

COMPARAÇÃO DOS LIMIARES DE ESFORÇO PERCEBIDO CENTRAL E PERIFÉRICO COM A POTÊNCIA CRÍTICA

MS. NILO MASSARU OKUNO

Grupo de Estudo das Adaptações Fisiológicas ao Treinamento (Geafit) –
Universidade Estadual de Londrina (UEL)
Email: nilookuno@yahoo.com.br

LUCAS GALVÃO HASEGAWA MARCOLINO

Grupo de Estudo das Adaptações Fisiológicas ao Treinamento (Geafit) –
Universidade Estadual de Londrina (UEL)
E-mail: bahiauel@yahoo.com.br

MND. LUIZ AUGUSTO BUORO PERANDINI

Grupo de Estudo das Adaptações Fisiológicas ao Treinamento (Geafit) –
Universidade Estadual de Londrina (UEL)
E-mail: luloperandini@yahoo.com.br

MNDA. PATRICIA CHIMIN

Grupo de Estudo das Adaptações Fisiológicas ao Treinamento (Geafit) –
Universidade Estadual de Londrina (UEL)
E-mail: patriciachimin@yahoo.com.br

DR. FERNANDO ROBERTO DE OLIVEIRA

Grupo de Estudo das Adaptações Fisiológicas ao Treinamento (Geafit) –
Universidade Estadual de Londrina (UEL)
Núcleo de Estudos do Movimento Humano (Nemoh) – Universidade Federal de Lavras (Ufla)
E-mail: deoliveirafr@brturbo.com.br

DR. FÁBIO YUZO NAKAMURA

Grupo de Estudo das Adaptações Fisiológicas ao Treinamento (Geafit) –
Universidade Estadual de Londrina (UEL)
E-mail: fabioy_nakamura@yahoo.com.br

RESUMO

Recentemente, foi proposto na literatura o limiar de esforço percebido (LEP), o qual representa uma intensidade em que teoricamente não haveria aumento da percepção subjetiva de esforço. Essa intensidade apresentou alta correlação com a potência crítica (PC), além de

não haver diferença significativa entre elas. Dessa forma, o objetivo do presente estudo foi estimar o $LEP_{central}$ e compará-lo com o $LEP_{periférico}$ e a PC. Participaram do estudo 16 voluntários de ambos os sexos. Foram realizados quatro testes retangulares preditivos para a estimativa da PC, $LEP_{central}$ e $LEP_{periférico}$. Foi utilizada ANOVA para medidas repetidas para comparar os valores de PC, $LEP_{central}$ e $LEP_{periférico}$. Para verificar a relação entre as variáveis, foi utilizada correlação de Pearson. Não houve diferença significativa entre as variáveis PC, $LEP_{central}$ e $LEP_{periférico}$. Além disso, todas as correlações entre as intensidades foram altas. Dessa forma, o LEP parece ser um método prático para a determinação de ponto de transição metabólica entre os domínios intenso e severo.

PALAVRAS-CHAVE: Percepção Subjetiva de Esforço; Limiar de Esforço Percebido; Potência Crítica.

INTRODUÇÃO

A percepção subjetiva de esforço (PSE) é uma variável psicofísica resultante da integração de informações de pré-alimentação (*feedforward*) e retroalimentação (*feedback*) neurais (CAFARELLI, 1982). A pré-alimentação corresponde aos sinais eferentes transmitidos pelo córtex motor à musculatura esquelética, com uma “cópia” dos impulsos motores enviada ao córtex sensorial. A retroalimentação é a informação aferente enviada ao córtex sensorial proveniente, sobretudo, dos tecidos musculares e segmentos corporais ativos (*idem, ibidem*). Assim, em abordagens práticas, a PSE pode ser utilizada como integradora do fluxo de respostas à carga externa (estímulo), sendo uma variável alternativa de identificação da carga interna ao qual o corpo está sendo submetido durante o esforço físico (BORG, 1982).

Em estudos prévios, a PSE foi apresentada como uma alternativa para identificação de limiares de transição fisiológica (SNYDER; FOSTER; WOLFE, 1989; SEIP et al., 1991; HETZLER et al., 1991; HASKWITZ et al., 1992) e para a prescrição de intensidades correspondentes às concentrações fixas de lactato como 2,5 e 4,0 mmol.l⁻¹ (STOUDEMIRE et al., 1996), sugerindo a possibilidade da aproximação de uma intensidade indicadora do máximo estado de equilíbrio.

O comportamento da PSE em testes retangulares no domínio severo (GAESSER; POOLE, 1996) obedece a um padrão de aumento linear ao longo do tempo (DOHERTY et al., 2001). Além disso, a taxa de aumento da PSE nessa faixa é diretamente proporcional à intensidade do esforço (NAKAMURA et al., 2005a, 2005b). Nessas condições, as variáveis fisiológicas, como a concentração de lactato e o consumo de oxigênio (VO₂), não estabilizam (POOLE et al., 1988; HILL; SMITH, 1999) sendo, dessa forma, prováveis fatores que levam ao aumento na PSE.

Nakamura et al. (2005a) determinaram, em corrida aquática, a partir de três testes retangulares exaustivos no domínio severo (GAESSER; POOLE, 1996), uma intensidade em que a PSE teoricamente não aumentaria. Essa intensidade foi chama-

da de limiar de esforço percebido (LEP). O LEP não apresentou diferença significativa, e correlacionou-se fortemente com a potência crítica (PC). Nakamura et al. (2005b) demonstraram, em cicloergômetro, que além de o LEP ser equivalente à PC, ele representa também a intensidade do indicador de máximo estado estável de VO_2 . Ou seja, o LEP parece demarcar o ponto de transição metabólica entre os domínios intenso e severo de exercício. Dessa forma, o modulador que levaria ao aumento da PSE, em intensidades acima da PC, seria a utilização da capacidade de trabalho anaeróbio (CTA) (NAKAMURA et al., 2005a, 2005b).

Walsh (2000) propôs um modelo em que a relação entre potência mecânica e o tempo até a exaustão, assumida pelo modelo de potência crítica [$\text{tempo} = \text{CTA} / (P - PC)$], seria extensiva a diversos sistemas fisiológicos, além do sistema muscular. Assim, a musculatura dos membros inferiores, os músculos respiratórios e o miocárdio teriam sua própria PC teórica (representadas pela ventilação pulmonar – VE – e débito cardíaco, respectivamente), sendo que as PCs cardíaca e pulmonar não seriam excedidas em exercício realizado em condições normais. Dessa forma, essas estimativas de PC seriam superdimensionadas para suportar a PC dos membros inferiores, assim como intensidades acima da PC. Além disso, alguns estudos têm demonstrado que o valor da PSE no teste incremental é maior periféricamente (músculos exercitados) quando comparado à PSE central (NEDER et al., 2000; GREEN et al., 2003). Assim sendo, os principais fatores que limitam o indivíduo à continuidade do exercício parecem estar relacionados à musculatura esquelética.

Com isso, caso a hipótese de Walsh (2000) esteja correta, os LEPs determinados a partir da PSE central ($\text{LEP}_{\text{central}}$) e periférica ($\text{LEP}_{\text{periférico}}$) deveriam ser diferentes, sendo o $\text{LEP}_{\text{central}}$ maior que o $\text{LEP}_{\text{periférico}}$. Dessa forma, o objetivo deste estudo foi estimar o $\text{LEP}_{\text{central}}$ e compará-lo com o $\text{LEP}_{\text{periférico}}$ e PC, a qual indica a capacidade muscular de sustentar esforços prolongados, preditos a partir de testes retangulares em cicloergômetro.

METODOLOGIA

Sujeitos

Participaram deste estudo 16 sujeitos (seis do sexo feminino e 10 do sexo masculino), com idade de $22,0 \pm 2,4$ anos, $170,8 \pm 7,8$ cm de estatura e $67,7 \pm 11,9$ kg de massa corporal. Todos os participantes, após serem previamente esclarecidos sobre os propósitos da investigação e procedimentos aos quais seriam submetidos, assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido, aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Estadual de Londrina (UEL), de acor-

do com as normas da resolução n. 196/96 do Conselho Nacional de Saúde (CNS), sobre pesquisa envolvendo seres humanos.

Os testes foram realizados em duas etapas: 1) dois testes de familiarização e; 2) quatro testes retangulares preditivos. Os sujeitos foram instruídos a não ingerirem bebidas alcoólicas e cafeinadas, e a não realizarem exercícios vigorosos, pelo menos nas 24 horas antecedentes aos testes.

Familiarização

Dois testes retangulares exaustivos foram realizados em um cicloergômetro de frenagem mecânica (Monark[®]) para que os sujeitos se familiarizassem ao ergômetro utilizado e ao tipo de esforço solicitado nos testes preditivos. Inicialmente, a altura do selim foi ajustada de acordo com o comprimento individual dos membros inferiores, alinhada na altura do trocânter maior do fêmur, quando o indivíduo permanecia em pé ao lado do cicloergômetro. Essa configuração foi mantida durante todo o estudo. Anteriormente aos testes, foi realizado um aquecimento no próprio cicloergômetro sem a imposição de carga com duração de cinco minutos. Após o aquecimento, era realizado um período de três minutos de repouso, para então dar início aos testes. As cargas impostas foram escolhidas com o objetivo de induzir o indivíduo à exaustão em um período compreendido entre 2-15min.

Essa etapa foi utilizada também para os indivíduos familiarizarem-se à escala de Borg de 15 pontos (BORG, 1982). Anteriormente aos testes, foram realizadas instruções relativas aos valores da escala e suas atribuições verbais como, por exemplo, o valor 7 da escala seria equivalente a “muito, muito fácil”, e o valor 19 seria “muito, muito difícil”. A partir dessas instruções, foi solicitado para os sujeitos que eles reportassem ao longo do teste a sua PSE, de acordo com as atribuições verbais descritas na escala. A escolha do valor atribuído na escala deveria ser discriminada em PSE relativa à sensação de dispnéia (central), e a PSE relativa às pernas (periférico).

Testes preditivos

Foram realizados quatro testes retangulares exaustivos, com o objetivo de estimar o $LEP_{central}$ e $LEP_{periférico}$ e os parâmetros do modelo de potência crítica (PC e CTA). Antes de cada teste, foi realizado um aquecimento no cicloergômetro, sem carga, por um período de cinco minutos. Após três minutos de intervalo, o teste foi iniciado. As cargas escolhidas foram baseadas nas sessões de familiarização para que as durações dos testes estivessem entre 2-15min. Durante os testes, os sujeitos foram instruídos a manter uma velocidade de ~ 28 km/h. A exaustão foi considerada o momento em que o indivíduo não conseguisse manter a velocidade presta-

belecionada por um período maior que cinco segundos, mesmo com o encorajamento verbal realizado pelos avaliadores. Não foram fornecidas informações sobre a expectativa das durações dos testes e a carga imposta aos sujeitos. Os testes foram conduzidos no mínimo com 24 horas de intervalo.

A partir dos dados individuais, a PC e CTA foram estimadas por meio das seguintes equações (HILL, 1993):

$$\text{tempo} = \text{CTA1} / (\text{P} - \text{PC1}) \quad (\text{equação 1})$$

$$\text{trabalho} = \text{CTA2} + \text{PC2} * \text{tempo} \quad (\text{equação 2})$$

$$\text{P} = \text{PC3} + \text{CTA3} / \text{tempo} \quad (\text{equação 3})$$

Estimativa do $\text{LEP}_{\text{central}}$ e $\text{LEP}_{\text{periférico}}$

Durante os testes retangulares, tanto os valores da PSE central quanto periférica foram coletados. Duas escalas de Borg de 15 pontos foram colocadas uma ao lado da outra em fundo de metal, de modo que permitissem uma fácil visualização por parte do sujeito, sendo uma representativa da PSE central e outra da periférica. Depois de iniciado o teste, o sujeito tinha liberdade para atribuir o primeiro valor relativo à sua sensação de esforço, central ou periférica e, após esse momento, eles reportavam cada mudança no valor da PSE de acordo com a sua percepção de esforço. Imãs foram utilizados para que os sujeitos identificassem quais eram os últimos valores atribuídos em cada uma das escalas.

Os valores das PSEs central e periférica foram utilizados para realizar a estimativa do $\text{LEP}_{\text{central}}$ e $\text{LEP}_{\text{periférico}}$, respectivamente. O coeficiente angular entre tempo (variável independente) e PSE (variável dependente) foi estimado a partir de regressão linear (NAKAMURA et al., 2005a, 2005b). Os valores dos coeficientes angulares obtidos nos testes retangulares foram plotados com os valores das potências (variável independente) para a estimativa do LEP. O LEP seria o ponto de intersecção da reta de regressão no eixo da potência (eixo x), ou seja, equivalente à intensidade em que a taxa de aumento do esforço percebido seria igual a zero.

Análise estatística

As estimativas dos parâmetros e o tratamento dos dados foram realizados por meio do *software* Statística 5.1. Anova para medidas repetidas foi utilizada para comparar os valores de PC estimados por meio das diferentes equações, com o

LEP_{central} e LEP_{periférico}. Para verificar a relação entre as variáveis, foi utilizada Correlação de Pearson. A análise de concordância entre as estimativas de LEP_{central} e LEP_{periférico} foi realizada por meio da plotagem de Bland e Altman (1986). A significância adotada foi de $P < 0,05$.

RESULTADOS

Em média, os testes retangulares exaustivos para a estimativa dos parâmetros do modelo de potência crítica, LEP_{central} e LEP_{periférico}, tiveram os seguintes valores de potência: $178 \pm 73W$, $197 \pm 76W$, $216 \pm 78W$, $251 \pm 85W$ quando ordenados de forma crescente. As suas respectivas durações foram de $594 \pm 61s$, $394 \pm 48s$, $279 \pm 42s$, $153 \pm 32s$.

A Tabela I mostra os valores médios do LEP_{central} e LEP_{periférico} e das PCs. Pode-se observar que não houve diferença significativa entre as variáveis ($F_{4,60} = 1,04$; $P > 0,05$). A Figura 1 demonstra a coincidência entre o LEP_{central} e LEP_{periférico} de um sujeito representativo da amostra. No entanto, quanto maiores as cargas em relação ao LEP, maiores foram as diferenças entre as taxas de aumento na PSE. Além disso, os

TABELA I – VALORES DE MÉDIA \pm DP DAS PC ESTIMADAS POR MEIO DE DIFERENTES EQUAÇÕES (PC1, PC2, PC3), E DOS LEP CENTRAL (LEP_{CENTRAL}) E PERIFÉRICO (LEP_{PERIFÉRICO})

	PC1 (W)	PC2 (W)	PC3 (W)	LEP _{central} (W)	LEP _{periférico} (W)
Média \pm DP	145 \pm 67	152 \pm 68	158 \pm 70	155 \pm 87	152 \pm 77

FIGURA 1: DETERMINAÇÃO DO LEP_{CENTRAL} E LEP_{PERIFÉRICO} POR MEIO DA RELAÇÃO LINEAR ENTRE A TAXA DE AUMENTO DA PSE E A POTÊNCIA (SUJEITO REPRESENTATIVO DA AMOSTRA)

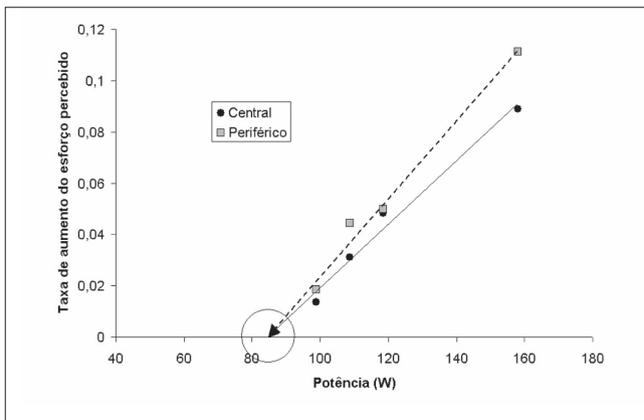


TABELA 2 – MATRIZ DE CORRELAÇÃO ENTRE OS VALORES DE PC ESTIMADAS POR MEIO DE TRÊS EQUAÇÕES E LEP_{CENTRAL} E LEP_{PERIFÉRICO}

	PC1	PC2	PC3	LEP _{central}	LEP _{periférico}
PC1	1,00				
PC2	0,99	1,00			
PC3	0,98	0,99	1,00		
LEP _{central}	0,92	0,92	0,92	1,00	
LEP _{periférico}	0,95	0,95	0,96	0,93	1,00

FIGURA 2: CORRELAÇÃO ENTRE LEP_{CENTRAL} E LEP_{PERIFÉRICO} (N = 16)

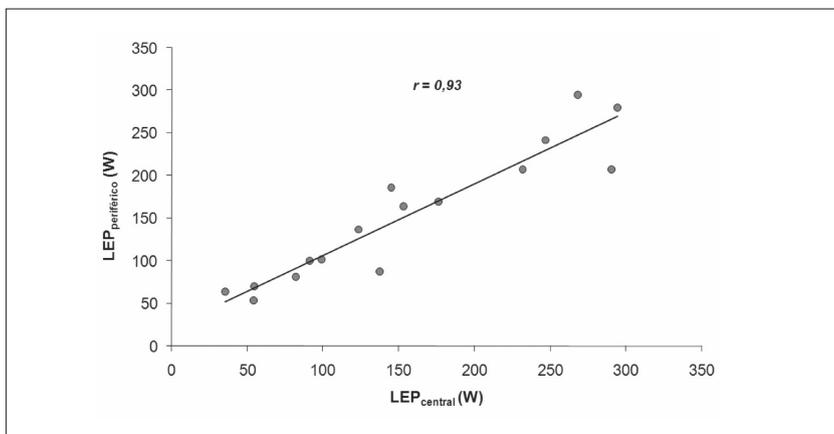
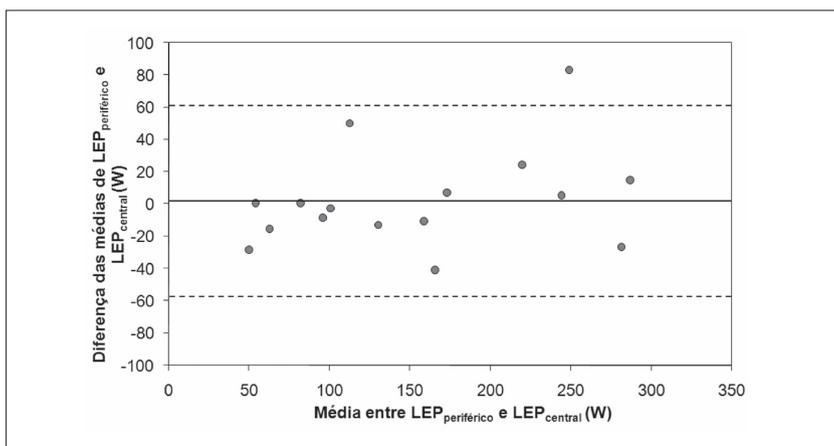


FIGURA 3: PLOTAGEM DE BLAND E ALTMAN (1986) PARA VERIFICAR O GRAU DE CONCORDÂNCIA ENTRE O LEP_{PERIFÉRICO} E LEP_{CENTRAL} (N = 16)



valores da PSE ao final do teste foram menores quando referenciadas a fatores centrais ($15,11 \pm 0,59$) que aos periféricos ($19,59 \pm 0,23$) ($P < 0,05$).

Todas as correlações entre as estimativas de PC, LEP_{central} e $LEP_{\text{periférico}}$ foram altas, como mostra a Tabela 2. A Figura 2 mostra especificamente a correlação entre LEP_{central} e $LEP_{\text{periférico}}$. A concordância entre o LEP_{central} e $LEP_{\text{periférico}}$, analisada por meio da plotagem de Bland e Altman (1986) (Figura 3), demonstrou uma diferença média \pm limites de concordância ($IC_{95\%}$) de $2,4 \pm 59,8W$.

As estimativas de CTA foram de $19177 \pm 6146J$, $16561 \pm 5112J$ e $14551 \pm 4780J$ utilizando as equações 1, 2 e 3, respectivamente. Houve somente diferença significativa entre as equações 1 e 3 ($P < 0,05$).

DISCUSSÃO

No presente estudo, foi observado que a PSE foi menor quando associada aos fatores centrais do que aos periféricos, sendo os valores médios ao final dos testes retangulares pela escala de Borg de 15 pontos de $15,11 \pm 0,59$ (central) e $19,59 \pm 0,23$ (periférica). Três modelos teóricos sobre a possível modulação da PSE são apresentados por Cafarelli (1982). A primeira hipótese está relacionada à geração de sinais de pré-alimentação, oriundos do córtex motor, que são transmitidos à musculatura esquelética, com "cópia" eferente desse impulso simultaneamente transmitido para o córtex sensorial, o qual modula a PSE. A segunda hipótese está relacionada à retroalimentação, em que sinais aferentes provenientes de receptores periféricos das articulações, tendões, músculos, e partes do sistema cardiorrespiratório transmitem informações sobre o esforço ao córtex sensorial. A terceira hipótese explica que sinais aferentes são comparados aos sinais motores (eferentes), permitindo uma compensação contínua de eventos periféricos inesperados e contrabalançando os efeitos da fadiga, gerando o aumento da PSE.

Os fatores periféricos que levam ao aumento da PSE são assumidos como sinais sensoriais primários (ROBERTSON, 1982), relacionados à sensação de esforço nos músculos exercitados e articulações, em virtude do acúmulo de lactato, aumento da atividade eletromiográfica, aumento da temperatura muscular, dor, informações provenientes de mecanorreceptores e quimiorreceptores (MIHEVIC, 1981; PANDOLF, 1982). Os fatores centrais seriam equivalentes a amplificadores, que potencializam sinais sensoriais periféricos, em proporção direta com a demanda metabólica (ROBERTSON, 1982), sendo o aumento da frequência cardíaca, VO_2 e VE alguns dos principais fatores que levam a uma maior PSE central (MIHEVIC, 1981; PANDOLF, 1982). Essas relações entre a PSE e as respostas fisiológicas de diferentes naturezas permitem realizar comparações entre a sensação de esforço periférico e

central (idem, *ibidem*). Vários estudos procuraram comparar a PSE central e periférica em diferentes formas de exercícios. Green et al. (2003) verificaram, tanto em cicloergômetro quanto em esteira, que a PSE periférica é maior que a central na intensidade relacionada ao ponto de compensação respiratória. Robertson et al. (2004), corroborando com os resultados de Green et al. (2003), verificaram que em ambos os sexos a PSE em diferentes intensidades de exercício no cicloergômetro é periféricamente maior que a central. Resultados semelhantes podem ser encontrados no estudo de Neder et al. (2000), no qual em indivíduos saudáveis, ao final do teste incremental e de testes retangulares, a PSE periférica foi significativamente maior que a PSE central. No entanto, em pacientes com doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC), os resultados foram invertidos, sendo a PSE central maior que a PSE periférica (NEDER et al., 2000). Dessa forma, os fatores que limitam a realização do exercício para esse tipo de população estão associados mais a fatores pulmonares e cardiovasculares, relacionadas às dificuldades na ventilação, em detrimento aos fatores musculares (CHIDA et al., 1991).

Noble et al. (1983) demonstraram que, ao utilizar uma escala de Borg CR-10 (BORG, 1982), o aumento das PSEs central e periférica em teste incremental seria exponencial, semelhante à curva de lactato. Assim, parece que a acidose tem maior influência na PSE em altas intensidades. Em adição, Green et al. (2005) observaram que há uma dissociação entre a PSE central e periférica, e a concentração de lactato em teste retangular de baixa intensidade. Robertson et al. (1986) verificaram a 20%, 40% e 60% do VO_{2max} que a PSE, tanto central quanto periférica, não foi diferente quando os sujeitos ingeriram bicarbonato de sódio ou placebo, apesar dos valores de pH anteriormente à realização dos testes serem maiores quando os sujeitos ingeriram bicarbonato de sódio ($P < 0,01$). No entanto, a 80% do VO_{2max} , as PSEs central e periférica foram significativamente menores quando os sujeitos ingeriram bicarbonato de sódio. A VE teve um comportamento semelhante, sendo apenas diferente entre as condições placebo e bicarbonato a 80% do VO_{2max} . Além disso, a PSE central teve alta correlação com a VE. Dessa forma, parece que a acidose metabólica pode influenciar na sensação de esforço em altas, mas não em baixas intensidades.

Essa relação entre acidose e VE pode explicar a ausência de diferença e a alta correlação ($r = 0,93$) entre o $LEP_{central}$ ($155 \pm 87W$) e $LEP_{periférico}$ ($152 \pm 77W$) encontrados em nosso estudo. Em altas intensidades, o aumento da PSE da musculatura esquelética parece ser influenciado pelo aumento de H^+ na corrente sanguínea (ROBERTSON et al., 1986; CHIDA et al., 1991). No entanto, como o aumento da VE é ocasionado pelo tamponamento do lactato pelo sistema de bicarbonato, com o aumento concomitante da formação de CO_2 , o aumento na PSE central é primária-

mente influenciado pelo aumento da acidose periférica. Essa taxa de aumento na PSE parece ser mais discrepante em cargas maiores, no domínio severo (GAESSER; POOLE, 1996), quando comparadas às PSEs central e periférica. Ou seja, informações periféricas (acidose + dor + grau de tensão muscular) que levam ao aumento da PSE são proporcionalmente maiores que informações centrais em intensidade superiores ao LEP. Entretanto, quando essas intensidades ficam mais próximas do LEP, essas taxas de aumento também se aproximam (Figura 1).

A explicação para essa relação entre taxa de aumento do esforço percebido em diferentes intensidades pode ser explicada pelo estudo de Noakes (2004). O autor, analisando os dados de Baldwin et al. (2003), verificou o comportamento da PSE ao longo do tempo em exercícios de baixa intensidade, nas situações com e sem depleção prévia de glicogênio. Foi observado que o coeficiente angular da relação entre a PSE e o tempo até a exaustão foi maior em situação com depleção prévia de glicogênio muscular. No entanto, quando o aumento da PSE foi analisado em termos percentuais ao tempo até a exaustão, os valores sobrepuseram-se. Noakes (2004) sugere a existência de um mecanismo antecipatório, a partir do qual o indivíduo consegue realizar cálculos sobre o tempo de tolerância do exercício. Isso reforça a terceira hipótese proposta por Cafarelli (1982).

Adicionalmente, como os fatores periféricos (depleção de CTA e produção de H^+) provavelmente foram os principais responsáveis para a ocorrência da fadiga neste estudo, haveria a necessidade de maior geração de informações aferentes ao córtex sensorial. Dessa forma, haveria também uma necessidade maior de recrutamento de unidades motoras da musculatura esquelética ativa (sinais eferentes) para que o indivíduo mantivesse o exercício, levando assim a uma maior resposta do valor de PSE periférica quando comparada à PSE central.

Além de o LEP_{central} e o LEP_{periférico} não serem diferentes estatisticamente, os valores de LEP foram equivalentes à PC ($P > 0,05$), corroborando com os estudos de Nakamura et al. (2005a, 2005b). Os autores observaram, em corrida aquática, que não houve diferença significativa entre o LEP e a PC. Foram encontradas também altas correlações entre essas duas variáveis ($r = 0,85$ a $0,88$) (NAKAMURA et al., 2005a). Em outro estudo, Nakamura et al. (2005b) estenderam a aplicação do LEP para o cicloergômetro e compararam também com a PC e com o indicador de máximo estado estável de VO_2 . Não foram verificadas diferenças entre as variáveis, e houve alta correlação entre o LEP e a PC ($r = 0,98$), e entre o LEP e o indicador de máximo estado estável de VO_2 ($r = 0,92$). A alta relação encontrada entre o LEP_{central} e o LEP_{periférico} com a PC mostra que essas intensidades podem ser indicadoras do ponto de transição metabólica entre o domínio intenso e severo (GAESSER; POOLE, 1996). No presente estudo, apesar de não terem sido encontradas diferenças en-

tre os valores de PC estimada pelas equações 1, 2 e 3, foi verificada diferença para a CTA estimada pela equação 1 (19177 ± 6146) e equação 3 (14551 ± 4780) ($P < 0,05$). Essa diferença pode ser creditada a possíveis erros sistemáticos na obtenção dos pontos experimentais utilizados para a estimativa da CTA (HILL; SMITH, 1994). No entanto, esse fato não limitou as conclusões deste estudo.

Dessa forma, pode-se especular a partir deste estudo a existência de uma integração sensorial de diversas estruturas e sistemas do organismo, a qual modula e limita a continuidade do exercício (ABBIS; LAURSEN, 2005). Essa integração teria como consequência o aumento da PSE central e periférica. Particularmente, no exercício severo realizado por jovens em cicloergômetro, essas respostas apresentariam estado estável teórico na mesma potência mecânica.

No entanto, apesar dos nossos achados, há necessidade de futuros estudos para trazer novas compreensões sobre fatores que limitam a realização do exercício, e que levam ao aumento da PSE. Uma alternativa seria testar o $LEP_{central}$ e $LEP_{periférico}$ em indivíduos com DPOC, ou indivíduos normais sob hipóxia e/ou hiperóxia.

CONCLUSÃO

Os resultados do presente estudo mostraram que o $LEP_{central}$ não foi diferente do $LEP_{periférico}$ e da PC, além de apresentar alta correlação com essas duas intensidades ($r = 0,93$ e $r = 0,92$, respectivamente). Dessa forma, o LEP parece ser um método prático para a determinação de ponto de transição metabólica entre os domínios intenso e severo.

Comparison of central and peripheral perceived exertion threshold with critical power

ABSTRACT: Recent literature in the area has proposed a perceived exertion threshold (PET) which represents an intensity at which theoretically there would be no increase in the subjective perception of exertion. This intensity presented a high correlation with critical power (CP); there was no significant statistical difference between them. Thus, the aim of this study was to estimate the $PET_{central}$ and compare it with $PET_{peripheral}$ and CP. Sixteen subjects of both sexes took part of this study. Four predictive square-wave tests were performed to estimate CP, $PET_{central}$ and $PET_{peripheral}$. ANOVA for repeated measures was used to compare CP, $PET_{central}$ and $PET_{peripheral}$. The correlation among the variables was verified by Pearson's correlation. There was no significant difference between CP, $PET_{central}$ and $PET_{peripheral}$. Furthermore, all the correlations between intensities were high. Thus, PET seems to be a practical method to determinate the metabolic transition point between intense and severe domains.

KEY WORDS: Rating of Perceived Exertion; Perceived Exertion Threshold; Critical Power.

Comparación de los umbrales de esfuerzo percibido central y periférico con la potencia crítica

RESUMEN: Recientemente, se ha propuesto el Umbral de Esfuerzo Percibido (UEP), que representa una intensidad en que teóricamente no habría incremento en la percepción del esfuerzo. Esta intensidad tiene una alta correlación con la Potencia Crítica (PC), además de no presentar diferencias estadísticas. El objetivo de este estudio fue estimar el UEP^{central} y su comparación con el UEP^{periférico} y la PC. Dieciséis voluntarios, de ambos géneros, participaron del estudio. Fueron realizadas cuatro pruebas constantes para estimar la PC, UEP^{central} y UEP^{periférico}. Fue utilizado ANOVA para medidas repetidas para comparar la PC, UEP^{central} y UEP^{periférico}. Para verificar la relación entre las variables, fue utilizada la correlación de Pearson. No fueron encontradas diferencias significativas entre la PC, UEP^{central} y UEP^{periférico}, con altas correlaciones entre las intensidades. Estos datos sugieren que el UEP es un método práctico para la determinación del punto de transición metabólica entre los dominios intenso y severo. **PALABRAS CLAVES:** percepción del esfuerzo percibido; umbral de esfuerzo percibido; potencia crítica.

REFERÊNCIAS

- ABBIS, C. R.; LAURSEN, P. B. Models to explain fatigue during prolonged endurance cycling. *Sports Medicine*, v. 35, p. 865-898, 2005.
- BALDWIN, J.; SNOW, R. J.; GIBALA, M. J.; GARNHAM, A.; HOWARTH, K.; FEBBRAIO, M. A. Glycogen availability does not affect the TCA cycle or TAN pools during prolonged, fatiguing exercise. *Journal of Applied Physiology*, v. 94, p. 2.181-2.187, 2003.
- BLAND, J. M.; ALTMAN, D. G. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet*, v. 1, p. 307-310, 1986.
- BORG, G. A. V. Psychophysical bases of perceived exertion. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v. 14, p. 377-381, 1982.
- CAFARELLI, E. Peripheral contributions to the perception of effort. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v. 14, p. 382-389, 1982.
- CHIDA, M.; INASE, N.; ICHIOKA, M.; MIYAZATO, I.; MARUMO, F. Ratings of perceived exertion in chronic obstructive pulmonary disease—a possible indicator for exercise training in patients with this disease. *European Journal of Applied Physiology*, v. 62, p. 390-434, 1991.
- DOHERTY, M.; SMITH, P. M.; HUGHES, M. G.; COLLINS, D. Rating of perceived exertion during high-intensity treadmill running. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v. 33, p. 1.953-1.958, 2001.

GAESSER, G. A.; POOLE, D. C. The slow component of oxygen uptake kinetics in humans. *Exercise and Sports Science Review*, v. 24, p. 35-71, 1996.

GREEN, J. M.; CREWS, T. R.; BOSAK, A. M.; PEVELER, W. W. Overall and differentiated ratings of perceived exertion at the respiratory compensation threshold: effects of gender and mode. *European Journal of Applied Physiology*, v. 89, p. 445-450, 2003.

GREEN, J. M.; MCLESTER, J. R.; CREWS, T. R.; WICKWIRE, P. J.; PRITCHETT, R. C.; REDDEN, A. RPE-lactate dissociation during extended cycling. *European Journal of Applied Physiology*, v. 94, p. 145-150, 2005.

HASKVITZ, E. M.; SEIP, R. L.; WELTMAN, J. Y.; ROGOL, A. D.; WELTMAN, A. The effect of training intensity on ratings of perceived exertion. *International Journal of Sports Medicine*, v. 13, p. 377-383, 1992.

HETZLER, R. K.; SEIP, R. L.; BOUTCHER, S. H.; PIERCE, E.; SNEAD, D.; WELTMAN, A. Effect of exercise modality on ratings of perceived exertion at various lactate concentrations. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v. 23, p. 88-92, 1991.

HILL, D. W. The critical power concept. Review. *Sports Medicine*, v. 16, p. 237-254, 1993.

_____ ; SMITH, J. C. A method to ensure the accuracy of estimates of anaerobic capacity derived using the critical power concept. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, v. 34, p. 23-37, 1994.

_____ Determination of critical power by pulmonary gas exchange. *Canadian Journal of Applied Physiology*, v. 24, p. 74-86, 1999.

MIHEVIC, P. M. Sensory cues for perceived exertion: a review. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v. 13, p. 150-163, 1981.

NAKAMURA, F. Y.; GANCEDO, M. R.; SILVA, L. A.; LIMA, J. R. P.; KOKUBUN, E. Utilização do esforço percebido na determinação da velocidade crítica em corrida aquática. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, v. 11, p. 1-5, 2005a.

NAKAMURA, F. Y.; BRUNETTO, A. F.; HIRAI, D. M.; ROSEGUINI, B. T.; KOKUBUN, E. O limiar de esforço percebido (LEP) corresponde à potência crítica e a um indicador de máximo estado estável de consumo de oxigênio. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, v. 11, p. 197-202, 2005b.

NEDER, J. Á.; JONES, P. W.; NERY, L. E.; WHIPP, B. J. Determinants of the exercise endurance capacity in patients with chronic obstructive pulmonary disease. The power-duration relationship. *American Journal of Respiration Critical Care Medicine*, v. 162, p. 497-504, 2000.

NOAKES, T. D. Linear relationship between the perception of effort and the duration of constant load exercise that remains. *Journal of Applied Physiology*, v. 96, p. 1.571-1.573, 2004.

NOBLE, B. J.; BORG, G. A. V.; JACOBS, I.; CECI, R.; KAISER, P. A category-ratio perceived exertion scale relationship to blood and muscle lactates and heart rate. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v. 15, p. 523-528, 1983.

PANDOLF, K. B. Differentiated ratings of perceived exertion during physical exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v. 14, p. 397-405, 1982.

POOLE, D. C.; WARD, S. A.; GARDNER, G. W.; WHIPP, B. J. Metabolic and respiratory profile of the upper limit for prolonged exercise in man. *Ergonomics*, v. 31, p. 1.265-1.279, 1988.

ROBERTSON, R. J. Central signals of perceived exertion during dynamic exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v. 14, p. 390-396, 1982.

_____; FALKEL, J. E.; DRASH, A. M.; SWANK, A. M.; METZ, K. F.; SPUNGEN, S. A. et al. Effects of blood pH on peripheral and central signals of perceived exertion. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v. 18, p. 114-122, 1986.

ROBERTSON, R. J.; GOSS, F. L.; DUBE, J.; RUTKOWSKI, J.; DUPAIN, M.; BRENNAN, C. et al. Validation of the adult OMNI scale of perceived exertion for cycle ergometer exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v. 36, p. 102-108, 2004.

SEIP, R. L.; SNEAD, D.; PIERCE, E. F.; STEIN, P.; WELTMAN, A. Perceptual responses and blood lactate concentration: effect of training state. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v. 23, p. 80-87, 1991.

SNYDER, A. C.; FOSTER, C.; WOULFE, T. J. Prediction of maximal lactate steady-state. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v. 21, p. S22, 1989.

STOUDEMIRE, N. M.; WIDEMAN, L.; PASS, K. A.; MCGINNES, C. L.; GAESSER, G. A.; WELTMAN, A. The validity of regulating blood lactate concentration during running by ratings of perceived exertion. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v. 28, p. 490-495, 1996.

WALSH, M. L. Whole body fatigue and critical power. *Sports Medicine*, v. 29, p. 153-164, 2000.

Recebido: 28 maio 2007

Aprovado: 27 set. 2007

Endereço para correspondência

Nilo Massaru Okuno

Grupo de Estudo das Adaptações Fisiológicas ao Treinamento

Centro de Educação Física e Esporte

Universidade Estadual de Londrina

Rod. Celso Garcia Cid, km 380, *campus* Universitário

Londrina-PR

CEP 86051-990