


Artigo original

Luiz Augusto Buoro Perandini¹
 Nilo Massaru Okuno^{1,2}
 Daniel Müller Hirai¹
 Herbert Gustavo Simões²
 Edilson Serpeloni Cyrino^{1,3}
 Fábio Yuzo Nakamura^{1,2,3}

COMPARAÇÃO ENTRE LIMIAR DE ESFORÇO PERCEBIDO E INDICADORES DE MÁXIMO ESTADO ESTÁVEL DE LACTATO EM EXERCÍCIO INTERMITENTE

COMPARISON BETWEEN PERCEIVED EXERTION THRESHOLD AND INDICATORS OF MAXIMAL LACTATE STEADY STATE IN INTERMITTENT EXERCISE

RESUMO

O limiar de esforço percebido contínuo (LEPc) pode ser considerado como ponto de transição metabólica entre os domínios intenso e severo, pois se relaciona com a potência crítica. Dessa forma, os objetivos do presente estudo foram: (1) verificar a possibilidade de estimativa do LEP e de um indicador de máximo estado estável de lactato em exercício intermitente (LEPi e MEEL_{INDIC}), (2) comparar o LEPi e MEEL_{INDIC} com o máximo estado estável de lactato intermitente (MEELi), e (3) verificar a relação entre a PSE e as respostas de lactato sanguíneo ([La]) em esforços intermitentes de alta intensidade. Dez participantes foram submetidos a sessões de familiarização, teste de esforço progressivo, testes preditivos intermitentes e determinação do MEELi. O LEPi e o MEEL_{INDIC} foram estimados a partir dos testes preditivos, e o MEELi foi determinado a partir de testes de 30 minutos. As correlações entre as taxas de aumento da PSE e [La] ($r=0,77$), e os valores absolutos de PSE e [La] ($r=0,78$) foram moderadas. Os altos valores de R^2 das taxas de aumento da PSE e [La] e das regressões lineares para a estimativa do LEPi e do MEEL_{INDIC} sugerem que essas variáveis podem ser estimadas de forma acurada. As intensidades do LEPi, MEEL_{INDIC} e MEELi não foram diferentes entre si. O LEPi e MEEL_{INDIC} apresentaram altas correlações com o MEELi ($r=0,90$ e $r=0,80$, respectivamente). Portanto, a relação entre a PSE e [La] é moderada, e tanto o LEPi quanto o MEEL_{INDIC} podem ser estimados e utilizados como indicadores de capacidade aeróbia.

Palavras-chave: Limiar de esforço percebido; Máximo estado estável de lactato; Exercícios intermitentes.

ABSTRACT

The continuous perceived exertion threshold (PETc) is considered as a metabolic transition point between the heavy and severe domain, since it is related with critical power. Thus, the aims of this study were: (1) to verify the possibility to estimate PET and maximal lactate steady state index in intermittent exercises (PETi and MLSS_{INDEX}), (2) compare the PETi and MLSS_{INDEX} with intermittent exercise maximal lactate steady state (MLSSi), and (3) to verify the relationship between RPE and blood lactate response ([La]) in high intensity intermittent exercises. Ten subjects underwent familiarization sessions, progressive exercise test, predictive intermittent trials and MLSSi determination. The PETi and MLSS_{INDEX} were estimated from predictive trials, and MLSSi was determined from 30-minute tests. The correlations between the increase rates of RPE and [La] ($r=0.77$), and the absolute values of RPE and [La] ($r=0.78$) were moderate. The high R^2 values as related to the relationship between the increase rate of RPE and [La], and also to the linear regressions for the PETi and MLSS_{INDEX} estimation suggest that these variables may be accurately estimated. The PETi, MLSS_{INDEX} and MLSSi intensities were not different from each other. The correlations between PETi and MLSS_{INDEX} with MLSSi were strong ($r=0.90$ and $r=0.80$, respectively). Therefore, the relationship between RPE and [La] is moderate, while both PETi and MLSS_{INDEX} can be estimated and utilized as aerobic capacity indicators.

Key words: Perceived exertion threshold; Maximal lactate steady state; Intermittent exercise.

1 - Grupo de Estudo das Adaptações Fisiológicas ao Treinamento (GEAFIT). Centro de Educação Física e Esporte. Universidade Estadual de Londrina – Londrina/PR.

2 – Estudo do Desempenho Humano e das Respostas Fisiológicas ao Exercício. Universidade Católica de Brasília – Brasília/DF.

3 - Grupo de Estudo e Pesquisa em Metabolismo, Nutrição e Exercício. Centro de Educação Física e Esporte. Universidade Estadual de Londrina – Londrina/PR.

INTRODUÇÃO

A percepção subjetiva de esforço (PSE) tem sido utilizada em vários estudos para quantificar a intensidade de exercício ou de sessões de treinamento¹⁻³, bem como para orientar sua prescrição em atividades predominantemente aeróbias⁴. Apesar da relativa simplicidade na obtenção de suas respostas, a partir de escalas como a de Borg e OMNI^{5,6}, ainda há considerável discussão a respeito de sua interpretação.

A PSE é uma variável psicofísica resultante da integração de informações de pré-alimentação (*feedforward*) e retroalimentação (*feedback*) neurais⁷. 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 ativos⁷.

O aumento da concentração de lactato ([La]) muscular e sangüínea e a concomitante redução do pH durante esforços contínuos no domínio severo⁸ estimulam as estruturas sensoriais periféricas, as quais, possivelmente por intermédio da retroalimentação e pré-alimentação, promovem o aumento da PSE^{4,9}. Doherty et al.¹⁰ e Nakamura et al.^{11,12} mostraram que o aumento da PSE nesse domínio de esforço apresenta comportamento linear ao longo do tempo, alcançando valores máximos próximo ao momento da exaustão.

A partir do aumento linear da PSE em esforços contínuos no domínio severo, o limiar de esforço percebido (LEPc) foi proposto por Nakamura et al.^{11,12}. Para a estimativa dessa intensidade, foram realizados quatro testes exaustivos, nos quais foi observado que a taxa de aumento linear da PSE (Escala de Borg 6-20) era proporcional à intensidade. O LEPc foi estimado como a intensidade teórica em que a taxa de aumento do esforço percebido seria igual a zero. Essa estimativa foi realizada a partir da extrapolação linear da relação entre a intensidade (abscissa) e as taxas de aumento da PSE (ordenada). O intercepto x correspondia ao LEPc. O LEPc não foi diferente da potência crítica e da intensidade de máximo estado estável de consumo de oxigênio, além de apresentar alta correlação com esses índices aeróbios ($r = 0,98$, e $r = 0,92$, respectivamente).

Além de ser utilizada para determinar o LEPc, a PSE tem sido empregada também para prever as intensidades relativas a [La] fixas (2 mM, 2,5 mM e 4 mM)¹³⁻¹⁶. Além disso, há alta correlação entre essas variáveis em resposta a testes progressivos. Entretanto, em exercícios de ciclismo e corrida intermitentes de alta intensidade, a PSE e a [La] não apresentaram boa correlação^{17,18}.

Em vista da ausência de indicadores de capacidade de trabalho em exercícios intermitentes de alta intensidade, o estudo das respostas de PSE e da [La] poderia fornecer informações relevantes para a avaliação funcional nesse tipo de protocolo. Assim, os objetivos do presente estudo foram: (1) verificar a

relação entre a PSE e a [La] em esforços intermitentes de alta intensidade, (2) verificar a possibilidade de se estimar o LEPi e um indicador de máximo estado estável de lactato em exercício intermitente (MEEL_{INDIC}), (3) relacionar o LEPi e o MEEL_{INDIC} com o máximo estado estável de lactato (MEELi) do regime intermitente adotado.

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Sujeitos

Dez jovens universitários do sexo masculino participaram deste estudo (Tabela 1). Todos foram informados acerca dos procedimentos a serem realizados, e dos riscos e benefícios associados. Na seqüência, assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido. O protocolo experimental foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa Local, em acordo com a Resolução 196/96 do Conselho Nacional de Saúde.

Os participantes foram instruídos a não realizarem esforços intensos ou ingerirem bebidas alcoólicas nas 24 h precedentes aos testes. Além disso, foram orientados a não consumirem alimentos e bebidas cafeinadas nas três horas precedentes aos testes.

O estudo foi dividido em quatro etapas: (1) familiarização aos testes; (2) teste de esforço progressivo; (3) estimativa do LEPi e do MEEL_{INDIC}; (4) determinação do MEELi. Para cada sujeito, os testes foram conduzidos dentro de no máximo quatro semanas.

Os testes foram realizados em um cicloergômetro de frenagem mecânica Biotec 2100 (Cefise, Campinas, SP, Brasil). A altura do selim foi ajustada individualmente para permitir que os joelhos atingissem extensão quase completa durante cada revolução do pedal. Essa configuração foi mantida durante todo o estudo. Antes do início dos testes, era realizado um aquecimento de cinco minutos, com uma carga de 30 W e cadência de 60 rpm. Após o aquecimento, eram permitidos três minutos de recuperação.

Familiarização aos testes

Os participantes do estudo foram submetidos a duas sessões de familiarização para que se adaptassem ao tipo de esforço e à utilização da escala de Borg de 15 pontos (6-20). O teste consistia em um esforço máximo, com carga fixa, com o objetivo de induzir à exaustão dentro de um período de 2-12 min. Previamente aos dois testes de familiarização, foi fornecida uma explicação de como os valores da escala deveriam ser reportados durante os testes. As instruções fornecidas incluíam informações relativas à correspondência entre os valores e os atributos da escala (por exemplo, 6 – atividade muito leve e próxima à sensação de repouso, 20 – a maior sensação de esforço já vivenciada). A partir dessa explicação solicitou-se aos indivíduos que reportassem os valores da PSE ao longo do teste, na medida em que percebessem mudanças na sensação do esforço.

Teste de esforço progressivo

O teste de esforço progressivo foi conduzido com uma carga inicial de 30 W e incrementos de 30 W.min⁻¹ até que o indivíduo atingisse a exaustão. Durante o teste, as trocas gasosas pulmonares foram registradas respiração-a-respiração por meio do analisador de gases Cortex MetaLyzer 3B. Meyer et al.,¹⁹ encontraram alta reprodutibilidade e baixa variabilidade nas medidas desse equipamento, demonstrando a validade do mesmo. A calibração foi realizada anteriormente a cada teste, a partir de uma amostra de gás ambiente e de concentrações gasosas conhecidas de O₂ (16%) e CO₂ (5%). O fluxo de gases para o aparelho também foi calibrado por meio de uma seringa de três litros.

A exaustão era considerada quando o sujeito não conseguisse manter a cadência de pedalada pré-estabelecida (~60 rpm) por um período superior a cinco segundos. O VO_{2max} foi determinado a partir da média do consumo de oxigênio dos últimos 30 s do teste progressivo. Os critérios para que o valor de VO_{2max} fosse aceito foram: platô do VO₂ e RER acima de 1,1. A potência aeróbia máxima (PAM) foi calculada a partir da seguinte equação²⁰:

$$PAM (W) = \text{Número de estágios completos} * 30 W + (\text{tempo no último estágio} / 60) * 30 W$$

Estimativa do LEPI e do MEEL_{INDIC}

Os sujeitos foram submetidos a quatro testes intermitentes exaustivos, no cicloergômetro, com o objetivo de estimar o LEPI e o MEEL_{INDIC}. Os testes intermitentes possuíam durações de esforço e pausa de 30 s (relação de 1:1). As cargas impostas nesses testes foram de ~110, 120, 130 e 140% da PAM, e tinham por objetivo induzir os sujeitos à exaustão entre 2-12 min de esforço²¹.

Para a estimativa do LEPI, os indivíduos foram orientados a reportarem o valor da PSE ao final de cada 30 s de esforço (Borg 6 – 20), durante os quatro testes de cargas exaustivas. Os valores da PSE foram plotados em função do tempo para a obtenção das taxas de aumento (inclinação da reta de regressão) (figura 2). Esses valores foram utilizados para o estabelecimento da reta de regressão entre as taxas de aumento da PSE e a potência gerada em cada teste, sendo que o LEPI corresponderia ao ponto de intersecção no eixo da potência (abscissa). Teoricamente, esse ponto seria equivalente à intensidade na qual a taxa de aumento da PSE fosse igual a zero (figura 3).

O MEEL_{INDIC} foi estimado a partir de procedimentos matemáticos semelhantes aos empregados na estimativa do LEPI, diferindo na utilização dos valores da [La] ao invés daqueles relacionados à PSE. As figuras 2 e 3 exemplificam como foi realizada a estimativa do MEEL_{INDIC}. O sangue foi coletado a partir do lóbulo da orelha durante o período de repouso e ao final de cada dois esforços (a cada dois minutos). Foram coletadas amostras de 25 µl de sangue em capilares heparinizados, as quais foram posteriormente armazenadas em tubos *ependorf* contendo 50 µl de NaF 1%. As amostras foram analisadas em um lactímetro YSI 2300 STAT Plus Glucose & Lactate Analyzer.

Relação entre a PSE e [La]

A relação entre a PSE e a [La] foi verificada durante os testes preditivos intermitentes de duas formas: (1) correlacionando os valores reportados de PSE correspondentes aos mesmos momentos em que foram efetuadas as coletas de lactato e (2) correlacionando as taxas de aumento da PSE e [La].

Determinação do MEELi

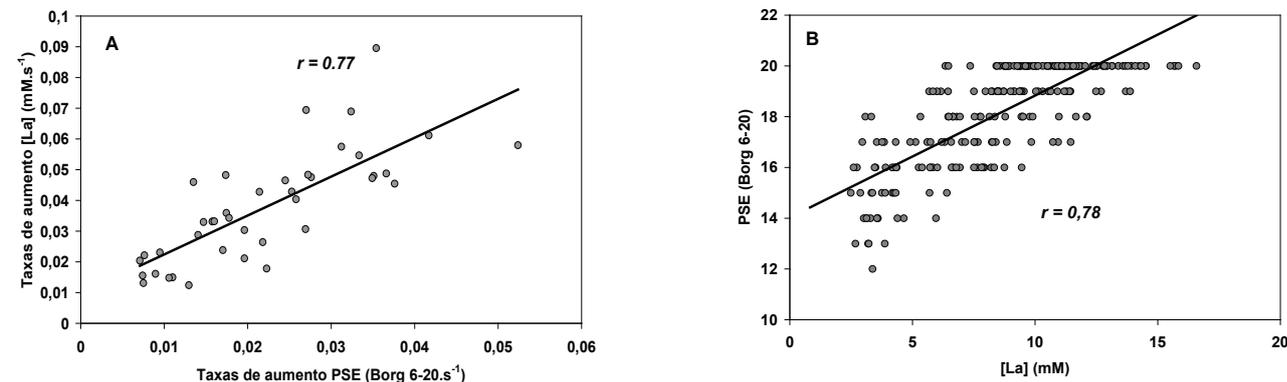
Os testes para a determinação do MEELi foram realizados com o mesmo regime de esforço e pausa dos testes para a estimativa do LEPI e MEEL_{INDIC} (30s:30s). As amostras de sangue foram coletadas em repouso e a cada cinco minutos durante o teste. Foram realizados os mesmos procedimentos de coleta, armazenamento e análise sanguínea empregados na estimativa do MEEL_{INDIC}. A duração do teste era de trinta minutos. A primeira intensidade a ser testada para a estimativa direta do MEELi foi equivalente à potência crítica derivada do desempenho nos testes intermitentes (dados não publicados). O critério para o estabelecimento do MEELi foi determinado a partir da análise da [La] entre o décimo e o trigésimo minuto, sendo a maior intensidade na qual o aumento da [La] foi menor do que 1 mM²². Quando o estado estável da [La] era observado, outra sessão de teste era realizada com um acréscimo de 10% da potência²³. Caso não ocorresse estado estável de lactato na primeira tentativa, a potência era reduzida em 10%. Tanto o acréscimo quanto a redução da potência para a estimativa do MEELi foram repetidos mais de uma vez, caso o critério para sua ocorrência não fosse observado.

Tratamento estatístico

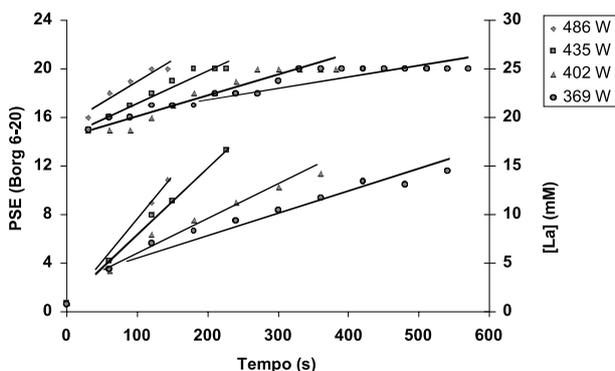
Os resultados são expressos em média ± desvio padrão, exceto quando se especificou outra análise descritiva. Análise de variância foi utilizada para comparar as medidas do LEPI, MEEL_{INDIC} e MEELi. Foi aplicado o teste de esfericidade de Mauchly e, quando violado, foram realizadas as correções por meio do teste de Greenhouse-Geisser. Caso o valor de F fosse significativo, a análise era complementada por meio do teste de Bonferroni para identificar as diferenças pontuais. A correlação de Pearson foi aplicada para verificar a relação entre a PSE e [La] e suas respectivas taxas de aumento, e entre as estimativas do LEPI, MEEL_{INDIC} e MEELi. A análise de concordância foi realizada por meio da plotagem de Bland e Altman²⁴. O nível de significância das análises foi fixado em 5%. Os dados foram tratados utilizando-se o programa SPSS *for Windows*, versão 13.0.

RESULTADOS

As características dos participantes e os valores médios da PAM e do VO_{2max} são apresentados na tabela 1.

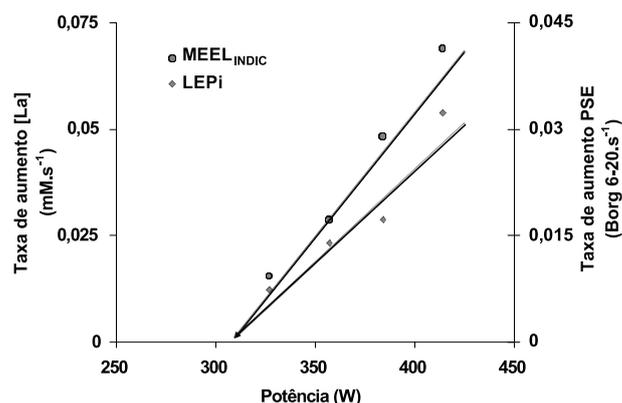
Tabela 1. Características físicas dos sujeitos (n = 10).**Figura 1.** A – Relação entre as taxas de aumento da PSE e da [La] durante os testes preditivos intermitentes. B – Relação entre a PSE e a [La] durante os testes preditivos intermitentes.

Variáveis	Média	DP
Idade (anos)	24,4	3,7
Peso (kg)	76,5	11,7
Altura (cm)	176,6	4,1
VO _{2max} (L.min ⁻¹)	3,1	0,4
PAM (W)	284	28,6

**Figura 2.** Comportamento linear da PSE (acima) e da [La] (abaixo) ao longo do tempo durante os testes preditivos intermitentes de um sujeito representativo.

A correlação entre a taxa de aumento da PSE e da [La] foi moderada e significativa ($r = 0,77$; $P < 0,001$). Também foi verificada correlação significativa entre os valores absolutos da PSE e da [La] ao final de cada duas repetições dos testes preditivos intermitentes ($r = 0,78$; $P < 0,001$) (figura 1).

A PSE e a [La] nos testes intermitentes exaustivos se mostraram bem ajustadas à função linear, ao longo do tempo, apresentando elevados valores de coeficiente de

**Figura 3.** Estimativa do LEPI e do MEEL_{INDIC} de um sujeito representativo.

determinação (PSE: $R^2 = 0,89 \pm 0,08$; [La]: $R^2 = 0,95 \pm 0,05$). A figura 2 ilustra o comportamento da PSE e da [La] de um sujeito representativo da amostra. Da mesma forma, foram observados elevados valores de R^2 para o ajuste linear na estimativa do LEPI e MEEL_{INDIC} (tabela 2). A figura 3 ilustra a estimativa do LEPI e MEEL_{INDIC} de um sujeito representativo.

A tabela 2 apresenta os valores médios do LEPI, MEEL_{INDIC} e MEELi. Não houve diferença significativa entre as três potências. Além disso, foi encontrada alta correlação entre o LEPI e o MEELi ($r = 0,90$; $P < 0,001$) e entre MEEL_{INDIC} e MEELi ($r = 0,80$; $P < 0,05$). A correlação entre o LEPI e o MEEL_{INDIC} foi moderada, porém, significativa ($r = 0,72$; $P < 0,05$).

A plotagem de Bland e Altman²⁴ demonstrou diferença média \pm intervalo de confiança de 95% entre o LEPI e MEELi de $8,5 \pm 60,8$ W; entre o MEEL_{INDIC} e MEELi de $9,1 \pm 47,3$ W; e entre o LEPI e MEEL_{INDIC} de $0,7 \pm 85,0$ W.

Tabela 2. Média e DP do limiar de esforço percebido intermitente (LEPI), indicador do máximo estado estável de lactato intermitente (MEEL_{INDIC}), máximo estado estável de lactato intermitente (MEELi) e coeficientes de determinação (R^2) do LEPI e MEEL_{INDIC}.

	LEPI (W)	R^2	MEEL _{INDIC} (W)	R^2	MEELi (W)
Média	262,2	0,90	262,8	0,92	253,7
DP	61,3	0,11	36,6	0,09	38,7

DISCUSSÃO

O LEPC foi proposto por Nakamura et al.^{11,12}, primeiramente, em corrida aquática e, posteriormente, em cicloergômetro. Os autores observaram que a PSE apresentava aumento linear ao longo do tempo em exercícios contínuos no domínio severo. A partir dessa observação, o LEPC foi proposto como a intensidade em que, teoricamente, o aumento da PSE seria igual a zero. Nas duas situações, o LEPC não foi diferente da velocidade crítica e da potência crítica, além de apresentar alta correlação com esses indicadores aeróbios ($r = 0,85$; $r = 0,98$, respectivamente). No cicloergômetro, o LEPC também se correlacionou com um indicador de máximo estado estável de consumo de oxigênio ($r = 0,92$). No presente estudo, esse modelo foi aplicado às respostas de PSE e [La] em exercício intermitente com o intuito de verificar se as estimativas do LEPI e MEEL_{INDIC} poderiam ser realizadas e se essas variáveis indicariam o MEELi. Além disso, verificou-se também a relação entre as respostas de aumento da PSE e [La].

O presente estudo mostrou uma correlação significativa entre as taxas de aumento da PSE e [La] ($r = 0,77$; $P < 0,001$), bem como entre os valores de PSE e [La] observados ao final de cada duas repetições ($r = 0,78$; $P < 0,001$) dos esforços intermitentes de alta intensidade. Os altos valores de coeficiente de determinação para o ajuste linear do aumento da PSE ($R^2 = 0,89 \pm 0,08$) e [La] ($R^2 = 0,95 \pm 0,05$), e das regressões lineares entre as taxas de aumento dessas variáveis e as potências utilizadas nos testes preditivos (PSE: $R^2 = 0,90 \pm 0,11$; [La]: $R^2 = 0,92 \pm 0,09$), demonstram que o LEPI e o MEEL_{INDIC} podem ser estimados, do ponto de vista matemático, a partir da técnica empregada. As intensidades correspondentes ao LEPI, MEEL_{INDIC} e MEELi não foram diferentes entre si. Além disso, o LEPI e o MEEL_{INDIC} apresentaram forte correlação com o MEELi ($r = 0,90$ e $r = 0,80$, respectivamente). As diferenças médias \pm intervalo de confiança de 95% entre o LEPI e MEELi foram de $8,5 \pm 60,8$ W, e entre o MEEL_{INDIC} e o MEELi de $9,1 \pm 47,3$ W.

Nakamura et al.^{11,12} sugerem que o aumento da PSE em exercícios realizados no domínio severo seria modulado pela utilização das reservas anaeróbias. No entanto, esta hipótese não foi testada diretamente no presente estudo. Assim, na tentativa de identificar possíveis causas relacionadas ao aumento linear da PSE, a [La] foi mensurada durante os esforços intermitentes de alta intensidade. A relação entre essas duas variáveis foi analisada por meio da correlação entre suas respectivas taxas de aumento e entre seus valores absolutos, apresentando correlações moderadas e significantes. A grande participação da via glicolítica em exercício contínuo no domínio severo ocasiona um aumento gradual da [La], com conseqüente queda no pH devido à liberação de íons H⁺. Esses produtos estimulam as estruturas sensoriais periféricas que promovem o aumento da PSE por meio de retroalimentação^{4,9}. Em adição, o comprometimento da atividade contrátil causado pela

acidose metabólica leva a uma maior necessidade de ativação neural (pré-alimentação) para manter um dado nível de tensão muscular responsável pela geração da potência externa²⁵.

Por outro lado, Green et al.¹⁷ relataram fracas correlações entre a PSE e a [La] ($r = 0,43$) em ciclismo intermitente de alta intensidade. Nesse estudo, os indivíduos pedalavam por dois minutos a uma potência 20 W superior à intensidade correspondente à [La] sanguínea de 4 mM, seguido de uma recuperação passiva por três minutos. O regime de esforço e pausa era repetido cinco vezes, sendo a PSE e o lactato analisados ao final de cada esforço. Provavelmente, esta menor correlação entre a PSE e a [La] reflita o aumento da contribuição do metabolismo aeróbio durante exercícios intermitentes, compensando a redução da contribuição anaeróbia no suprimento de energia²⁶, e também o aumento de processos relacionados à oxidação e difusão do lactato²⁷. Entretanto, a participação da acidose metabólica na modulação da PSE em protocolos intermitentes não pode ser descartada, tendo em vista que a indução de alcalose durante a realização de exercício intermitente de alta intensidade ($90\%VO_{2max}$) atenua as respostas desta variável psicofísica²⁸. Assim, a estimativa do LEPI baseada nos mesmos pressupostos considerados em exercícios contínuos^{11,12} parece ser plausível.

A relação entre os valores de [La] e PSE também foi investigada em exercícios progressivos. A fim de utilizar a PSE para prever intensidades correspondentes a concentrações fixas de [La], essas variáveis foram relacionadas em exercícios incrementais. Noble et al.¹³ realizaram um protocolo incremental em cicloergômetro e coletaram os valores de [La] e PSE (escala de Borg CR-10) ao final de cada estágio. Os resultados demonstraram que o aumento exponencial da [La] e da PSE apresentaram expoentes semelhantes. Irving et al.¹⁶ aplicaram um teste incremental em esteira ergométrica e também mensuraram a PSE (escala de Borg 6-20 e escala OMNI) e a [La]. A escala de Borg 6-20 e a escala OMNI apresentaram-se como boas ferramentas para determinar intensidades correspondentes a concentrações fixas de lactato. A reprodutibilidade da PSE em intensidades relativas a concentrações fixas de lactato foi testada por Mercer²⁹ e Grant et al.³⁰. Em exercícios realizados em esteira ergométrica, Mercer²⁹ encontrou altos coeficientes de correlação intraclasse da PSE em [La] de 2, 2,5 e 4 mM ($r = 0,76-0,97$) e Grant et al.³⁰ encontraram coeficiente de correlação (Pearson) moderado entre as medidas de PSE ($r = 0,76$). Porém, os resultados apresentados pela plotagem de Bland-Altman²⁴ revelaram baixa concordância entre as duas variáveis.

Os procedimentos matemáticos empregados no presente estudo permitiram a estimativa do LEPI e do MEEL_{INDIC}, sendo equivalentes e apresentando boa concordância com o MEELi. Para tal, foram empregados exercícios intermitentes exaustivos, mantendo-se o regime de esforço e pausa constante (1:1) e variando-se a intensidade. As respostas obtidas durante este protocolo evidenciam que, provavelmente, a utilização

de reservas anaeróbias de energia (refletidas no comportamento da [La] sanguíneo) module o aumento da PSE. Deste modo, na intensidade correspondente ao LEPi seria observada estabilização da [La] (MEELi). A ocorrência de estado estável da [La] em protocolo intermitente de intensidade constante e regime de esforço e pausa variável³¹ sugere que a aplicação do conceito de LEP não é restrita ao tipo de protocolo utilizado no presente estudo, podendo abranger desde exercícios de caráter contínuo até diferentes tipos de exercício intermitente. Nestes últimos, entretanto, deve-se fixar a intensidade ou o regime constantes para realizar a estimativa do LEPi. Portanto, o conceito de LEP demonstra robustez e potencial para realizar a estimativa da capacidade aeróbia em diversas situações de exercício, possuindo grande aplicabilidade prática devido principalmente, a sua simplicidade e seu caráter não invasivo.

Uma limitação deste estudo foi ausência de medidas de reprodutibilidade. Em estudos futuros, pretende-se avaliar esse importante critério de validade do LEPi. São necessários também trabalhos que utilizem como amostra indivíduos com características diferentes dos investigados neste estudo, como por exemplo, crianças, idosos, e portadores de doenças associadas à intolerância ao esforço, sobretudo com alternativas não exaustivas de testes.

CONCLUSÃO

Foi constatado que o LEPi e MEEL_{INDIC} apresentam forte correlação e não diferem da intensidade equivalente ao MEELi, representando assim a máxima intensidade de exercício intermitente na qual haveria estabilidade de variáveis fisiológicas e psicofísicas. Além disso, os valores da [La] e PSE, ao final de cada duas repetições e suas respectivas taxas de aumento durante os testes preditivos, foram moderadamente correlacionados, sugerindo que nestas condições de exercício o lactato é um importante modulador para o aumento da PSE. Mais estudos são necessários para verificar a validade e o significado fisiológico dos parâmetros estimados em diferentes situações experimentais, além da aplicação prática do LEPi e do MEEL_{INDIC}.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Impelizzeri FM, Rampinini E, Coutts AJ, Sassi A, Macora SM. Use of RPE-Based training load in soccer. *Med Sci Sports Exerc* 2004; 36(6):1042-47.
2. Esteve-Lanao J, Juan AFS, Earnest CP, Foster C. How do endurance runners actually train? Relationship with competition performance. *Med Sci Sports Exerc* 2005; 37(3):496-504.
3. Seiler SS, Kjerland GØ. Quantifying training intensity distribution in elite endurance athletes: is there evidence for an "optimal" distribution? *Scand J Med Sci Sports* 2006; 16:49-56.
4. Steed J, Gaesser GA, Weltman A. Rating of perceived exertion and blood lactate concentration during submaximal running. *Med Sci Sports Exerc* 1994; 26(6):797-803.
5. Borg GA. Psychophysical bases of perceived exertion. *Med Sci Sports Exerc* 1982; 14(5):377-81.
6. Robertson RJ, Goss FL, Boer NF, Peoples JA, Foreman AJ, Dabayeb IM, et al. Children's OMNI scale of perceived exertion: mixed gender and race validation. *Med Sci Sports Exerc* 2000; 32(2):452-8.
7. Cafarelli E. Peripheral contributions to the perception of effort. *Med Sci Sports Exerc* 1982; 14(5):382-9.
8. Gaesser GA, Poole DC. The slow component of oxygen uptake kinetics in humans. *Exerc Sport Sci Rev* 1996; 24:35-71.
9. Kostka CE, Cafarelli E. Effect of pH on sensation and vastus lateralis electromyogram during cycling exercise. *J Appl Physiol* 1982; 52(5):1181-5.
10. Doherty M, Smith PM, Hughes MG, Collins D. Rating of perceived exertion during high-intensity treadmill running. *Med Sci Sports Exerc* 2001; 33(11):1953-8.
11. Nakamura FY, Gancedo MG, Albuquerque da Silva L, 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.
12. Nakamura FY, Brunetto AF, Hirai DM, Roseguini BT, Kokubun E. O limiar de esforço percebido (LEP) corresponde à potência crítica e a um indicador de máximo estado estável de consumo de oxigênio. *Rev Bras Med Esporte* 2005; 11(3):197-202.
13. 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): 523-8.
14. Demello JJ, Cureton KJ, Boineau RE, Singh MM. Ratings of perceived exertion at the lactate threshold in trained and untrained men and women. *Med Sci Sports Exerc* 1987; 19(4):354-62.
15. Seip RL, Snead D, Pierce EF, Stein P, Weltman A. Perceptual responses and blood lactate concentration: effect of training state. *Med Sci Sports Exerc* 1991; 23(1):80-7.
16. Irving BA, Rutkowski J, Brock DW, Davis CK, Barret EJ, Gaesser GA. Comparison of Borg- and OMNI-RPE as markers of the blood lactate response to exercise. *Med Sci Sports Exerc* 2006; 38(7):1348-52.
17. Green JM, McLester JR, Crews TR, Wickwire PJ, Pritchett, Lomax RG. RPE association with lactate and heart rate during high-intensity interval cycling. *Med Sci Sports Exerc* 2006; 38(1):167-72.
18. de Souza MV, Simões HG, Oshiiwa M, Rogero MM, Tirapegui J. Effects of acute carbohydrate supplementation during sessions of high-intensity intermittent exercise. *Eur J Appl Physiol* 2006; 99(1):57-63.
19. Meyer T, Georg T, Becker C, Kindermann W. Reliability of gas exchange measurements from two different spirometry systems. *Int J Sports Med* 2001; 22(8):593-7.
20. Luttikholt H, McNaughton LR, Midgley AW, Bentley DJ. A prediction model for peak power output from different incremental exercise tests. *Int J Sports Physiol Perform* 2006; 1:122-136.
21. Bosquet L, Duchene A, Lecot F, Dupont G, Leger L. Vmax estimate from tree-parameter critical velocity models: validity and impact on 800 m running performance prediction. *Eur J Appl Physiol* 2006; 97:34-42.
22. Heck H, Mader A, Hess G, Mücke S, Müller R, Hollmann W. Justification of the 4-mmol/l lactate threshold. *Int J Sports Med* 1985; 6:117-130.
23. Beneke R. Methodological aspects of maximal lactate steady state – implications for performance testing. *Eur J Appl Physiol* 2003; 89:95-99.

24. Bland JM, Altman DG.. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet* 1986;1:307-310.
25. De Vries HA, Moritani T, Nagata A, Magnussen K. The relation between critical power and neuromuscular fatigue as estimated from electromyographic data. *Ergonomics*. 1982; 25(9):783-91.
26. Bogdanis GC, Nevil ME, Boobis LH, Lakomy LH. Contribution of phosphocreatine and aerobic metabolism to energy supply during repeated sprint exercise. *J Appl Physiol* 1996; 80(3):876-84.
27. Rieu M, Duvallet A, Scharapan L, Thieulart L, Ferry A. Blood lactate accumulation in intermittent supramaximal exercise. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1988; 57(2):235-42.
28. Swank A, Robertson RJ. Effect of induced alkalosis on perception of exertion during intermittent exercise. *J Appl Physiol* 1989; 67(5):1862-7.
29. Mercer TH. Reproducibility of blood lactate-anchored ratings of perceived exertion. *Eur J Appl Physiol* 2001; 85(5):496-9.
30. Grant S, McMillan K, Newell J, Wood L, Keatley S, Simpson D, Leslie K, Fairlie-Clark S. Reproducibility of the blood lactate threshold, 4 mmol/l marker, heart rate and ratings of perceived exertion during incremental treadmill exercise in humans. *Eur J Appl Physiol* 2002; 87:159-66.
31. Astrand I, Astrand PO, Christensen EH, Hedman R. Intermittent muscular work. *Acta Physiol Scand* 1960; 25(48):448-53.

Endereço para correspondência

Luiz Augusto Buoro Perandini
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
CEP 86051-990 - Londrina, PR. Brasil
E-mail: luloperandini@yahoo.com.br

Recebido em 03/04/07
Revisado em 09/05/07
Aprovado em 15/05/07