de Campinas. Campinas. SP. Brasil.

2. Universidade Estadual de Londrina. Londrina. PR. Brasil.

3. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal. RN. Brasil

Recebido em 03/04/09
 Revisado em 03/08/09
 Aprovado em 17/09/09

INTRODUÇÃO

A percepção subjetiva de esforço (PSE), que pode ser definida como uma variável psicofísica resultante de feedbacks aferentes integrados, tem sido amplamente utilizada em diferentes áreas como a medicina, a ergonomia e fisiologia esportiva^{1,2}. Escalas de PSE têm sido aceitas como uma medida para monitorar e avaliar a tolerância individual ao exercício e o nível de esforço³, assim como relacioná-la com o estresse fisiológico⁴. A escala de 15 pontos de Borg (6-20)⁵, feita de modo a mensurar as sensações de fadiga em relação a marcadores fisiológicos, que aumentam juntamente com incrementos na intensidade de exercício, é o instrumento mais utilizado para mensurar a PSE⁶.

Diversas respostas fisiológicas têm sido estudadas e relacionadas com a PSE: frequência cardíaca, ventilação, taxa respiratória, consumo de oxigênio^{7,8}, concentração sanguínea de lactato¹, acidose metabólica⁹, entre outros. Outros possíveis fatores que contribuem nas respostas de PSE, durante o exercício, parecem estar atrelados à força produzida, ao estresse mecânico, ao dano muscular, à estimulação de mecanorreceptores e metaborreceptores, ao nível motivacional e às diferentes condições ambientais¹⁰⁻¹². Experiência prévia e “planejamento” da atividade realizada também parecem ser importantes para a PSE, em que uma memória da fadiga poderia permitir estimar a reserva e tolerância aos níveis de exercício, e a tomada de decisão para continuar, reduzir ou interromper a atividade física¹¹. Hampson et al¹¹ ainda relatam que esse “planejamento” pode ser refinado pela experiência individual em realizar esforços fatigantes. Entretanto, a literatura sobre PSE mostra que não existe apenas uma variável fisiológica que explique sua formação e, apesar de inúmeros estudos, ainda não está claro como o cérebro integra e interpreta os sinais de *feedback* aferentes para formar a PSE durante o exercício em diferentes populações.

Para o modelo de fadiga do “Governador Central” proposto por St Clair Gibson & Noakes¹³, o subconsciente controlaria a intensidade do exercício através da determinação do número de unidades motoras que são ativadas, juntamente com a massa de músculo esquelético que é recrutada durante o período de exercício. A quantidade de ativação de neurônios motores e, conseqüentemente, o recrutamento de unidades motoras do músculo esquelético poderiam ser influenciadas por sinais de *feedback* de diferentes estruturas centrais e periféricas. Com

o início do exercício, o subconsciente enviaria informações, de modo consciente, ao cérebro de um aumento do esforço neural, provavelmente, ligado a um aumento da dificuldade em manter a homeostase devido à intensidade do exercício. Esse fato seria interpretado pelo cérebro, resultando em um aumento da sensação de fadiga.

Porém, existe uma carência na literatura referente ao conhecimento dos componentes da função cognitiva relacionada ao exercício, em indivíduos com diferentes níveis de treinamento envolvidos na formação da percepção de esforço. Aparentemente, essa função pode ser especializada, aumentando a experiência para a precisão e eficiência do movimento¹⁴, possivelmente interferindo na capacidade do indivíduo em conhecer melhor seus limites e conseguir desempenhos elevados. Esse fato poderia ser um influenciador na formação da PSE. Além disso, Faulkner & Eston¹⁵ relatam uma falta de consenso da influência do nível de aptidão física sobre as respostas de PSE.

A ampla utilização da PSE para o monitoramento da intensidade de esforços³ e, mais recentemente, como uma possível variável para prever potência crítica⁴, se vê prejudicada devido à falta de concordância encontrada na literatura a respeito das respostas de PSE em indivíduos com diferentes níveis de condicionamento físico. Visto isso, o objetivo do presente estudo foi comparar a PSE entre ciclistas e não-ciclistas, dois grupos com diferenciado nível de treinamento, durante teste incremental máximo (TI_{MAX}). Temos como hipótese do estudo a alteração das respostas de PSE entre os grupos, devido ao diferenciado nível de treinamento e experiência dos sujeitos avaliados.

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Sujeitos

Para o presente estudo, foram selecionados 23 voluntários do sexo masculino, divididos em dois grupos: ciclistas (GC) (n = 12; idade 26,5 ± 4,7 anos; massa corporal 68,2 ± 11kg; estatura 176 ± 8,6cm); e não-ciclistas (GNC) (n=11; idade 25,2 ± 4,0 anos; massa corporal 72,9 ± 9kg; estatura 175,1 ± 6,3cm). O GC tinha frequência mínima de quatro sessões semanais de treinamento (mínimo de 100km semanais) e participavam de competições em nível estadual há pelo menos 1,5 anos, nas suas respectivas categorias (amador ou profissional). Os voluntários do GNC eram sujeitos fisicamente ativos que praticavam diferentes modalidades esportivas de forma recreacional, não mais que duas vezes na semana.

Foi solicitado aos participantes que evitassem a realização de atividades físicas extenuantes, nas 24 horas precedentes ao teste, assim como a ingestão de bebidas cafeinadas ou energéticas. Todos os voluntários foram convenientemente informados sobre a proposta do estudo e procedimentos aos quais seriam submetidos e assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido, previamente aprovado pelo Comitê de Ética e Pesquisa (CEP) da Faculdade de Ciências Médicas (FCM) da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP) sob protocolo número 584/2007.

Protocolo de Teste Incremental Máximo – TI_{MAX}

Os sujeitos foram submetidos a um TI_{MAX} , do tipo rampa, em ciclossimulador (CompuTrainer, RacerMate®, Seattle, WA, USA), com carga inicial de 0 Watts e incrementos de $20 W \cdot min^{-1}$, até exaustão voluntária ou incapacidade da manutenção da cadência (90 rpm) por mais de cinco segundos. Foi anotada a potência máxima (P_{MAX}) alcançada em TI_{MAX} . A PSE foi aferida, a cada 30 segundos, durante TI_{MAX} de cada sujeito. Para essa coleta, foi empregada a escala de 15 pontos de Borg (6-20), fixada em local de fácil visualização pelos indivíduos. Todos os sujeitos receberam encorajamento verbal durante o teste. O tempo total de cada teste foi normalizado em porcentagens (de 10% a 100%, sempre com intervalos de 10%), e foi anotada a respectiva PSE para cada intervalo (o valor de PSE mais próximo de cada porcentagem). Antes do início da execução dos protocolos, os indivíduos foram devidamente familiarizados à proposta de estudo (protocolos de testes extenuantes e utilização da Escala de Borg).

Análise Estatística

Primeiramente, foi utilizado o teste de *Shapiro Wilk* para testar a normalidade dos dados. Para comparação da PSE entre os grupos (GC e GNC), em cada porcentagem de tempo, foi utilizado o teste não-paramétrico de *Kruskal Wallis*. A comparação entre as P_{MAX} atingidas pelos dois grupos foi realizada através do teste “*t*” de *student*. O nível de significância adotado para todas as análises foi de 5%.

RESULTADOS

As médias dos valores de P_{MAX} e tempos de exaustão atingidos no TI_{MAX} para o GC e GNC foram, respectivamente, $368 W (\pm 12,7)$ e $256 W (\pm 11,2)$, e $1109 s (\pm 136)$ e $765 s (\pm 111)$ apresentando diferença significativa entre eles ($P < 0,01$), demonstrando o superior nível de treinamento do GC. A

figura 1 mostra os valores das medianas das PSE para o GC e GNC e suas respectivas semi-amplitudes interquartílicas, os quais não apresentaram diferença significativa para nenhuma porcentagem de tempo.

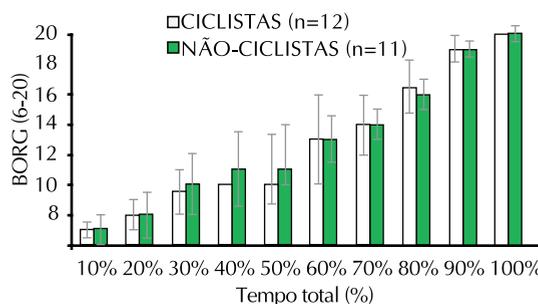


Figura 1. Valores de mediana e semi-amplitude interquartílica da percepção subjetiva de esforço (PSE) para o grupo Ciclistas (GC) e Não-Ciclistas (GNC) durante as porcentagens de tempo referentes ao Teste Incremental Máximo (TI_{MAX}).

DISCUSSÃO

O objetivo do presente estudo foi verificar se o diferenciado nível de treinamento entre GC e GNC poderia alterar as respostas de PSE durante TI_{MAX} , assumindo como hipótese, respostas diferentes para os grupos. Porém, apesar da diferença do nível de condicionamento físico entre os dois grupos (GC e GNC) ser claramente observada através da P_{MAX} atingida durante o TI_{MAX} , os achados mostraram que não houve diferenças nas respostas de PSE para nenhuma porcentagem de tempo total entre ciclistas e não-ciclistas. Em outras palavras, para um mesmo tempo ou potência relativa, GC e GNC apresentaram respostas semelhantes de PSE, uma vez que a potência durante o protocolo incremental era diretamente relacionada com o tempo em teste.

Green et al.¹⁶ também analisaram indivíduos treinados e não-treinados durante um teste incremental, indicando que a PSE no ponto de limiar ventilatório não diferiu entre os sujeitos, porém, esta análise levou em consideração apenas um determinado ponto, e não a cinética de aumento da PSE, durante todo o teste, como no presente estudo. Faulkner & Eston¹⁵, em um estudo similar, relacionaram PSE e frequência cardíaca com VO_2 em sujeitos com diferentes níveis de treinamento e não acharam diferenças entre as PSE, porém, utilizaram apenas respostas de PSE periféricas para as comparações. Outros métodos para controle de intensidade, além do teste incremental, já foram utilizados, como o limiar de lactato¹⁷, porcentagens da frequência cardíaca máxima¹⁸ e do VO_{2MAX} ¹⁹. Da

mesma forma, nessas investigações, também não encontraram diferenças significantes nas respostas de PSE interindivíduos. Porém, Travlos & Marisi²⁰, quando controlaram o aumento da intensidade de exercício em cicloergômetro, baseados em porcentagens do VO_{2MAX} , observaram menores PSE nos sujeitos treinados. Esse fato sugere uma possível influência do protocolo utilizado nas respostas de esforço percebido ou mesmo da variável adotada, mesmo com a maioria dos estudos não encontrando diferenças entre diferentes níveis de treinamento.

Chen⁶ mostrou que, diante de requisitos pré-determinados (sexo, tipo de esforço e escala utilizada), a correlação entre PSE e algumas variáveis fisiológicas (frequência cardíaca, lactato sanguíneo, VO_2 , entre outras) tendem a ser mais significativas. Os requisitos para maiores correlações foram indivíduos do sexo masculino, realizando esforços exaustivos, utilizando-se da escala de 15 pontos de Borg. Sabendo-se que a PSE é influenciada por sinais de *feedback* aferentes²¹, o teste incremental até a exaustão parece ser o que mais se aproxima dos achados por Chen⁶, demonstrando maior representatividade das variáveis fisiológicas na PSE, uma vez que a exigência física aumenta de forma gradual. Kaufmann et al²² demonstraram que, para mesmas intensidades de exercício baseadas em dois pontos da escala de Borg, indivíduos treinados e não-treinados apresentaram algumas respostas fisiológicas diferenciadas. Hassmem²³, ainda, após verificar maiores PSE para indivíduos sedentários em relação a treinados, para uma dada intensidade relativa, atribuiu esse fato ao maior acúmulo inicial de lactato nos sedentários, devido à menor capacidade de remoção, quando comparado aos indivíduos treinados.

Contudo, no presente estudo, não houve diferença nas respostas de PSE entre os grupos, e a falta de monitoramento de outras variáveis, além da PSE, impede-nos de verificar a influência dessas em sua formação. Porém, uma possível explicação para a não alteração da PSE seria a grande representatividade dos mecanorreceptores na sensação de esforço localizada nas pernas, principalmente, durante o ciclismo¹⁰, visto que o aumento gradual da carga durante o teste exige o mesmo da força empregada. Esse aumento gradual geraria respostas parecidas para a PSE entre os dois grupos, fazendo-a aumentar de forma semelhante.

Nesse sentido, Noakes²⁴ propõe, ainda, um aumento linear da PSE decorrente de um processo em que o cérebro, com as informações que possui sobre a atividade a ser realizada e condições psicofisiológicas do indivíduo, no momento, estima

a PSE máxima a ser tolerada, aumentando-a em função do tempo total de exercício de forma gradual. Esse modelo poderia sofrer influências de aspectos cognitivos individuais, em resultado de experiência prévia da atividade a ser realizada¹¹ ou refinamento do “planejamento” para se realizar esforços fatigantes¹⁰, porém, os resultados desse estudo indicam que a PSE não foi suscetível a alterações entre GC e GNC. Vale ressaltar que, recentemente, a importância do *feedback* aferente para a PSE foi questionada, sugerindo-se que esta seria simplesmente a interpretação do comando motor central para os músculos²⁵. Entretanto, apesar de interessante, essa discussão vai além do escopo desse artigo.

CONCLUSÃO

Tendo em vista as condições experimentais propostas, os dados do presente estudo permitem concluir que as respostas de PSE não sofreram alterações entre ciclistas e não-ciclistas, sugerindo que o nível de treinamento parece não influenciar a PSE durante teste incremental máximo na população alvo do presente estudo. Assim, a PSE, quando baseada em testes incrementais, e por ser uma ferramenta integrativa durante o exercício, parece ser uma medida confiável para avaliação e prescrição de treinamentos mesmo para indivíduos com diferenciados níveis de condicionamento físico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. 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.
2. Hummel A, Läubli T, Pozzo M, Schenk P, Spillmann S, Klipstein A. Relationship Between Perceived Exertion and Mean Power Frequency of the EMG Signal from the Upper Trapezius Muscle During Isometric Shoulder Elevation. *Eur J Appl Physiol* 2005;95(4):312-326.
3. American College of Sports Medicine. Guidelines for Exercise Testing and Prescription, 7th edn. Williams and Watkins Lippincott, Baltimore. 2005.
4. Nakamura FY, Gancedo MR, Da Silva LA, Lima JRP, Kokubun E. Utilização do esforço percebido na determinação da velocidade crítica em corrida aquática. *Rev Bras Med Esporte* 2005;11(1):1-5.
5. Borg G. Borg's Perceived Exertion and Pain Scales. Champaign, IL: Human Kinetics. 1998.
6. Chen MJ, Fan X, Moe ST. Criterion-Related Validity of the Borg Ratings of Perceived Exertion Scale in Healthy Individuals: a Meta-Analysis. *J Sports Sci* 2002;20(11):873-899.
7. Eston RG, Faulkner JA, Mason EA, Parfitt G. The Validity of Predicting Maximal Oxygen Uptake from

- Perceptually Regulated Graded Exercise Tests of Different Durations. *Eur J Appl Physiol* 2006;97(5):535-541.
8. Baden DA, McLean TL, Tucker R, Noakes TD, St Clair Gibson A. Effect of Anticipation During Unknown or Unexpected Exercise Duration on Rating of Perceived Exertion, Affect, and Physiological Function. *Br J Sports Med* 2005;39(10):742-746.
 9. Lagally KM, Robertson RJ, Gallagher KI, Goss FL, Jakicic JM, Lephart SM et al. Perceived Exertion. Electromyography, and Blood Lactate During Acute Bouts of Resistance Exercise. *Med Sci Sports Exerc* 2002;34(3):552-559.
 10. Hampson DB, St Clair Gibson A, Lambert MI, Noakes TD. The Influence of Sensory Cues on the Perception of Exertion During Exercise and Central Regulation of Exercise Performance. *Sports Med* 2001;31(13):935-952.
 11. St Clair Gibson A, Baden DA, Lambert MI, Lambert EV, Harley YXR, Hampson D et al. The Conscious Perception of the Sensation of Fatigue. *Sports Med* 2003;33(3):167-176.
 12. Crewe H, Tucker R, Noakes TD. The Rate of Increase in Rating of Perceived Exertion Predicts the Duration of Exercise to Fatigue at a Fixed Power Output in Different Environmental Conditions. *Eur J Appl Physiol* 2008;103(5):569-577.
 13. St Clair Gibson A, Noakes TD. Evidence for Complex System Integration and Dynamic Neural Regulation of Skeletal Muscle Recruitment During Exercise in Humans. *Br J Sports Med* 2004;38(6):797-806.
 14. Gros Lambert A, Mahon AD. Perceived Exertion – Influence of Age and Cognitive Development. *Sports Med* 2006;36(11):911-928.
 15. Faulkner J, Eston R. Overall and Peripheral Ratings of Perceived Exertion During a Graded Exercise Test to Volitional Exhaustion in Individuals of High and Low Fitness. *Eur J Appl Physiol* 2007;101(5):613-620.
 16. Green JM, Pritchett RC, McLester JR, Crews TR, Tucker DC. Influence of Aerobic Fitness on Ratings of Perceived Exertion During Graded and Extended Duration Cycling. *J Sports Med Phys Fitness* 2007;47(1):33-39.
 17. Boutcher SH, Seip RL, Hetzler RK, Pierce EF, Snead D, Weltman A. The Effects of Specificity of Training on Rating of Perceived Exertion at the Lactate Threshold. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1989;59(5):365-369.
 18. Felts WM, Crouse S; Brunetz M. Influence of Aerobic Fitness on Ratings of Perceived Exertion During Light to Moderate Exercise. *Percept Mot Skills* 1988;67(2):671-676.
 19. Hill DW, Cureton KJ, Grisham SC, Collins MA. Effect of Training on the Rating of Perceived Exertion at the Ventilatory Threshold. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1987; 56(2):206-211.
 20. Travlos AK, Marisi DQ. Perceived Exertion During Physical Exercise Among Individuals High and Low in Fitness. *Percept Mot Skills* 1996;82(2):419-424.
 21. Noakes TD, Tucker R. Do We Really Need a Central Governor to Explain Brain Regulation of Exercise Performance? A Response to the Letter of Dr. Marcora. *Eur J Appl Physiol* 2008; DOI 10.1007/s00421-008-0842-3.
 22. Kaufman C, Berg K, Noble J, Thomas J. Ratings of Perceived Exertion of ACSM Exercise Guidelines in Individuals Varying in Aerobic Fitness. *Res Q for Exerc and Sport* 2006;77(1):122-130.
 23. Hassmen P. Perceptual and Physiological Responses to Cycling and Running in Groups of Trained and Untrained Subjects. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1990;60(6):445-451.
 24. 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.
 25. Marcora S. 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

Bruno de Paula Caraça Smirmaul.
Avenida Érico Veríssimo, nº 701,
Cidade Universitária Zeferino Vaz, Barão Geraldo,
CEP: 13083-851. Campinas/ SP, Brasil.
E-mail: brunosmirmaul@gmail.com