

LIMIAR ANAERÓBIO A PARTIR DA PSE EM EXERCÍCIO RESISTIDO POR MODELOS MATEMÁTICOS



ARTIGO ORIGINAL
ORIGINAL ARTICLE
ARTÍCULO ORIGINAL

ANAEROBIC THRESHOLD FROM PE IN RESISTANCE EXERCISE BY MATHEMATICAL MODELS

UMBRAL ANAERÓBICO DE EP EN EL EJERCICIO DE FUERZA POR LOS MODELOS MATEMÁTICOS

Gisela Arsa¹ (Educadora Física)
Lucieli Teresa Cambri¹
(Educadora Física)
Flávio da Silva² (Educador Físico)
Emerson Pardono³ (Educador Físico)
Andrey Jorge Serra⁴
(Educador Físico)
Gerson dos Santos Leite⁴
(Educador Físico)
Carmen Sílvia Grubert Campbell⁵
(Educadora Física)
Herbert Gustavo Simões⁵
(Educador Físico)

1. Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, MT, Brasil.
2. Universidade de Mogi das Cruzes, Mogi das Cruzes, SP, Brasil.
3. Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, SE, Brasil.
4. Universidade Nove de Julho, São Paulo, SP, Brasil.
5. Universidade Católica de Brasília, Taguatinga, DF, Brasil.

Correspondência:

Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT)
Núcleo em Aptidão Física, Informática, Metabolismo, Esporte e Saúde - NAFIMES (Ginásio de Esportes).
Av. Fernando Corrêa da Costa, 2367.
Bairro Boa Esperança. Cuiabá, MT, Brasil. 78060-900.
gisarsa@gmail.com

RESUMO

Introdução: O limiar anaeróbio é comumente identificado em exercícios cíclicos, contudo, também pode ser determinado no exercício resistido (ER) por diferentes métodos, e assim, estimar a carga de trabalho relacionada ao estresse metabólico. No entanto, sua identificação a partir de outros métodos como o modelo matemático da DMáx e principalmente por variáveis mais acessíveis, como a percepção subjetiva de esforço (PSE), ainda não foi analisada. **Objetivo:** Comparar o limiar de lactato (LL) identificado pelo método de inspeção visual (LL_{IV}) com o método da DMáx aplicado nas respostas do lactato (LL_{DMáx}) e da PSE (PSE_{12/13} e PSE_{DMáx}) durante exercício resistido incremental. **Métodos:** Dez praticantes de ER (24,8 ± 3,0 anos) foram submetidos ao teste de uma repetição máxima (1-RM) e a um teste incremental no *leg-press*, obtendo-se a PSE e o lactato em cada estágio. **Resultados:** Foi possível identificar o limiar anaeróbio por todos os métodos, entre 30% a 40% de 1-RM. As cargas absolutas, concentrações de lactato sanguíneo e PSE não foram diferentes entre os métodos empregados e apresentaram boa concordância entre si. **Conclusão:** É possível identificar o limiar anaeróbio tanto por inspeção visual quanto pelo modelo matemático de DMáx para o lactato e PSE, ampliando as possibilidades de determinação do limiar anaeróbio no exercício resistido por métodos de baixo custo e não invasivos.

Descritores: limiar anaeróbio; esforço físico; treinamento de resistência.

ABSTRACT

Introduction: The anaerobic threshold is commonly identified in cyclic exercises, however it can also be identified on resistance exercise (RE) by different methods, and thus can estimate the workload related to metabolic stress. However, its identification by other methods such as mathematical model of DMax and primarily by more accessible variables such as perceived exertion (PE) has not yet been analyzed. **Objective:** To compare the lactate threshold (LT) identified by visual inspection method (LT_{IV}) with DMax method applied in lactate responses (LT_{DMax}) and PE (PE_{12/13} and PE_{DMax}) during incremental resistance exercise. **Methods:** Ten practitioners of RE (24.8±3.0 years) underwent the test of one repetition maximum (1-RM) and an incremental load test in leg-press, obtaining the PE and lactate in each stage. **Results:** It was possible to identify the anaerobic threshold by all methods, between 30 and 40% of 1-RM. The absolute load, blood lactate concentrations, and PE were not different between the methods used and showed good agreement with each other. **Conclusion:** It is possible to identify the anaerobic threshold both by visual inspection and by the mathematical model of DMax for lactate and PE, expanding the possibilities for determining the anaerobic threshold in resistance exercise by low cost and non-invasive methods.

Keywords: anaerobic threshold; physical exertion; resistance training.

RESUMEN

Introducción: El umbral anaeróbico se identifica comúnmente en los ejercicios cíclicos, sin embargo, también se puede determinar en el ejercicio de resistencia (ER) por diferentes métodos, y por lo tanto, se puede estimar la carga de trabajo relacionada con el estrés metabólico. No obstante, su identificación por otros métodos como el modelo matemático de DMáx y sobre todo mediante variables más accesibles, como el esfuerzo percibido (EP), todavía no se ha analizado. **Objetivo:** Comparar el umbral de lactato (UL) identificado por el método de inspección visual (UL_{IV}) con el método DMáx aplicado a las respuestas de lactato (UL_{DMáx}) y EP (EP_{12/13} y EP_{DMáx}) durante los ejercicios de resistencia incremental. **Métodos:** Diez practicantes de ER (24,8 ± 3,0 años) fueron sometidos a la prueba de una repetición máxima (1-RM) y una prueba incremental en la prensa de piernas, obteniendo el EP y el lactato en cada etapa. **Resultados:** Fue posible identificar el umbral anaeróbico por todos los métodos, entre el 30% y el 40% de 1-RM. Las cargas absolutas, las concentraciones de lactato en sangre y EP no fueron diferentes entre los métodos utilizados y mostraron buena concordancia entre sí. **Conclusión:** Es posible identificar el umbral anaeróbico tanto por inspección visual como por el modelo matemático de DMáx de lactato y el EP, ampliando las posibilidades de determinar el umbral anaeróbico en el ejercicio de resistencia por métodos de bajo costo y no invasivos.

Descriptores: umbral anaerobio; esfuerzo físico; entrenamiento de fuerza.

INTRODUÇÃO

O limiar anaeróbio (LAn) identificado pelo limiar de lactato (LL) tem sido amplamente empregado devido ao menor custo comparado à mensuração do consumo de oxigênio, além da eficácia na predição do desempenho e prescrição do treinamento físico¹. O LL pode ser determinado por concentrações fixas de lactato sanguíneo² ou pela curva lactato-intensidade³.

O lactato sanguíneo pode ser utilizado como fonte energética, contudo, a capacidade de uso tecidual é limitada, acumulando-se a partir de uma intensidade de exercício, demarcando a maior participação do metabolismo anaeróbio na produção de energia e, por conseguinte, o acúmulo de íons H⁺ e redução de pH⁴.

Tradicionalmente, o LL tem sido identificado em diferentes tipos de exercícios, especialmente de características cíclicas⁵, e mais recentemente no exercício resistido (ER), com grande validade ecológica, por ser amplamente empregado na avaliação e prescrição do exercício no treinamento atlético e na reabilitação física⁶, visando benefícios cardiovasculares⁷, neuromusculares⁸ e metabólicos⁹. No entanto, sua prescrição utiliza-se basicamente de métodos tradicionais para avaliação e acompanhamento da evolução no treinamento físico.

Tem sido sugerido que durante o ER ocorra colapso transiente e redução de perfusão sanguínea em leitos vasculares dos músculos exercitados, mais pronunciada a partir de ≈30% da carga máxima, resultando em menor aporte de oxigênio e consequente acúmulo de lactato muscular¹⁰, possibilitando identificar o LL em ER¹⁰⁻¹³.

A determinação do LL em ER tem sido sugerida por diferentes métodos^{11,13-16}, sendo a inspeção visual o método de referência (LL_{IV}), o qual é representado pelo início do aumento exponencial da lactatemia, com perda da linearidade de sua curva¹⁶. No entanto, existem modelos matemáticos que utilizam função polinomial¹⁷ ou exponencial¹⁸ para a determinação do LL. Entre os métodos, baseados em modelos matemáticos, têm-se o método da DMáx, determinado pela maior diferença entre os pontos ajustados pelas funções polinomial ou exponencial e linear¹⁹.

De maneira geral, no ER, o LL_{IV} e o quociente de lactato (QLac) identificaram o LAn em protocolo incremental^{10,11}, e o QLac mostrou-se correlacionado ao LL. No estudo de Sousa²⁰, as cargas determinadas pelos métodos de log-log e QLac não foram diferentes do LL_{IV}.

Embora muitos métodos tenham sido testados na identificação do LAn no ER, o método da DMáx ainda não foi investigado, sendo empregado em exercícios cíclicos, sem diferenças nas cargas do LL determinado por DMáx (LL_{DMáx}) comparados ao máximo estado estável de lactato em ciclistas¹⁹, e considerado o método mais efetivo comparado ao LL determinado por concentração fixa de 4mM em remadores²¹.

Por ser um modelo matemático e de fácil aplicação, a grande vantagem do método da DMáx é reduzir a subjetividade na identificação do LAn, permitindo sua correta identificação pelos avaliadores pouco experientes. Ademais, não se descarta a possibilidade de identificar o LAn por métodos não invasivos como a utilização da percepção subjetiva de esforço (PSE), excetuando as coletas sanguíneas, reduzindo custos e ampliando a aplicação em ambientes não-científicos²².

A PSE obtida pela escala original de Borg (6-20 pontos)²² se correlaciona com a frequência cardíaca (FC), lactato sanguíneo e ventilação em testes incrementais. O LL associa-se à PSE 12-13²³, e por isso um valor fixo de PSE tem sido adotado, semelhante ao atribuir valores fixos de lactato, não considerando variações individuais. Estas variações na PSE no LL foram demonstradas por Sousa et al.²⁴, que obtiveram PSE 10 no LL em idosos no teste incremental no leg-press, e por Simões et al.²³, que observaram variação de PSE entre 11-14 no LL.

Devido a essa variação de PSE associada ao LL²³⁻²⁵, a identificação do LAn pela curva PSE-intensidade seria de grande valor na impossibilidade

de determiná-lo por uma variável fisiológica direta. Nesse sentido, Fabre et al.²⁵ testaram a aplicação do método da DMáx na lactatemia e PSE (escala CR-100), observando correlação e concordância entre as cargas por ambas as variáveis.

No entanto, o limiar de PSE pelo método da DMáx (PSE_{DMáx}) se deu no exercício cíclico em escala diferente da frequentemente empregada (6-20 pontos)²², tornando relevante testar o método da DMáx na cinética da PSE (6-20 pontos)²², e em ER, de modo a verificar a possibilidade da identificação da PSE_{DMáx}, bem como da PSE_{12/13}, e se estes se correlacionam ao LL_{IV}, considerado método de referência.

Neste sentido, o objetivo deste estudo foi comparar e correlacionar o LL identificado por inspeção visual e por DMáx, de PSE por DMáx, e em PSE fixa 12 e 13, bem como verificar a concordância entre os métodos em protocolo incremental no exercício de leg-press horizontal.

MATERIAIS E MÉTODOS

Todos os procedimentos foram aprovados pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Nove de Julho (n. 457406).

Dez voluntários do sexo masculino (24,8 ± 3,0 anos; 78,4 ± 6,8kg; 1,76 ± 0,05m) foram selecionados após responderem uma anamnese sobre sua saúde. Para a inclusão no estudo, considerou-se: a) ter entre 20 e 30 anos de idade, b) estar praticando ER há pelo menos dois anos, c) não estar sob o uso de medicamentos, d) não apresentar problemas osteomioarticulares ou outro problema de saúde que limitasse a participação.

Após conhecerem as informações relativas aos critérios de inclusão, riscos e benefícios da participação no estudo, bem como os procedimentos metodológicos, o termo de consentimento livre e esclarecido foi assinado.

O exercício no leg-press horizontal foi selecionado devido sua aplicabilidade em diferentes populações, sendo de fácil execução, garantindo o controle dos movimentos articulares e ajuste das cargas para a realização dos testes. Tal exercício é multiarticular e tem ação agonista coordenada dos músculos quadríceps femoral, isquiotibiais, glúteo máximo e tríceps sural.

Sua execução deu-se a partir da posição sentada, tronco apoiado no encosto do equipamento, mantendo joelhos estendidos, pés totalmente apoiados na plataforma, afastados na largura dos quadris. O ciclo do movimento envolveu flexionar joelhos e quadris até um ângulo de 90 graus em contração excêntrica, retornando à posição inicial a partir da contração concêntrica da musculatura mencionada, mantendo ação dinâmica dos movimentos, evitando componentes isométricos durante as repetições.

O teste de 1-RM foi realizado previamente ao teste incremental, e os voluntários foram orientados a não se exercitarem nas 48h anteriores ao protocolo. O reteste para análise do coeficiente de correlação intraclass não foi realizado, pois os voluntários possuíam larga experiência com exercícios resistidos e inclusive no leg-press horizontal, favorecendo o entendimento e realização do protocolo.

No dia do teste, os voluntários realizaram aquecimento de cinco minutos a 9km/h em esteira ergométrica. O voluntário foi posicionado no leg-press e até seis tentativas, com intervalo de cinco minutos, foram permitidas para identificar 1-RM.

Na primeira tentativa, o voluntário foi instruído a completar duas repetições com carga estipulada baseada na carga e número de repetições comumente realizadas pelo voluntário, sendo esta carga utilizada como base para a segunda tentativa. Mediante a realização completa de duas repetições aumentou-se a carga, e quando uma repetição não foi totalmente completada, reduziu-se a carga para a próxima tentativa. Esse procedimento foi adotado até que o voluntário não conseguisse realizar mais de uma repetição completa, considerando esta a carga de 1-RM²⁶.

O voluntário foi submetido ao mesmo aquecimento empregado no teste de 1-RM. O intervalo entre o teste de 1-RM e o teste de esforço incremental foi, no mínimo, de 72h, sendo o voluntário orientado a não realizar exercício neste período.

O teste incremental teve o primeiro estágio realizado com 10% da carga de 1-RM, com incrementos de 5% até atingir 60% de 1-RM, quando o incremento aumentou para 10% de 1-RM. Cada estágio foi composto por 30 repetições durante 1 minuto (1 segundo para a ação excêntrica; 1 segundo para a ação concêntrica), ritmada por sinais verbais e visuais, segundo protocolo de Moreira et al.¹³. Houve pausa de 2 minutos entre os estágios para o registro da PSE e FC (Polar®, F5) no primeiro minuto, e coleta sanguínea do lóbulo da orelha para análise das concentrações de lactato no final do segundo minuto.

O teste foi interrompido quando o voluntário: a) não realizou 30 repetições no período de 1 minuto; e/ou b) apresentou PSE 20; e/ou c) apresentou desconforto que impedisse a continuidade do teste.

Os procedimentos de assepsia foram empregados para a punção do lóbulo da orelha, com 25µl de sangue coletados em capilares de vidro heparinizados, armazenados em microtubo (eppendorfs®) contendo 50µl de NaF a 1%, refrigerados e analisados pelo método eletroenzimático (YSI 2700, Stat Select, Yellow Springs, OH, USA).

Para a determinação do LL_{IV} foi realizada a inspeção visual, por dois avaliadores experientes, da cinética lactato-carga, identificando a intensidade em que o aumento do lactato sanguíneo apresentou perda abrupta e exponencial da linearidade¹⁶.

O método da DMáx²⁷ consistiu em aplicar ajuste polinomial de 2ª ordem na cinética de lactato (LL_{DMáx}) e de PSE (PSE_{DMáx}) em função da intensidade, seguido de ajuste linear, derivando uma equação para cada ajuste. O "X" das equações foram substituídos pelas cargas absolutas de cada estágio do teste incremental. Os resultados obtidos foram subtraídos (Linear-Polinomial), e a DMáx foi considerada a maior diferença observada (Figura 1).

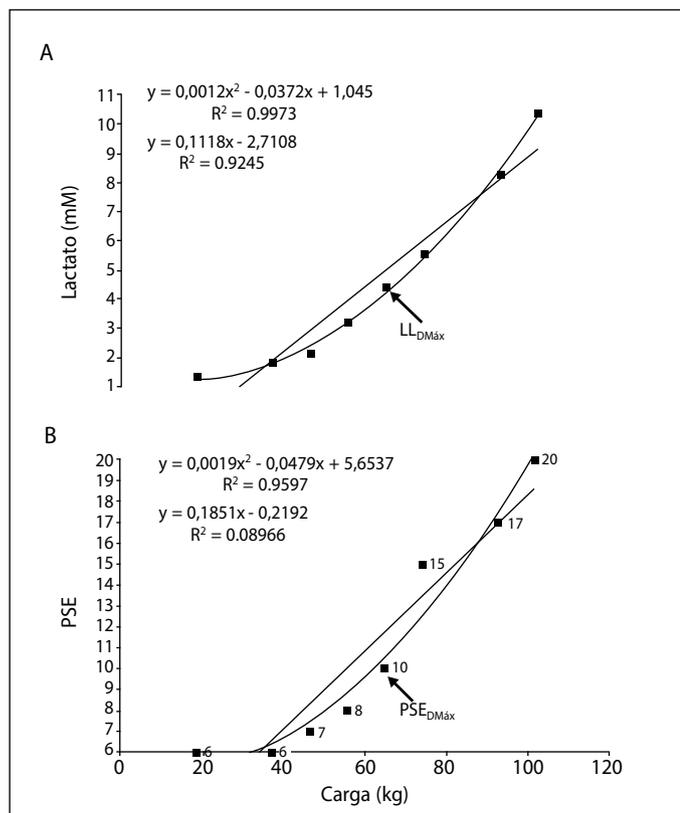


Figura 1. Determinação do limiar de lactato sanguíneo (A) e de PSE (B) pelo método da DMáx a título de exemplo.

ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados foram expressos em média ±DP. Shapiro-Wilk foi empregado para a análise de normalidade dos dados, correlação de Pearson para verificar associações entre os limiares, e a Anova One-Way de medidas repetidas e post-hoc de Bonferroni para verificar a existência de diferenças entre os limiares. Correlação de Spearman's Rank, teste de Friedmann e post-hoc de Dunn's foram empregados na ausência de normalidade. A técnica de Bland-Altman²⁸ foi utilizada para verificar a concordância entre os limiares. O nível de significância foi $p \leq 0,05$.

RESULTADOS

Foi possível identificar o LAN pelos métodos LL_{IV} e LL_{DMáx} em todos os voluntários. Contudo, não foi possível identificar a PSE_{12/13} em dois voluntários, por não terem indicado a PSE 12 ou 13 no teste incremental, e para um voluntário no método de PSE_{DMáx}, pois não apresentou a curva em "U" da função polinomial. A carga absoluta (kg), concentrações de lactato (mM) e PSE correspondentes ao LL e de PSE não apresentaram diferenças significativas entre os métodos empregados (Tabela 1).

Houve correlações na carga absoluta, concentrações de lactato e PSE entre LL_{DMáx} e PSE_{DMáx} e na PSE entre o LL_{IV}, LL_{DMáx} e PSE_{DMáx} (Tabela 2).

As concordâncias determinadas pelo método Bland-Altman entre os métodos do LAN estão apresentadas na Figura 2A-2E. Houve concordância entre os métodos de determinação empregados, estando as diferenças entre os métodos dentro do intervalo de confiança de 95%, exceto para um voluntário no LL_{DMáx} vs PSE_{12/13} (Figura 2D) e para um voluntário no LL_{DMáx} vs PSE_{DMáx} (Figura 2E).

Tabela 1. Carga absoluta, concentrações de lactato sanguíneo [Lac] e PSE correspondentes aos limiares determinados.

	Carga absoluta (kg)	[Lac] (mM)	PSE
LL _{IV}	60,50 ± 12,51	3,59 ± 1,17	12,70 ± 2,54
LL _{DMáx}	59,78 ± 9,71	3,91 ± 0,99	13,10 ± 2,73
PSE _{DMáx}	62,48 ± 11,09	4,30 ± 1,59	13,22 ± 2,82
PSE _{12/13}	59,19 ± 13,42	3,82 ± 1,23	12,25 ± 0,41

LL_{IV}: Limiar de lactato determinado por inspeção visual; LL_{DMáx}: Limiar de lactato determinado por DMáx; PSE_{DMáx}: Limiar de PSE determinado pelo DMáx; PSE_{12/13}: Limiar de PSE determinado por valores fixos de PSE.

Tabela 2. Coeficiente de correlação (r) da carga absoluta, concentrações de lactato sanguíneo e PSE correspondentes ao LL_{IV}, LL_{DMáx}, PSE_{DMáx} e PSE_{12/13}.

Carga Absoluta (kg)	LL _{IV}	LL _{DMáx}	PSE _{12/13}
LL _{IV}	-	-	-
LL _{DMáx}	0,37	-	-
PSE _{DMáx}	0,55	0,63 [#]	0,41
PSE _{12/13}	0,61	0,13	-
[Lac] (mM)	LL _{IV}	LL _{DMáx}	PSE _{12/13}
LL _{IV}	-	-	-
LL _{DMáx}	0,36	-	-
PSE _{DMáx}	0,48	0,98 [#]	0,24
PSE _{12/13}	0,15	-0,02	-
PSE	LL _{IV}	LL _{DMáx}	PSE _{12/13}
LL _{IV}	-	-	-
LL _{DMáx}	0,79 [*]	-	-
PSE _{DMáx}	0,72 [*]	0,92 [*]	0,01
PSE _{12/13}	0,20	0,13	-

*p < 0,05 para correlação de Pearson [#]p < 0,05 para correlação de Spearman's Rank.

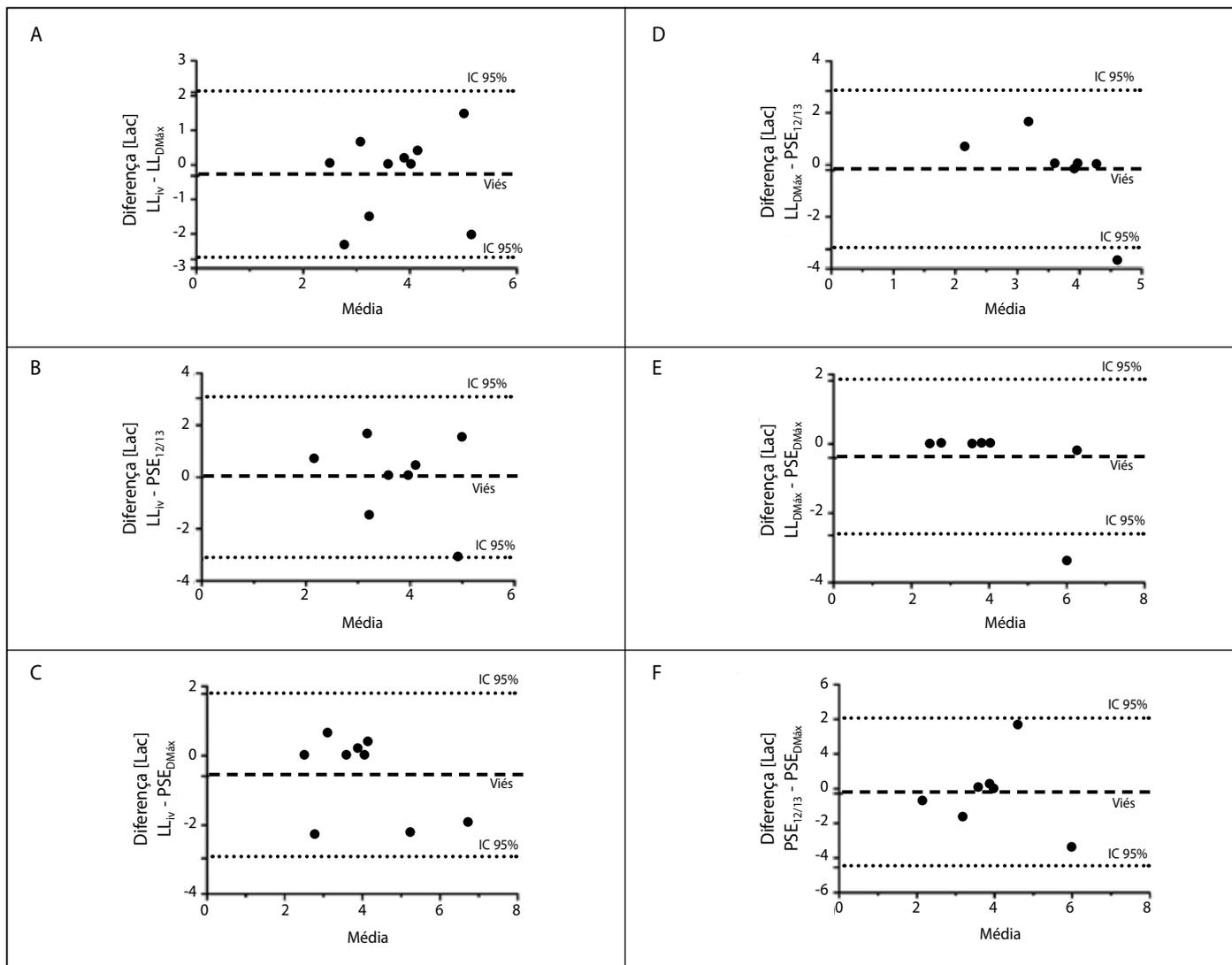


Figura 2. Diferenças, média das diferenças e intervalos de confiança (95%) das concentrações de lactato sanguíneo referentes ao LL_{IV}, LL_{DMáx}, PSE_{12/13} e PSE_{DMáx}.

DISCUSSÃO

No presente estudo não encontramos diferenças entre cargas absolutas, concentrações de lactato e PSE correspondentes às intensidades do LAN pelos diferentes métodos, apresentando correlações moderadas e fortes, e boa concordância entre si. Tais achados demonstram a possibilidade de utilizar o método da DMáx na identificação do LAN pela PSE.

A função polinomial de 2ª ordem permitiu identificar o LL por diferentes métodos em exercício cíclico com consistência¹⁸, e em nosso estudo se adequou na identificação do LL_{DMáx} e PSE_{DMáx}, não existindo diferenças nas cargas absolutas, corroborando os achados de Czuba et al.¹⁹, com forte correlação entre cargas do LL_{DMáx} e máxima fase estável de lactato em ciclistas. Contudo, divergiram de Pires et al.²⁹, em que a função exponencial foi a que melhor se ajustou à curva lactato-intensidade para 70% de seus avaliados.

As cargas entre 33-34% de 1-RM dos limiares nesse estudo estão coerentes com as obtidas (30-40% 1-RM) no *leg-press* em outros estudos^{10,11}, mesmo mediante a identificação do LAN por outros métodos, ratificando a possibilidade de determinar o mesmo fenômeno fisiológico por DMáx, inclusive pela PSE.

De modo semelhante, Moreira et al.¹³, identificaram o LL_{IV} entre 30-40% de 1-RM, corroborando nossos resultados, exceto pelas diferentes cargas absolutas, explicada pela reduzida capacidade física dos diabéticos de meia-idade.

Uma explicação para o LL ser identificado entre 30-40% de 1-RM é

a ocorrência de oclusão dos leitos vasculares do músculo esquelético durante as contrações concêntricas, resultando na maior produção e acúmulo de metabólitos no sangue¹⁰.

As concentrações de lactato nos diferentes limiares ficaram entre 3,6-4,3mM (Tabela1), demonstrando a fidedignidade dos métodos, inclusive da PSE_{DMáx}. Essas concentrações se assemelham a outros estudos que apresentaram concentrações entre 3,5-5mM^{3,13,19,20,29}.

A PSE média dos limiares em nosso estudo ficou entre 12,3 e 13,6, confirmando a possibilidade de identificar o LAN pela cinética da PSE, verificado também por outro estudo²⁵. A PSE 13 tem se relacionado ao LAN na maioria dos estudos. Demello et al.³⁰ observaram essa pontuação durante corrida na intensidade do LAN de sedentários e treinados, assim como Simões et al.²³, que observaram o LAN na PSE 13, subestimado na PSE 12 e superestimado na PSE 15 em diabéticos. Em nosso estudo, não houve diferença entre as variáveis na PSE_{12/13} comparado aos demais métodos, e houve concordância com o LL_{IV}.

No entanto, cabe destacar que, embora tenhamos média de PSE 13 nos limiares identificados, houve variação entre 7-15 pontos no LL_{IV} e de 10-17 pontos no LL_{DMáx}, o que desperta para a aceitação de uma variação individual na PSE atribuída ao LL, como ocorre para as concentrações de lactato sanguíneo.

A confirmação dessa variação é fortalecida ao observar PSE 10 (escala de 6-20 pontos) no LL no *leg-press* em idosos²⁴, ressaltando a alternativa de determinar a PSE_{DMáx} como nesse estudo, tendo boa

concordância e correlação com o LL_{IV} . Logo, sua utilização torna-se interessante devido ao baixo custo e por não ser invasiva, possibilitando sua aplicação em ambientes não controlados, como academias e clubes esportivos.

Sousa et al.²⁴ destacam o aumento abrupto na FC nas intensidades acima da ocorrência do LL, confirmando o aumento da demanda metabólica e cardiovascular, ressaltando a importância da identificação do LAN, permitindo estabelecer intensidades com segurança cardiovascular quando necessário.

A identificação do LAN pela cinética da PSE precisa ser mais investigada, inclusive comparando à outras escalas de PSE, pois Fabre et al.²⁵ determinaram a $PSE_{DMáx}$ a partir da escala CR-100, adaptada de Borg²², que empregamos neste estudo, devido ao maior número de publicações científicas utilizando-a em conjunto na determinação do LAN em exercícios de características cíclicas^{23-27,29,30} e $ER^{13,24}$.

O presente estudo possui limitações como ter testado somente o *leg-press*, limitando o conhecimento quanto à existência de diferenças entre LL_{IV} , $LL_{DMáx}$ e $PSE_{DMáx}$ em exercícios que exigem outros grupamentos musculares. Porém, alguns estudos nos auxiliam a responder parte

dessas limitações, tendo o LL observado em cargas relativas inferiores em membros superiores^{10,13,24}.

Destaca-se que a determinação da $PSE_{DMáx}$ precisa ser amplamente estudada, verificando a possibilidade de sua determinação por outras escalas, bem como a realização de sessões de ER na intensidade da $PSE_{DMáx}$, analisando outras variáveis metabólicas para confirmar a validade deste indicador no estabelecimento de intensidades de ER de modo não-invasivo e preciso.

CONCLUSÃO

Conclui-se que o método que emprega o modelo matemático da $DMáx$ identifica o LAN pela cinética do lactato e pela PSE no ER. Os métodos de determinação do LAN empregados apresentam cargas absolutas, concentrações de lactato sanguíneo e PSE semelhantes, bem como boa concordância em relação ao LL_{IV} .

Todos os autores declararam não haver qualquer potencial conflito de interesses referente a este artigo.

CONTRIBUIÇÕES DOS AUTORES: GA(0000-0003-3586-3749)*, LTC(0000-0002-5609-7249)*, EP(0000-0002-4985-7932)* e HS (0000-0002-2378-4026)* foram os principais contribuintes na redação do manuscrito. GA e FS (0000-0001-7789-8670)* realizaram os procedimentos do estudo para a obtenção das variáveis e a tabulação dos dados obtidos. GA, AJS(0000-0002-5407-8183)*, GSL(0000-0002-4941-4576)*, FS e EP avaliaram os dados da análise estatística. GA, FS e LTC realizaram a pesquisa bibliográfica. GA, LTC, GSL, AJS contribuíram na elaboração da discussão dos dados. EP, CSGC(0000-0001-5946-7180)* e HS realizaram a revisão do manuscrito. GA, EP e HS contribuíram com o conceito intelectual do estudo. *Número ORCID (*Open Researcher and Contributor ID*).

REFERÊNCIAS

- Gibbons ES. The significance of anaerobic threshold in exercise prescription. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*. 1987 Sep;27(3):357-61.
- Olbrecht J, Madsen O, Mader A, Liesen H, Hollmann W. Relationship between swimming velocity and lactic concentration during continuous and intermittent training exercises. *International Journal of Sports Medicine*. 1985 Apr;6(2):74-7.
- Stegmann H, Kindermann W, Schnabel A. Lactate kinetics and individual anaerobic threshold. *International Journal of Sports Medicine*. 1981 Aug;2(3):160-5.
- Stainsby WN, Brooks GA. Control of lactic acid metabolism in contracting muscles and during exercise. *Exercise and Sport Sciences Reviews*. 1990;18:29-63.
- Bentley DJ, McNaughton LR, Thompson D, Vleck VE, Batterham AM. Peak power output, the lactate threshold, and time trial performance in cyclists. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 2001 Dec;33(12):2077-81.
- Larose J, Sigal RJ, Khandwala F, Kenny GP. Comparison of strength development with resistance training and combined exercise training in type 2 diabetes. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*. 2012 Aug;22(4):e45-54.
- Braith RW, Stewart KJ. Resistance exercise training: its role in the prevention of cardiovascular disease. *Circulation*. 2006 Jun 6;113(22):2642-50.
- Marshall PW, McEwen M, Robbins DW. Strength and neuromuscular adaptation following one, four, and eight sets of high intensity resistance exercise in trained males. *European Journal of Applied Physiology*. 2011 Dec;111(12):3007-16.
- Ormsbee MJ, Choi MD, Medlin JK, Geyer GH, Trantham LH, Dubis GS, et al. Regulation of fat metabolism during resistance exercise in sedentary lean and obese men. *J Appl Physiol*. 2009 May;106(5):1529-37.
- Barros CLM, de Agostini GG, Garcia ES, Baldissera V. Limiar de lactato em exercício resistido. *Motriz Revista de Educação Física UNESP*. 2008;10(1):31-6.
- Oliveira JC, Baldissera V, Simões HG, Aguiar AP, Azevedo PHSM, Poian PAFO, et al. Identification of the lactate threshold and the blood glucose threshold in resistance exercise. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*. 2006;12(6):333-8.
- Azevedo PHSM, Oliveira JC, Aguiar AP, Oliveira PAF, Marques AT, Baldissera V. Identificação do limiar de lactato nos exercícios resistidos: rosca bíceps e mesa flexora. *EfDeportes*. 2005;8(7):81.
- Moreira SR, Arsa G, Oliveira HB, Lima LC, Campbell CS, Simoes HG. Methods to identify the lactate and glucose thresholds during resistance exercise for individuals with type 2 diabetes. *Journal of Strength and Conditioning Research / National Strength & Conditioning Association*. 2008 Jul;22(4):1108-15.
- Simoes GC, Moreira SR, Kushnick MR, Simoes HG, Campbell CS. Postresistance exercise blood pressure reduction is influenced by exercise intensity in type-2 diabetic and nondiabetic individuals. *Journal of Strength and Conditioning Research / National Strength & Conditioning Association*. 2010 May;24(5):1277-84.
- Moreira SR, Simoes GC, Moraes JF, Motta DF, Campbell CS, Simoes HG. Blood glucose control for individuals with type-2 diabetes: acute effects of resistance exercise of lower cardiovascular-metabolic stress. *Journal of Strength and Conditioning Research / National Strength & Conditioning Association*. 2012 Oct;26(10):2806-11.
- Davis JA, Vodak P, Willmore JH, Vodak J, Kurtz P. Anaerobic threshold and maximal aerobic power for three modes of exercise. *J Appl Physiol*. 1976 Oct;41(4):544-50.
- Higa MN, Silva E, Neves VF, Catai AM, Gallo L, Jr., Silva de Sa MF. Comparison of anaerobic threshold determined by visual and mathematical methods in healthy women. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research = Revista Brasileira de Pesquisas Medicas e Biologicas / Sociedade Brasileira de Biofisica*. 2007 Apr;40(4):501-8.
- Simoes HG, Hiyane WC, Sotero RC, Pardon E, Puga GM, Lima LC, et al. Polynomial modeling for the identification of lactate minimum velocity by different methods. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*. 2009 Mar;49(1):14-8.
- Czuba M, Zajac A, Cholewa J, Poprzęcki S, Waśkiewicz Z, Mikolajec K. Lactate threshold (d-max method) and maximal lactate steady state in cyclists. *Journal of Human Kinetics*. 2009;21(-1):49-56.
- Sousa NM, Magosso RF, Pereira GB, Leite RD, Arakelian VM, Montagnoli AN, et al. The measurement of lactate threshold in resistance exercise: a comparison of methods. *Clinical Physiology and Functional Imaging*. 2011 Sep;31(5):376-81.
- Baptista RR, Oliveira LG, Figueiredo G, Contieri JR, Loss JF, Oliveira A. Limiar de lactato em remadores: comparação entre dois métodos de determinação. *Rev Bras Med Esporte*. 2005;11(4).
- Borg GA. Psychophysical bases of perceived exertion. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 1982;14(5):377-81.
- Simoes HG, Hiyane WC, Benford RE, Madrid B, Prada FA, Moreira SR, et al. Lactate threshold prediction by blood glucose and rating of perceived exertion in people with type 2 diabetes. *Perceptual and Motor Skills*. 2010 Oct;111(2):365-78.
- Sousa N, Souza M, Pereira G, Bertucci D, Magosso R, Baldissera V, et al. Limiar de lactato em exercício resistido em idosos. *Motricidade*. 2013;9(1):85-92.
- Fabre N, Mourot L, Zerbini L, Pellegrini B, Bortolan L, Schena F. A Novel Approach for Lactate Threshold Assessment Based on rating of perceived exertion. *International journal of sports physiology and performance*. May;8(3):263-70.
- Baechle TR, Earle RW. *Essentials of strength training and conditioning*: Human Kinetics Publishers; 2008.
- Cheng B, Kuipers H, Snyder AC, Keizer HA, Jeukendrup A, Hesselink M. A new approach for the determination of ventilatory and lactate thresholds. *International Journal of Sports Medicine*. 1992 Oct;13(7):518-22.
- Bland JM, Altman DG. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet*. 1986 Feb 8;1(8476):307-10.
- Pires FO, Silva AEL, Gagliardi JFL, Barros RV, Kiss MAPDM. Caracterização da curva do lactato sanguíneo e aplicabilidade do modelo D_{max} durante protocolo progressivo em esteira rolante. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*. 2006;12(2):71-5.
- Demello JJ, Cureton KJ, Boineau RE, Singh MM. Ratings of perceived exertion at the lactate threshold in trained and untrained men and women. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 1987 Aug;19(4):354-62.