

Jose Gerosa Neto

**VALIDAÇÃO DO GLICOSÍMETRO PORTÁTIL PARA AVALIAÇÃO,
PRESCRIÇÃO E MONITORAMENTO DO TREINAMENTO AERÓBIO.**



**PRESIDENTE PRUDENTE
2013**

Jose Gerosa Neto

**VALIDAÇÃO DO GLICOSÍMETRO PORTÁTIL PARA AVALIAÇÃO,
PRESCRIÇÃO E MONITORAMENTO DO TREINAMENTO AERÓBIO.**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual Paulista – Faculdade de Ciências e Tecnologia (FCT/UNESP), Campus Presidente Prudente para obtenção do título de Mestre no Programa de pós-graduação em Fisioterapia.

Orientador: Prof. Dr. Ismael Forte Freitas Júnior

**PRESIDENTE PRUDENTE
2013**

Gerosa Neto, Jose.

Validação do glicosímetro portátil para avaliação, prescrição e monitoramento do treinamento aeróbio / Jose Gerosa Neto. - Presidente Prudente

Orientador: Prof.Dr. Ismael Forte Freitas Junior
Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista,
Faculdade de Ciências e Tecnologia
Inclui bibliografia

1. Limiar Glicêmico 2. Limiar Anaeróbio 3. Glicosímetro Portátil I.
Freitas Junior, Ismael F. II. Universidade Estadual Paulista. Faculdade
de Ciências e Tecnologia. III. Título.

Dedico este trabalho aos meus pais Angelo e Isa, por o tornarem possível. A minha noiva Daniela e minha filha Julian pela compreensão em muitos momentos. E a Deus por abençoar a minha vida.

Este trabalho não seria possível sem a colaboração de muitas pessoas com as quais tive o prazer de trabalhar. Primeiramente agradeço ao Prof. Dr. Ismael Forte Freitas Junior e o Prof. Dr. Marcelo Papoti pela oportunidade concedida e por estarem sempre pacientes e dispostos a me ensinar. Muito obrigado.

Agradeço também a todos os participantes dos laboratórios LAFE e CELAPAM pelo companheirismo e altruísmo. Ao Prof. Dr. Carlos Marcelo Pastre por permitir a utilização de seu laboratório e a Profa. Dr. Patrícia Monteiro Seraphim pela atenção e compreensão.

Agradeço especialmente a Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP, por acreditarem nesse projeto e o tornarem possível.

**Peça a Deus que abençoe seus
planos e eles darão certo.**

Bíblia Sagrada
(Provérbios 16:3)

Abreviações

VO₂max = consumo máximo de oxigênio

[Lac] = concentração de lactato sanguíneo

[Gli] = Concentração de glucose sanguínea

MFEL = máxima fase estável de lactato

LAN = limiar anaeróbio

LL = limiar de lactato

LV = limiar ventilatório

LG = limiar glicêmico

LM = lactato mínimo

V4mM = velocidade correspondente a 4mM de lactato sanguíneo

GM = glicemia mínima

IAT = limiar anaeróbio individual

CO₂ = dióxido de carbono

O₂ = oxigênio

ATP = trifosfato de adenosina

AMPc = monofosfato cíclico de adenosina

H⁺ = íon hidrogênio

LDH = enzima lactato desidrogenase

β-adrenérgicos = receptor beta adrenérgico

ATPase = enzima atuante na molécula de ATP

MCT4 = transportador monocarboxilato

GLUT-4 = transportador de glicose

FC = frequência cardíaca

1. Apresentação.....	12
2. Resumo.....	14
3. Revisão de literatura	
3.1 Introdução.....	20
3.2 Capacidade aeróbia.....	21
3.3 Produção de lactato durante o exercício.....	23
3.4 Comportamento da glicose sanguínea no exercício.....	25
3.5 Estudos utilizando dosagens glicêmicas.....	27
3.6 Estudos utilizando medidores portáteis de glicemia.....	30
4. Objetivos	
4.1 Estudo 1.....	33
4.2 Estudo 2.....	33
5. Materiais e métodos	
5.1 Estudo 1.....	33
5.2 Estudo 2.....	37
6. Resultados	
6.1 Estudo 1.....	40
6.2 Estudo 2.....	45
7. Discussão	
7.1 Estudo 1.....	51
7.2 Estudo 2.....	53
8. Discussão Final.....	56
9. Referências bibliográficas.....	61
10. Anexos	
10.1 Artigo 1.....	72
10.2 Artigo 2.....	91

A presente dissertação de mestrado foi desenvolvida no Laboratório de Fisiologia do Exercício (LAFE), Centro de Estudos e Laboratório de Avaliação e Prescrição da Atividade Motora (CELAPAM) e no Laboratório de Fisioterapia Desportiva (LAFIDE), todos pertencentes à Universidade Estadual Paulista - UNESP (Campus de Presidente Prudente), sob a orientação do Prof. Dr. Ismael Forte Freitas Júnior, Co-orientação do Prof. Dr. Marcelo Papoti e colaboração do Prof. Dr. Carlos Marcelo Pastre.

A apresentação dar-se-á, inicialmente, por uma breve introdução para contextualização do tema principal, seguida por dois trabalhos científicos, os quais, conforme exigências do programa de Pós-graduação em Fisioterapia foram redigidos de acordo com as normas do periódico o qual serão submetidos.

Os artigos estão apresentados em português e as figuras e tabelas localizadas no corpo do texto e não em páginas separadas, como na versão final para a submissão. Abaixo estão listados os artigos científicos que serão apresentados.

Estudo 1

Jose Gerosa Neto, Carlos Augusto Kalva Filho, Eduardo Zapaterra Campos, Vitor Luiz de Andrade, Carlos Marcelo Pastre, Marcelo Papoti, Ismael Forte Freitas Junior. Validação de glicosímetro portátil para avaliação da capacidade aeróbia.

Estudo 2

Jose Gerosa Neto, Carlos Augusto Kalva Filho, Eduardo Zapaterra Campos, Vitor Luiz de Andrade, João Paulo Loures, Marcelo Papoti, Ismael Forte Freitas Junior. Determinação do limiar anaeróbio por dosagens glicêmicas, lactacidêmicas e ventilatórias nas situações de normoglicemia e hiperglicemia

Os objetivos do presente estudo foram analisar a validade do glicosímetro portátil, para avaliação da capacidade aeróbia. Para isso dois estudos foram realizados no intuito de: I) verificar a reprodutibilidade do limiar glicêmico (LG), determinado por meio de glicosímetro portátil e compará-lo à intensidade de máxima fase estável de lactato (MFEL). II) comparar as intensidades de limiar anaeróbio determinado por parâmetros glicêmicos (LG), lactacidêmicos (LAN) e ventilatórios (PCR). No estudo I, nove indivíduos foram submetidos a dois testes incrementais para verificação da reprodutibilidade dos valores. Para comparação a MFEL, além de um teste incremental, dezesseis participantes realizaram de dois a quatro esforços constantes com duração de 30min para a determinação da MFEL (todos em esteira rolante). Os resultados mostraram que o LG da situação teste ($11 \pm 1,2 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$) e reteste ($11 \pm 1,2 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$) não foram diferentes, apresentaram significativo coeficiente de correlação intraclassa ($\text{ICC} = 0,70$) e baixo ET ($0,47 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$). Embora os valores de LG ($10,7 \pm 1,4$) e MFEL ($10,2 \pm 1,5$) não tenham sido significativamente diferentes e fortemente correlacionados ($r = 0,71$), a análise de concordância demonstrou uma grande amplitude de erro (até $2,8 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$). No estudo II dez indivíduos realizaram dois testes incrementais máximos em cicloergômetro nas situações de normoglicemia e hiperglicemia. Os resultados mostraram não haver diferença entre LG, LAN e PCR nos diferentes estados glicêmicos. Os valores foram significativamente correlacionados na situação NORMO (LGxLAN $r = 0,68$), HIPER (LGxLAN $r = 0,87$; LANxPCR $r = 0,75$) e entre elas (LANxLAN $r = 0,65$; PCRxPCR $r = 0,85$). No entanto, na situação de hiperglicemia, não foi possível determinar o LG em 40% dos participantes.

Apesar da boa reprodutibilidade e correlação com a MFEL (estudo I) o LG determinado pelo glicosímetro portátil não foi um bom preditor da MFEL devido a grande variação de intensidade apontada pela análise de concordância. No estudo II, não foram encontradas diferenças entre os métodos, ainda assim, o LG não foi correlacionado nos dois momentos e não foi determinado em 40% da amostra no estado hiperglicêmico. A validade do glicosímetro portátil para avaliação da capacidade aeróbia não está confirmada, sendo necessários novos estudos envolvendo controle dietético, dosagens hormonais e comparação aos aparelhos laboratoriais.

Palavras chave: Limiar glicêmico, máxima fase estável de lactato, glicosímetro portátil.

The aims of this study were to analyze the validity of the portable glucometer to evaluate aerobic capacity. For two studies that were conducted in order to: I) verify the reproducibility of glycemic threshold (LG), determined using portable glucometer and compare it to the intensity maximum lactate steady state (MLSS). II) compare intensities of anaerobic threshold determined by glycemic parameters (LG), analysis lactate (LAN) and ventilation (RCP). As I study, nine subjects underwent two incremental tests (treadmill) to determine the reproducibility of values. To compare the MLSS, plus an incremental test, sixteen participants performed two to four constant efforts lasting 30 min for the determination of MLSS. The results showed that the LG situation test ($11 \pm 1.2 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$) and retest ($11 \pm 1.2 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$) were not different, showed significant intraclass correlation coefficient ($\text{ICC} = 0.70$) and low ET ($0.47 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$). Although the values of LG (10.7 ± 1.4) and MLSS (10.2 ± 1.5) were not significantly different and highly correlated ($r = 0.71$), reliability analysis demonstrated a wide range of error (up to $2.8 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$). II study in ten subjects performed two maximal incremental cycle ergometer tests in situations of normoglycemia and hyperglycemia. The results showed no difference between LG, LAN and RCP in different glycemic states. The values were significantly correlated in the situation NORMO (LGxLAN $r = 0.68$), HIPER (LGxLAN $r = 0.87$; LANxRCP $r = 0.75$) and between them ($r = 0.65$ LANxLAN; RCPxRCP $r = 0.85$). However, in the situation of hyperglycemia was not possible to determine LG by 40% of participants.

Despite the good reproducibility and correlation with MLSS (Study I) determined by the LG portable glucometer was not a good predictor of MLSS due to wide variation of intensity indicated by concordance analysis. In study II, there were no differences between the methods, yet the LG was not correlated at both times and was undetermined in 40% of the sample in the hyperglycemic state. The validity of the portable glucometer to evaluate aerobic capacity is not confirmed, and further studies involving dietary control, hormonal measurements and compared to laboratory apparatus.

Keywords: glycemic threshold, maximal lactate steady state, portable glucometer.

3.1 Introdução

A prática de exercícios físicos é imprescindível no rol de ações para manutenção e melhora da saúde e qualidade de vida, independentemente do nível de aptidão física em que o indivíduo se encontra. Dentre os benefícios proporcionados por um estilo de vida ativo está a melhora das funções do sistema cardiorrespiratório^{1,2,3} que por sua vez está associado ao desempenho em atividades aeróbias. Dessa forma o estudo das variáveis envolvidas no treinamento aeróbio é de grande importância para dar suporte à avaliação, prescrição e monitoramento do treinamento e dos efeitos por ele causados.

Por muito tempo o consumo máximo de oxigênio (VO_2max) foi considerado o melhor índice para avaliação de atividades de longa duração, e diversos programas de treinamento visavam a sua melhora^{4,5}. No entanto, na década de 90 seu uso para predição de desempenho em provas com predomínio aeróbio já era questionado^{6,7}.

Em vista disso, o comportamento da concentração do lactato sanguíneo ($[\text{Lac}]$) durante esforço progressivo apresenta grande correlação com o desempenho aeróbio e maior confiabilidade na predição de resultados quando comparado ao VO_2max ⁸. Entretanto os métodos utilizados na sua obtenção não estão disponíveis a maioria da população, devido ao alto custo e especificidade dos equipamentos necessários^{9,10,11}. Por isso, é importante que novas metodologias sejam propostas como alternativa.

Dessa forma, Northius et al. avaliando corredores, observaram que o ponto de inflexão do lactato sanguíneo era coincidente com o menor concentração de glicose plasmática ($[\text{Gli}]$) durante o esforço realizado em

esteira, e pela primeira vez vislumbrou-se a possibilidade da resposta glicêmica prever a resposta do lactato sanguíneo em esforços progressivos. De maneira semelhante Pinheiro observou alta correlação ($r=0,92$) entre intensidades determinadas por medidas lactacidêmicas e glicêmicas. Depois disso vários autores compararam a [Lac] e [Gli] em diversos protocolos^{14,15,16,17,18,19,20}, porém esses estudos utilizaram aparelhos laboratoriais para análise da glicemia.

Recentemente uma alternativa de baixo custo vem sendo testada. Ela também se baseia na [Gli] durante o exercício, mas sua análise é feita imediatamente após a coleta por aparelhos portáteis^{21,22,23}. Esse instrumento pode facilitar o acesso de um maior número de pessoas às avaliações, porém ainda requer estudos com diferentes populações e a comparação com métodos mais robustos, como a máxima fase estável de lactato (MFEL), considerada padrão ouro para avaliação da capacidade aeróbia (CA)^{24,25}.

3.2 Capacidade Aeróbia

Alguns índices relacionados às avaliações aeróbias são muitas vezes confundidos, fazendo com que os termos “potência aeróbia” e “capacidade aeróbia” sejam usados de forma equivocada.

O VO_2max é o índice que representa a “potência aeróbia” e pode ser expresso em termos absolutos ($\text{L}\cdot\text{min}^{-1}$) ou relativos ao peso corporal ($\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$). Esses valores indicam a taxa na qual o oxigênio é captado, transportado e utilizado pelo organismo.

Por sua vez a “capacidade aeróbia” está relacionada à habilidade do organismo em produzir energia com predominância aeróbia por um longo

período de tempo. O parâmetro mais confiável e utilizado para sua avaliação é o comportamento da [Lac] frente ao exercício, mas métodos que analisam a troca de gases, frequência cardíaca, glicemia dentre outros, também são utilizados^{12,26,27,28,29,30,31}.

O índice mais usado para a avaliação da capacidade aeróbia é o “limiar anaeróbio” (LAN) descrito pela primeira vez na literatura por Wasserman & Mcilroy em 1964. Cabe ressaltar que os autores propuseram esse termo baseado em parâmetros ventilatórios, a partir da ideia de que o aumento abrupto do CO₂ a uma determinada intensidade de exercício reflete uma alteração da predominância do metabolismo aeróbio para o anaeróbio. A explicação para este aumento é que o atraso em se atingir o estado estável durante o exercício promove um déficit de oxigênio (O₂), resultando em inadequado suprimento deste gás para a musculatura envolvida. Desta forma, a ressíntese de ATP deve ser suplementada pelo metabolismo anaeróbio, acelerando a produção e liberação de lactato, com consequente aumento na produção e eliminação do CO₂, advindo do processo de respiração celular e do tamponamento dos íons hidrogênio (H⁺) pelo bicarbonato³³.

O evento que sinaliza o aumento da participação do metabolismo anaeróbio pode ser determinado no exercício incremental por meio de diversas variáveis, por isso, para evitar confusões, as nomenclaturas são relacionadas ao parâmetro avaliado, ou seja, se for com lactato é chamado de Limiar de Anaeróbio (LAN), se for por análises de gases é Limiar Ventilatório (LV) e por glicemia é Limiar Glicêmico (LG).

3.3 Produção de lactato durante o exercício

Durante esforços progressivos o comportamento da [Lac] varia pouco em relação ao repouso, até intensidades de 50% a 75% do VO_2max . Acima destas intensidades ocorre um aumento exponencial na sua concentração. É importante ressaltar que o maior produtor e liberador de lactato na corrente sanguínea durante o exercício é o músculo esquelético, mas ao mesmo tempo ele também pode consumi-lo^{34,35,36,37}. Por esse motivo a [Lac] é fruto de sua liberação e não pode ser confundida com a produção total dentro do músculo³⁵. Esse comportamento é fonte de diversas pesquisas e revisões científicas ao longo dos anos^{35,38,39,40,41,42}.

Para melhor entendimento da cinética da [Lac] é necessário falar da sua formação, que está relacionada à glicólise. O produto final da glicólise é o piruvato, que posteriormente é convertido em um grupo acetil de dois carbonos e então completamente oxidado no ciclo de Krebs^{43,44}. No entanto isso nem sempre acontece. Quando a demanda energética não pode ser completamente suprida de forma aeróbia o piruvato é convertido em lactato num processo mediado pela enzima lactato desidrogenase (LDH) em que o piruvato é o aceptor de H^+ e elétrons³³ (Figura 1).

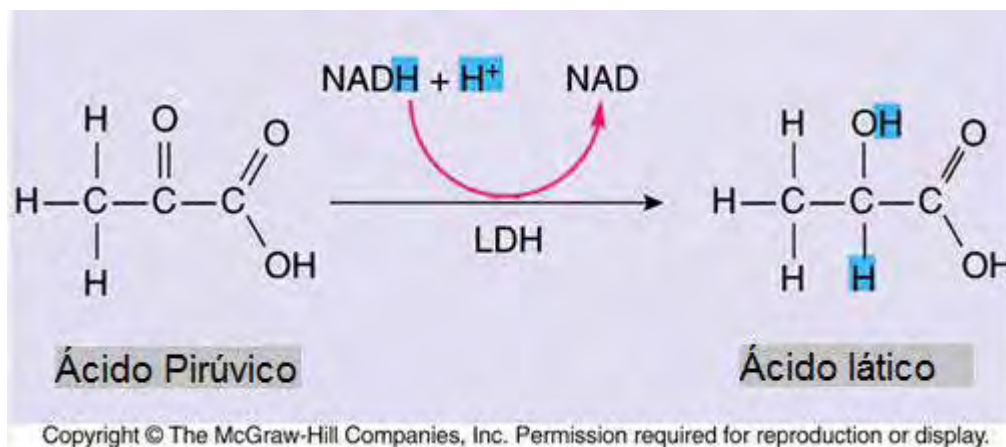


Figura 1. Conversão do ácido pirúvico à ácido láctico, mediada pela enzima LDH.

Algumas hipóteses foram propostas como causa do aumento das [Lac] durante o exercício. Uma delas é a baixa disponibilidade de O₂ para musculatura esquelética^{26,32,43,45}. Segundo essa teoria, até intensidades de 50% a 75% do VO₂max há oxigênio suficiente para aceitar os íons H⁺ e elétrons, mas além dessa intensidade o fornecimento de energia tem que ser auxiliado pela via anaeróbia, com consequente aumento nas [Lac].

Outra hipótese é a relação existente entre [Lac] e a ação do hormônio adrenalina³⁹. O aumento da concentração de adrenalina e sua ligação aos receptores β -adrenérgicos promove um aumento de monofosfato cíclico de adenosina (AMPC) que por sua vez estimula a glicólise e glicogenólise, favorecendo a produção de lactato. STAINSBY et al. relataram aumento na produção de lactato após a infusão de adrenalina no músculo de cães. Estudos com seres humanos e animais envolvendo o uso de substâncias bloqueadoras dos receptores β -adrenérgicos, mostraram menores [Lac] e queda na glicogenólise^{47,48,49}. Seguindo essa linha alguns pesquisadores

sugeriram um limiar de catecolaminas^{49,50,51}. A adrenalina atua através de receptores β -adrenérgicos estimulando a glicogenólise muscular e hepática.

Uma terceira hipótese é a do recrutamento de unidades motoras⁵² que se baseia nas diferenças existentes entre as fibras musculares. As fibras de contração rápida (tipo II) tem maior atividade da enzima ATPase, que hidrolisa mais ATP do que as fibras de contração lenta (tipo I), sendo assim, menos econômicas⁵³. Somando-se a isso, as fibras tipo II possuem maior concentração da enzima LDH e do transportador monocarboxilase (MCT4), favorecendo a rápida produção de lactato intramuscular e seu transporte para a corrente sanguínea respectivamente.

Os fatores citados acima compõem um quadro de reações fisiológicas em resposta ao exercício incremental progressivo. Dessa forma, todos eles devem ser levados em consideração na análise dos resultados de uma avaliação que utiliza o lactato sanguíneo como parâmetro.

3.4 Comportamento da glicose sanguínea no exercício

O exercício físico promove grandes alterações nos sistemas fisiológicos, obrigando o organismo a lançar mão de mecanismos para suprir as novas necessidades e estabelecer o equilíbrio. Dessa forma o estoque hepático e muscular de glicogênio, assim como sua concentração sanguínea (glicose) devem se manter em um nível adequado, proporcionando energia para funções vitais (sistema nervoso e metabolismo dos órgãos em geral) e também suprir a musculatura esquelética em atividade^{54,55}.

Ao longo de um esforço progressivo máximo a [Gli] tende a exibir um comportamento em forma de “U”¹⁵, como exemplificado no esquema da figura

2. Isso por que no início da atividade (até ~75% VO_2max) a translocação para membrana plasmática dos transportadores de glicose (GLUT-4) aumenta, favorecendo o influxo de glicose para dentro da célula⁵⁶. Isso faz a [Gli] diminuir até um determinado momento, denominado limiar glicêmico (LG) a partir do qual ela volta a subir, aumentando exponencialmente. O nadir no comportamento glicêmico no exercício pode coincidir com o limiar anaeróbio determinado por lactato e parâmetros ventilatórios, indicando alterações fisiológicas importantes a partir dessa intensidade^{33,42}.

O limiar glicêmico pode ser explicado juntamente com a cinética de alguns hormônios. Durante o esforço crescente há um aumento nas concentrações de hormônios hiperglicemiantes como adrenalina, cortisol, hormônio do crescimento e glucagon^{44,57,58}. Port (1991) verificou que as concentrações de cortisol sanguíneo aumentaram exponencialmente em intensidades acima do LAN, e que o ponto de inflexão na curva do lactato sanguíneo, cortisol sérico e salivar foram coincidentes. Estudos também encontraram comportamento semelhante na cinética das catecolaminas^{58,60}.

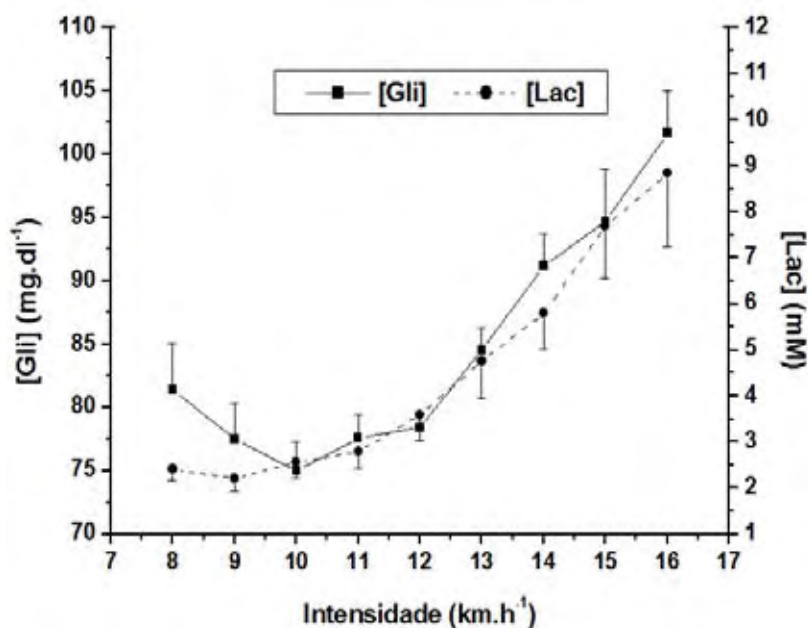


Figura 2. Comportamento médio das concentrações sanguíneas de lactato ([Lac]) e glicose ([Gli]), observadas durante um teste incremental.

A liberação das catecolaminas pela medula da glândula supra-renal tem um papel importante no aumento da [Gli]. Por meio da ativação dos receptores beta-adrenérgicos a adrenalina aumenta a glicogenólise muscular e hepática, aumentando a disponibilidade de energia e consequentemente a glicemia^{17,49,51,61,62,63,64,65,66,67}.

Dessa forma as avaliações utilizando a glicemia não podem ser analisadas sem a compreensão e consideração das alterações ocorridas na produção hormonal envolvida.

3.5 Estudos utilizando dosagens glicêmicas

Como citado anteriormente nesse documento, Northius et al. em 1995 identificaram que o ponto de inflexão da glicemia era coincidente com o de lactato em um teste incremental com corredores exercitando-se em esteira

rolante. Isso possibilitou um novo olhar sobre os parâmetros utilizados até então em avaliações aeróbias para esportes de longa duração.

Em 1998 Simões et al. realizaram um experimento interessante onde compararam a velocidade de LAN determinada por cinco formas diferentes, utilizando o lactato e a glicemia como parâmetro. Os testes realizados foram o de Lactato Mínimo (LM)²⁹, Limiar Anaeróbio Individual (IAT)⁶⁸ e o de concentração fixa de 4 mmol.l⁻¹ de lactato (V4mM)²⁸. A glicemia foi coletada nos dois primeiros testes. Não houve diferença na intensidade determinada pelos cinco métodos e eles então concluíram que o LAN poderia ser determinado por qualquer um deles.

Para realização do protocolo de LM é necessário que a [Lac] esteja alta antes do teste incremental, para isso usa-se um esforço de alta intensidade seguido de um intervalo passivo. Esse esforço por ser muito intenso causa desconforto no avaliado, principalmente se ele for sedentário ou não acostumado a rotinas pesadas de treinamento e avaliações. Por isso, Souza et al. em 2003 submeteram 13 indivíduos não atletas aos testes de LM, Glicemia Mínima (GM) e o V4mM. O objetivo do estudo foi comparar a intensidade e frequência cardíaca (FC) obtidas nos três métodos e também investigar se um estímulo de menor duração (150 metros) seria suficiente para o aumento prévio do lactato sanguíneo. Esse estímulo promoveu o aumento necessário na [Lac] (> 7mM) e as intensidades e FC no LAN não diferiram significativamente entre os métodos. Houve também alta correlação nas velocidades determinadas entre eles (LG x LM $r=0,99$ e LG x V4mM $r=0,98$), concluindo-se ser possível a utilização dos três métodos para avaliação da CA em indivíduos não atletas.

Com interesse em saber se o esforço prévio de indução a hiperlactacidemia influenciaria a determinação do LAN por meio de variáveis glicêmicas, lactacidêmicas e ventilatórias, Simões et al. as compararam nos protocolos de LM e IAT realizados em laboratório. Os resultados mostraram que foi possível identificar o LAN por meio dos três parâmetros e as intensidades não diferiram estatisticamente. Os valores da [Gli] no momento de transição (LAN) não diferiram entre os métodos, porém a [Lac] foi maior no LM. Esses resultados indicaram que a glicemia foi capaz de identificar um limiar de transição metabólica, reafirmado pelos parâmetros ventilatórios e lactacidêmicos.

Os estudos mencionados acima compararam a cinética da glicemia com protocolos alternativos a MFEL em indivíduos saudáveis (atletas, fisicamente ativos e sedentários), sem complicações estabelecidas nos mecanismos estudados. Dessa forma, pesquisas com pessoas acometidas pelo diabetes *mellitus* (tipo 1 e 2) e a comparação direta do LG com a MFEL é imprescindível.

Em vista disso, Moreira et al. avaliaram dois grupos de indivíduos com diabetes tipo 2 (fisicamente ativos e sedentários) e mais um de ativos não diabéticos. Apesar das intensidades de LAN diferirem entre os grupos, elas não foram diferentes entre os métodos utilizados na avaliação (glicemia, lactato e troca de gases). Recentemente Simões et al. avaliaram 15 homens sedentários com diabetes tipo 2. O exercício incremental foi realizado em cicloergômetro e foram analisados glicemia, lactato e parâmetros ventilatórios. Nesse estudo foi possível determinar o LG em 80% dos participantes (n=12), LAN e LV em todos eles (n=15). Além do mais as intensidades não foram

diferentes entre os métodos, indicando a possibilidade de utilização da glicemia em avaliações de diabético tipo 2.

Sotero et al. com o objetivo de estudar se o LG poderia prever a MFEL, submeteram 13 homens fisicamente ativos ao teste de LM em uma pista de atletismo (400 metros). As intensidades encontradas no teste de LM, LG e MFEL não foram diferentes entre si e foram altamente correlacionadas (LG x LM $r=0,98$; LG x MFEL $r=0,95$ e LM x MFEL $r=0,96$). A conclusão foi que o LG é um bom preditor da MSLL para indivíduos não atletas. Entretanto, Mendes et al. avaliaram oito homens fisicamente ativos em teste incremental em cicloergômetro. Esse estudo procurou atestar a concordância entre os métodos além das diferenças entre seus valores médios. O resultado foi que em dois participantes não foi possível determinar o LG, ainda assim, as intensidades não diferiram quando comparadas a MFEL. A concordância foi avaliada utilizando a metodologia proposta por Lin Li, que compara a linha de regressão linear considerada perfeita (45°), com a traçada a partir dos dados coletados, concluindo que nesse estudo o LG não foi um preditor confiável da MFEL.

Nesses dois estudos os métodos empregados foram diferentes e o número de avaliados foi pequeno, principalmente no de Mendes et al.. Por isso mais estudos são necessários para poder qualificar o LG como alternativa ao protocolo de MFEL.

3.6 Estudos utilizando medidores portáteis de glicemia

Todos os estudos abordados anteriormente utilizaram aparelhos laboratoriais para as análises de lactato e glicose sanguínea. Apesar de sua

confiabilidade, o alto custo de aquisição e reposição dos materiais de consumo, restringe seu uso a universidades, laboratórios especializados, equipes esportivas profissionais e outros. O lactímetro portátil é bem mais barato que os usados nos laboratórios, mesmo assim, seu valor não pode ser considerado acessível para a maioria dos envolvidos com avaliações físicas.

Nesse panorama, o uso do medidor portátil de glicose se torna uma alternativa interessante a ser estudada, devido ao baixo custo e facilidade de manuseio. Muitas pessoas já o possuem para o automonitoramento da glicemia. Em 2011 cerca de 366 milhões de pessoas tinham diabetes, o que corresponde a aproximadamente 8,3% da população mundial⁷³.

Malachias et al. (2007) utilizaram glicosímetro portátil na avaliação de 11 indivíduos sedentários em cicloergômetro e compararam as intensidades de LAN determinadas por meio das [Lac] e do menor valor glicêmico em teste incremental. Os valores encontrados foram correlacionados (LAN x LG $r=0,83$) e não apresentaram diferença significativa.

Em 2010 Rocha et al. avaliaram oito soldados em teste incremental em esteira rolante. O objetivo desse estudo foi verificar se o glicosímetro portátil utilizado seria sensível a um determinado período de treinamento militar. Dessa forma o teste incremental foi realizado no início e depois de 30, 60 e 90 dias de treinamento. O glicosímetro portátil foi sensível evidenciando melhora na capacidade aeróbia dos soldados ao longo do treinamento, principalmente entre a primeira e segunda avaliação (inicial e após 30 dias respectivamente) com uma diferença de $2 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ no LG. No entanto ficaram algumas lacunas como a não avaliação do lactato sanguíneo, o pequeno número de avaliados e não especificação do treinamento realizado no período em questão.

Ao contrário do estudo anterior, Sengoku et al. avaliaram sete nadadores de elite em uma piscina específica (swimming flume) que gera uma resistência por meio de um fluxo d'água que vai de encontro ao nadador, respeitando-se assim, a especificidade da atividade. Dois testes incrementais foram realizados, um antes e outro após o período de dez semanas de treinamento. As velocidades de nado correspondentes ao momento do aumento abrupto na [Lac], a concentração fixa de $4\text{mmol}\cdot\text{l}^{-1}$ e ao menor valor glicêmico foram comparadas nos dois momentos. Houve diferença apenas entre as velocidades determinadas pelo lactato sanguíneo. Eles então concluíram que o glicosímetro Portátil não foi sensível na detecção do efeito de dez semanas de treinamento em natação. A falta de coleta de catecolaminas e outros hormônios, assim como, e a diferença entre o padrão de utilização de carboidratos entre esportes com predomínio de braços ou pernas^{74,75,76} foram algumas hipóteses abordadas para explicar os resultados.

Os três estudos citados acima são semelhantes apenas no uso do glicosímetro portátil, suas metodologias são bem diferentes. Para que se possa confiar nos resultados e introduzi-los na rotina de treinamento são necessários estudos mais detalhados com populações diferentes e a comparação com a MFEL.

Levando em consideração algumas lacunas existentes para uso do glicosímetro portátil, dois estudos foram propostos e seus objetivos estão dispostos na página seguinte.

4. OBJETIVOS

4.1 Estudo 1

- Avaliar a reprodutibilidade das dosagens glicêmicas obtidas por glicosímetro portátil frente a um exercício progressivo.
- Comparar a intensidade de limiar glicêmico com a intensidade da máxima fase estável de lactato.

4.2 Estudo 2

- Comparar as intensidades do limiar anaeróbio determinado pelos métodos glicêmico (glicosímetro portátil), lactacidêmico e das respostas ventilatórias nas situações de normoglicemia e hiperglicemia.

5. MATERIAIS E MÉTODOS

5.1 Estudo 1

Participantes

Vinte e cinco indivíduos fisicamente ativos ($23,8 \pm 4,6$ anos, $166,4 \pm 36,8$ cm e $75,9 \pm 13,6$ quilos) participaram voluntariamente do presente estudo. Todos foram informados sobre os riscos e benefícios do estudo e somente foram incluídos nas análises aqueles que concordaram por escrito com o termo de consentimento livre e esclarecido. Os procedimentos deste estudo foram aprovados pelo comitê de ética em pesquisa da Instituição (nº 07986112.4.0000.5402) e conduzidos conforme os princípios da declaração de Helsinki.

Desenho experimental

O presente estudo foi realizado em duas etapas. A primeira etapa (n= 9) teve como objetivo testar a reprodutibilidade do LG determinado pelo método visual. Para isso, os participantes foram submetidos a dois esforços progressivos realizados até a exaustão, com um intervalo mínimo de 48h entre os testes. O objetivo da segunda etapa (n= 16) foi comparar o LG à intensidade correspondente a MFEL. Nesta etapa, além de um teste incremental, os participantes também realizaram de dois a quatro esforços com intensidade constante e duração máxima de 30min.

Todos os testes foram realizados em esteira rolante (Super ATL, Inbramed[®]) e em ambiente laboratorial (temperatura de 22 ± 1 °C). Além disso, os participantes foram instruídos a realizar a última refeição duas a três horas antes das avaliações. Após cada estágio dos testes incrementais e no protocolo de MFEL, aproximadamente 0,7µL de sangue foram coletados do lóbulo da orelha e imediatamente depositados em fitas reagentes para a determinação das [Gli] (Bioeasy[®], Biocheck_{TD-4225}). Nos esforços da MFEL, além das [Gli], foram coletados 25µL para dosagem das [Lac] e as amostras armazenadas para posterior análise (Yellow Springs Instruments, modelo 1500 Sport, Ohio, USA).

Testes incrementais

Nas duas etapas os participantes foram submetidos a um teste incremental com intensidade inicial de 7 km.h⁻¹, incrementos de 1 km.h⁻¹ a cada três minutos e inclinação constante de 1%. O teste foi realizado até a exaustão voluntária do participante. A frequência cardíaca (FC) foi monitorada

durante todo o teste (Polar®, S810i) e as [Gli] foram determinadas após cada estágio. A máxima velocidade atingida durante o teste incremental (V_{MAX}) foi assumida como a intensidade correspondente ao último estágio completo. No caso do participante ter entrado em exaustão antes de completar o estágio, a V_{MAX} foi ajustada conforme a adaptação da equação proposta por Kuipers et al. para o ciclismo.

O LG foi assumido como a intensidade correspondente a menor [Gli] seguida de um aumento sistemático e contínuo da glicemia, determinada de maneira visual¹⁵. Para isso, as [Gli] observadas ao final dos estágios foram ajustadas em função da intensidade (Figura 3).

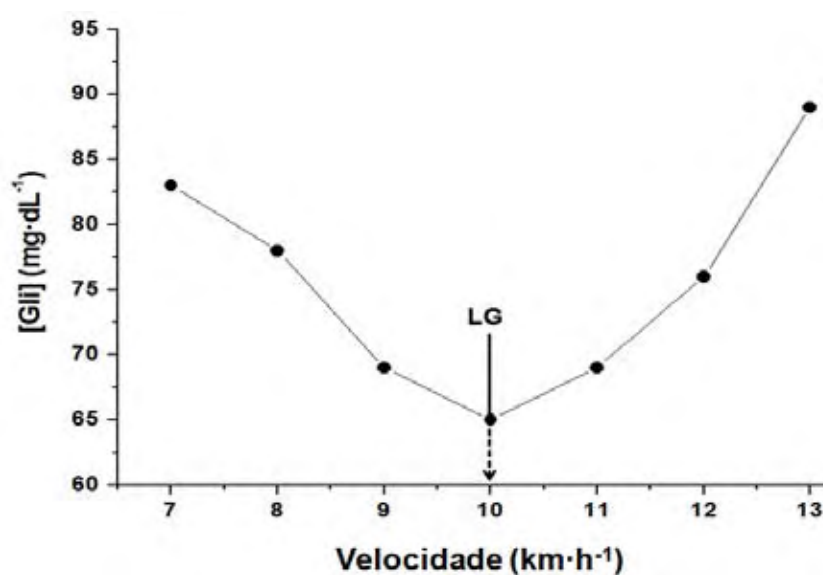


Figura 3. Comportamento individual das concentrações de glicose ([Gli]) durante um teste incremental.

Determinação da máxima fase estável de lactato (MFEL)

Para determinação da MFEL os participantes realizaram de dois a quatro esforços constantes com duração máxima de 30 min. As [Gli] e as [Lac] foram

determinadas no repouso, no décimo e no trigésimo minutos. Além disso, a percepção subjetiva de esforço (PSE) também foi monitorada durante o exercício⁸⁰. A MFEL foi assumida como a máxima intensidade de exercício em que as [Lac] apresentaram uma variação menor ou igual a 1mM de lactato, entre o décimo e o trigésimo minuto⁸¹. A intensidade do primeiro esforço constante foi correspondente ao LG. Os participantes que não apresentaram estabilização ou entraram em exaustão, realizaram outro esforço a 95% do LG, e os que apresentaram estabilização, realizaram o esforço seguinte a 105% do LG. Os ajustes nas intensidades (5%) foram repetidos até a identificação da MFEL. No caso do participante entrar em exaustão antes do termino do esforço, o tempo até a exaustão (Tlim) foi registrado

Tratamento estatístico

Os resultados estão apresentados em média $\pm$ desvio padrão. A normalidade dos dados foi testada e confirmada pelo teste de Shapiro-Wilk, o que permitiu a utilização de estatística paramétrica. Na primeira fase a reprodutibilidade do LG foi testada por meio do teste *t* de *student* para amostras dependentes, do coeficiente de correlação intraclass (ICC), do erro típico (ET) e do coeficiente de variação (CV%) (Hopkins, 2000). Os valores de LG e MFEL foram comparados pelo teste *t* de *student* para amostras dependentes, teste de correlação de Pearson e análise gráfica de Bland e Altman. Para todas as análises o nível de significância foi fixado em 5%.

5.2 Estudo 2

Participantes

Dez homens fisicamente ativos com idade estatura, massa corporal e $\text{VO}_{2\text{max}}$ de $(26,4 \pm 4,6$ anos, estatura de $177,5 \pm 7,3$ cm, massa corporal de $80,9 \pm 11,9$ kg e consumo máximo de O_2 ($\text{VO}_{2\text{MAX}}$) de $39,4 \pm 5,1$ $\text{ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$) participaram voluntariamente do presente estudo. Todos foram informados sobre os riscos e benefícios envolvidos e somente foram incluídos nas análises aqueles que concordaram com o termo de consentimento livre e esclarecido. Todos os procedimentos realizados foram aprovados pelo comitê de ética em pesquisa da Instituição (nº 07986112.4.0000.5402) e conduzidos conforme os princípios da declaração de Helsinki.

Desenho experimental

Os participantes foram submetidos a dois testes incrementais máximos separados por um intervalo de 48 horas. O primeiro esforço progressivo foi realizado em condições normoglicêmicas (NORMO; glicemia ≤ 99 $\text{mg} \cdot \text{dL}^{-1}$) e o segundo em estado hiperglicêmico (HIPER; glicemia > 99 $\text{mg} \cdot \text{dL}^{-1}$). As elevações na glicemia ([Gli]) foram induzidas por meio da ingestão de 50 gramas de carboidratos (CHO) entre líquidos (500ml – 30g de CHO) e sólidos (35g de chocolate – 20g de CHO) vinte minutos antes dos testes.

Em ambos os esforços os participantes foram instruídos a não realizar nenhuma atividade física intensa pelo menos nas 24 horas que precederam os testes. Todos mantiveram suas dietas habituais e iniciaram as avaliações após aproximadamente três horas da última refeição.

Instrumentação

Todos os testes foram realizados em ciclo ergômetro de frenagem mecânica (Biotec 2100 AC, Cefise, Brasil). As respostas ventilatórias foram monitoradas constantemente a cada respiração por meio de um analisador de gases (Quark PFT, Cosmed, Roma, Itália). O analisador foi calibrado automaticamente a partir concentrações conhecidas de oxigênio (16%) e dióxido de carbono (5%). Além disso, o ventilômetro foi calibrado utilizando uma seringa específica de três litros (Hans Rudolf, EUA). Todos os procedimentos de calibração foram conduzidos conforme as especificações do fabricante.

Para a determinação das [Gli], aproximadamente 0,7µL de sangue foram coletados do lóbulo da orelha e imediatamente depositados em fitas reagentes para a determinação das [Gli] (Bioeasy[®], Biocheck_{TD-4225}). Para determinação das concentrações de lactato ([Lac]), 25 µL de sangue foram coletados e armazenados para posterior análise (Yellow Springs Instruments modelo 1500 Sport, Ohio, USA). Após cada estágio a frequência cardíaca (FC) (Polar[®] modelo S810i) e a percepção subjetiva de esforço (PSE)⁸⁰ também foram determinadas.

Testes Incrementais

Os testes incrementais realizados em ambas as situações (NORMO e HIPER) tiveram carga inicial de 70 watts com incremento de 17 watts a cada três minutos. A cadência foi mantida em 70 revoluções por minuto (rpm) durante todo o teste. O esforço foi realizado até a exaustão voluntária ou até o participante ser incapaz de manter a cadência por mais de 20s.

O $\text{VO}_{2\text{MAX}}$ foi assumido como a maior média do consumo de oxigênio (VO_2) dos últimos 30s de exercício, quando pelo menos dois dos quatro critérios foram observados: 1) $[\text{Lac}] \geq 8\text{mM}$; 2) frequência cardíaca $\geq 90\%$ da máxima predita ($220 - \text{idade}$); 3) coeficiente respiratório (QR) $\geq 1,10$ e 4) variação no VO_2 entre o penúltimo e último estágio de exercício menor que $2,1 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$. A P_{MAX} foi considerada como a menor intensidade em que o $\text{VO}_{2\text{MAX}}$ foi atingido. Quando o quarto critério não foi atingido a P_{MAX} foi considerada como sendo a maior intensidade atingida durante o teste. No caso do participante ter entrado em exaustão antes do término do estágio, a P_{MAX} foi ajustada conforme a equação proposta por Kuipers et al. (1985).

Determinação do limiar anaeróbio

O presente estudo determinou, em ambas as situações (NORMO e HIPER), o limiar anaeróbio por meio das $[\text{Lac}]$ (LAN), das $[\text{Gli}]$ (i.e. limiar glicêmico; LG) e das trocas gasosas (i.e. ponto de compensação respiratório; PCR). Todos os métodos foram realizados por inspeção visual e a moda entre três avaliadores foi utilizada para as análises.

As $[\text{Gli}]$ e as $[\text{Lac}]$ foram ajustadas em função da intensidade. O LG foi assumido como a intensidade correspondente a menor $[\text{Gli}]$ seguida de um aumento abrupto e sistemático da glicemia¹⁵. O LAN foi considerado como a intensidade em que um aumento abrupto nas $[\text{Lac}]$ foi evidenciado. O equivalente ventilatório de CO_2 (VE/CO_2) foi plotado em função do tempo, sendo o PCR assumido como o ponto a partir do qual ocorreu um aumento abrupto e sistemático da relação.

Análise Estatística

A normalidade dos dados foi confirmada pelo teste de Shapiro Wilk. Além disso, esfericidade dos dados foi determinada por meio teste de Mauchley, sendo corrigida pelo teste de Greenhouse-Geiser, quando necessário. As possíveis diferenças entre os métodos de determinação do limiar anaeróbio nas duas situações (NORMO e HIPER) foram testadas por meio da análise de variância para medidas repetidas, seguida do post-hoc de Tukey.

As possíveis foram verificadas pelo teste de correlação de Pearson. Para todas as análises o nível de significância foi fixado em $p < 0,05$.

6. RESULTADOS

6.1 ESTUDO 1

Primeira etapa

A glicemia observada no repouso não foi diferente nas situações teste ($83,6 \pm 11,3 \text{ mg} \cdot \text{dL}^{-1}$) e reteste ($85,3 \pm 9,3 \text{ mg} \cdot \text{dL}^{-1}$), assim como, as [Gli] em cada estágio durante os dois testes incrementais (Figura 4). Além disso, os valores de frequência cardíaca máxima (teste= $186,4 \pm 12,7 \text{ bpm}$ e reteste= $185,4 \pm 15,2 \text{ bpm}$), [Gli] pico (teste= $87,3 \pm 13,5 \text{ mg} \cdot \text{dL}^{-1}$ e reteste= $81,7 \pm 15,3 \text{ mg} \cdot \text{dL}^{-1}$) e V_{MAX} (teste= $13,6 \pm 2,3 \text{ k} \cdot \text{h}^{-1}$ e reteste= $13,4 \pm 2,2 \text{ k} \cdot \text{h}^{-1}$), também não apresentaram diferenças significativas entre os testes incrementais.

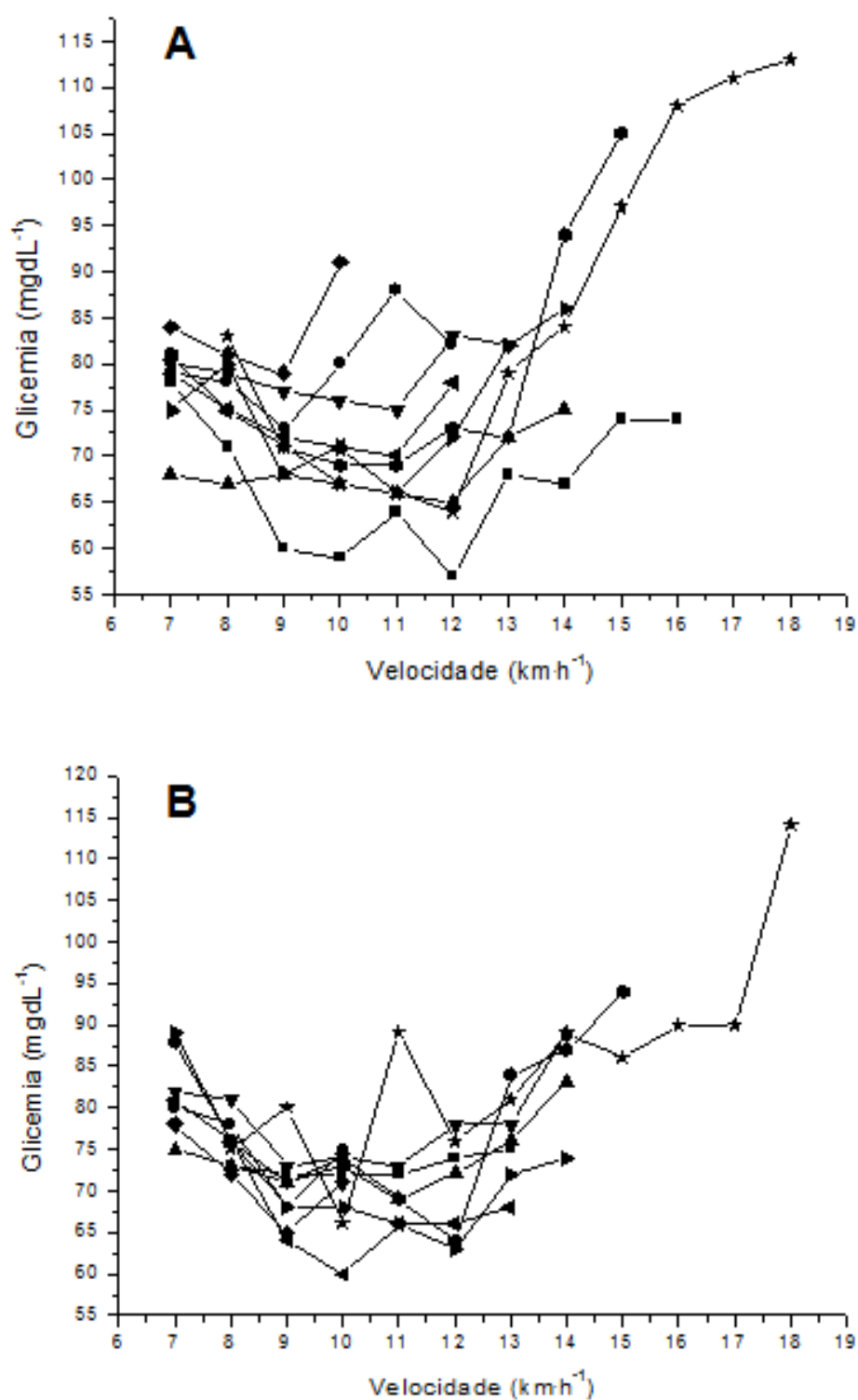


Figura 4. Comportamento individual das concentrações de glicose ([Gli]) durante o teste incremental nas situações teste (A) e reteste (B).

A intensidade e as variáveis fisiológicas correspondentes ao LG (FC, [Gli] e percentual da V_{MAX} ($\%V_{MAX}$)), não foram significativamente diferentes entre as situações teste e reteste (Tabela 1). Além disso, significativas correlações foram observadas entre as situações e baixos valores de ET e CV% foram evidenciados (Tabela 1).

Tabela 1. Valores médios $\pm$ desvio-padrão, coeficiente de correlação intraclasse (ICC) e o erro típico (ET) e do coeficiente de variação (%CV) das variáveis correspondentes ao limiar glicêmico (LG) observadas nas situações teste e reteste.

	Teste	Reteste	ICC	ET	CV%
LG ($\text{Km}\cdot\text{h}^{-1}$)	11,0 $\pm$ 1,2	10,8 $\pm$ 1,2	0,85*	0,67	6,12
FC _{LG} (bpm)	167,0 $\pm$ 16,3	164,9 $\pm$ 14,1	0,83*	8,81	5,31
[Gli] _{LG} ($\text{mg}\cdot\text{dL}^{-1}$)	69,1 $\pm$ 6,7	67,8 $\pm$ 5,2	-0,35	7,00	14,5
$\%V_{MAX}$	81,9 $\pm$ 7,7	80,9 $\pm$ 7,2	0,76*	5,17	6,35

LG: intensidade; FC_{LG}: frequência cardíaca; [Gli]_{LG}: concentrações de glicose; $\%V_{MAX}$: percentual da velocidade máxima atingida no teste incremental; * Correlação significativa ($p < 0,05$).

Segunda Etapa

A glicemia de repouso observada no teste incremental foi de 84,7 $\pm$ 7,9 $\text{mg}\cdot\text{dL}^{-1}$. A V_{MAX} , FC máxima e a [Gli] pico foram de 13,2 $\pm$ 1,6 $\text{Km}\cdot\text{h}^{-1}$, 189,8 $\pm$ 16,2 bpm e 95 $\pm$ 13,4 $\text{mg}\cdot\text{dL}^{-1}$ respectivamente.

A tabela 2 apresenta os valores de intensidade e das variáveis fisiológicas relativas ao LG e a MFEL. Nenhuma diferença significativa foi observada entre as duas metodologias. Entretanto, nove indivíduos entraram em exaustão ($T_{lim} = 19,0 \pm 4,1$ min) e dois não apresentaram estabilização nas [Lac] durante o esforço de 30 min na intensidade correspondente ao LG

(Figura 6). Desse modo, o LG subestimou em quatro (de 5 a 15%), superestimou em onze (de 5 a 30%) indivíduos, e correspondeu a MFEL em apenas um indivíduo. A figura 5 demonstra o comportamento individual das [Lac] durante o esforço de 30min com intensidade correspondente ao LG e a figura 6 demonstra esta variável no esforço em que a MFEL foi identificada.

Além disso, as correlações observadas entre as intensidades relativas ao LG e a MFEL foram apenas moderadas, o que não ocorreu entre as variáveis fisiológicas (Tabela 2). Adicionalmente, embora a análise de concordância tenha demonstrado uma dispersão homogênea e uma diferença média próxima a zero ($0,5 \text{ Km}\cdot\text{h}^{-1}$), os limites de concordância (95%) demonstram que o erro entre o LG e a MFEL pode chegar a $2,8 \text{ Km}\cdot\text{h}^{-1}$ (Figura 7).

Tabela 2. Valores médios $\pm$ desvio-padrão, a diferença percentual ($\Delta\%$) e o coeficiente de correlação de Pearson (r), das variáveis correspondentes ao limiar glicêmico (LG) e a máxima fase estável de lactato (MFEL).

	LG	MFEL	$\Delta\%$	r
INT ($\text{Km}\cdot\text{h}^{-1}$)	$10,7 \pm 1,6$	$10,2 \pm 1,5$	$0,9 \pm 0,7$	$0,70^*$
FC (bpm)	$175,7 \pm 11,2$	$172,2 \pm 7,2$	$9,9 \pm 6,0$	$0,30$
[Gli] ($\text{mg}\cdot\text{dL}^{-1}$)	$76,8 \pm 7,4$	$77,6 \pm 8,9$	$7,5 \pm 5,9$	$0,29$
[Lac] (mM)	$4,3 \pm 1,8$	$4,1 \pm 1,1$	$1,3 \pm 1,0$	$0,40$
PSE	$14,2 \pm 2,1$	$15,0 \pm 1,2$	$2,1 \pm 1,8$	$-0,19$
$\%V_{\text{MAX}}$	$80,8 \pm 6,8$	$77,1 \pm 5,1$	$7,5 \pm 5,6$	$-0,09$

INT: intensidade; FC: frequência cardíaca; [Gli]: concentrações de glicose; [Lac]: concentrações de lactato; $\%V_{\text{MAX}}$: percentual da velocidade máxima atingida no teste incremental; * Correlação significativa ($p < 0,05$).

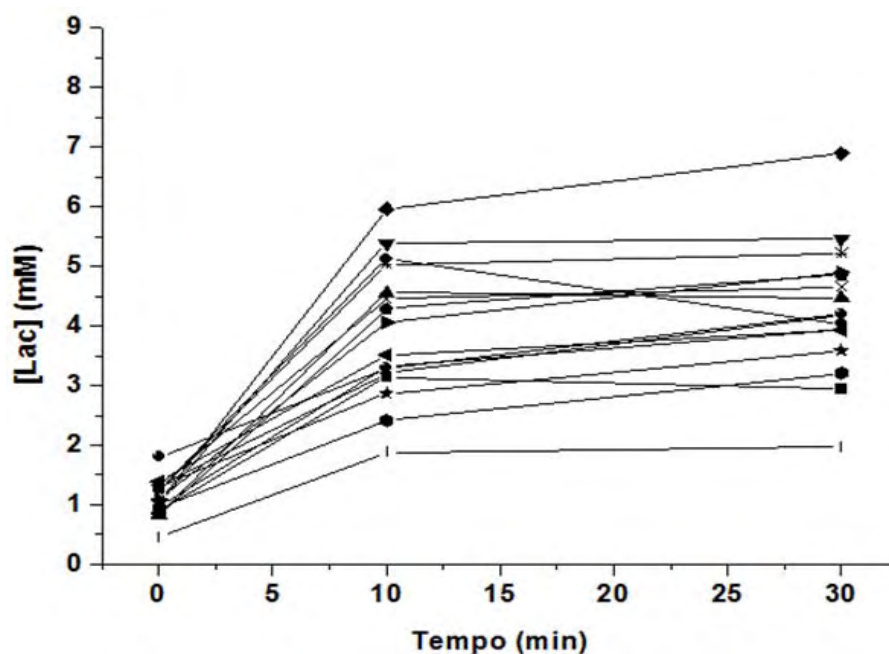


Figura 5. Comportamento individual das concentrações de lactato ([Lac]) durante o esforço constante com duração de 30min na intensidade correspondente a máxima fase estável de lactato.

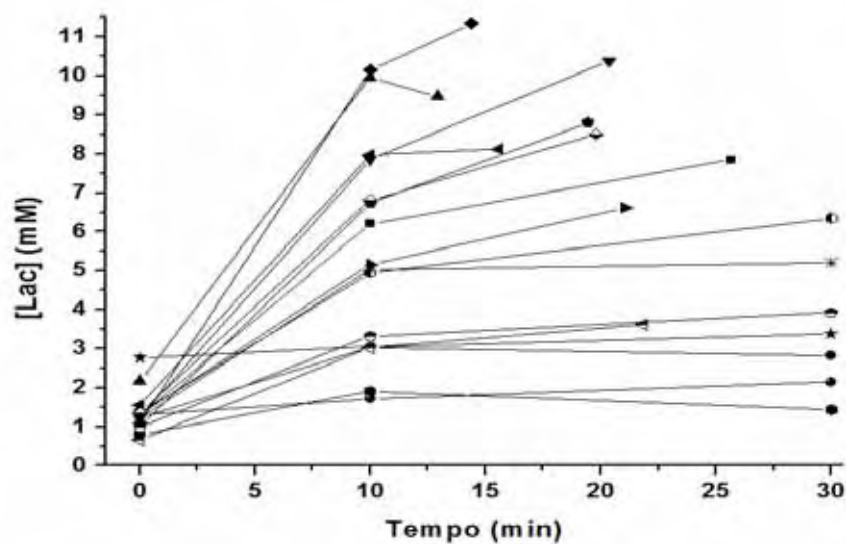


Figura 6. Comportamento individual das [Lac] durante o esforço constante com duração de 30min e intensidade correspondente ao LG.

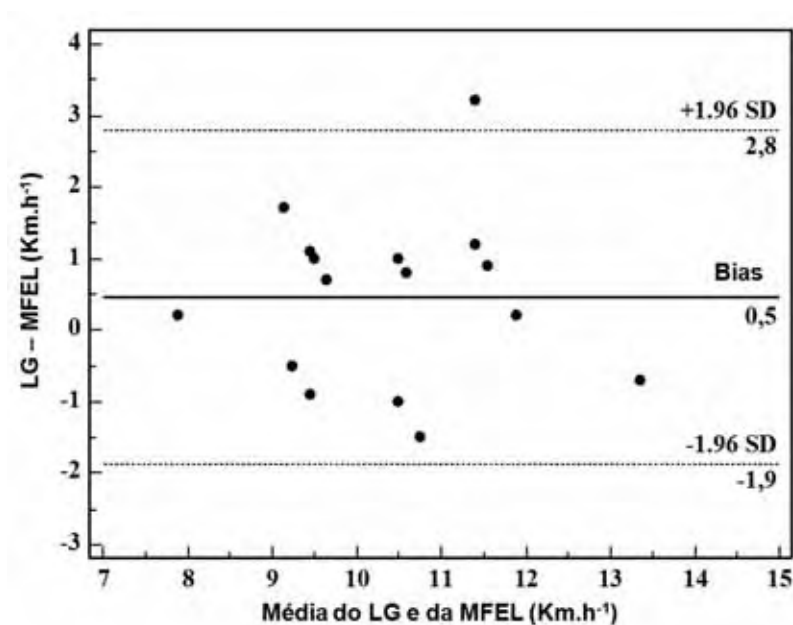


Figura 7. Análise gráfica da concordância entre as intensidades correspondentes ao limiar glicêmico (LG) e a máxima fase estável de lactato (MFEL).

6.2 ESTUDO 2

A tabela 3 apresenta as variáveis correspondentes aos testes incrementais realizados nos momentos NORMO e HIPER. Apenas as [Gli] e [Lac] no repouso foram diferentes entre os dois momentos ([Gli]= 25% e [Lac]= 50% maiores na situação HIPER). No momento NORMO foi possível a identificação do LG em todos os participantes (Figura 8). Entretanto, no momento HIPER o LG foi identificado em apenas seis participantes. A figura 9 demonstra o comportamento individual das [Gli] durante o teste incremental realizado no momento HIPER.

Tabela 3. Valores médios $\pm$ desvio padrão, das variáveis avaliadas nos testes incrementais nos momentos de normoglicemia (NORMO) e hiperglicemia (HIPER).

	NORMO	HIPER
QR _{MAX}	1,1 $\pm$ 0,1	1,1 $\pm$ 0,1
FC _{MAX} (bpm)	175,4 $\pm$ 13,0	179,1 $\pm$ 12,1
[Lac] _{REP} (mM)	0,89 $\pm$ 0,2	1,83 $\pm$ 0,4*
[Lac] _{P_{MAX}} (mM)	8,0 $\pm$ 2,4	9,0 $\pm$ 2,8
[Gli] _{REP} (mg/dL)	86,4 $\pm$ 7,2	114,7 $\pm$ 16,3*
[Gli] _{P_{MAX}} (mg/dL)	81,9 $\pm$ 10,6	71,5 $\pm$ 9,8
P _{MAX} (w)	180,5 $\pm$ 23,0	180,5 $\pm$ 26,9
VO _{2MAX} (ml/kg/min)	38,9 $\pm$ 5,0	39,9 $\pm$ 5,1
PSE _{MAX}	19,5 $\pm$ 1,0	19,5 $\pm$ 1,6

QR_{MAX}: coeficiente respiratório máximo; FC_{MAX}: frequência cardíaca máxima; [Lac]_{REP}: concentração de lactato sanguíneo no repouso; [Lac]_{P_{MAX}}: concentração de lactato sanguíneo no último estágio; [Gli]_{REP}: glicemia no repouso; [Gli]_{P_{MAX}}: : glicemia no último estágio; P_{MAX}: potência máxima; VO_{2MAX}: consumo máximo de oxigênio; PSE_{MAX}: percepção subjetiva de esforço no último estágio. * diferença estatística em relação ao momento NORMO.

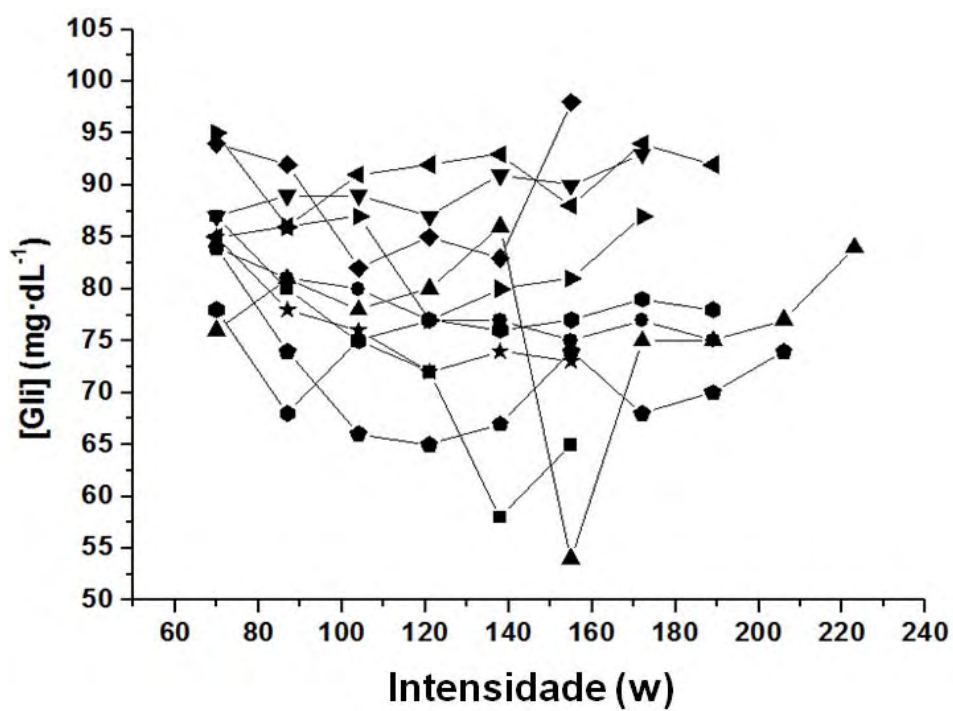


Figura 8. Comportamento individual das concentrações de glicose ($[Gli]$) observado durante o teste incremental realizado em condição normoglicêmica.

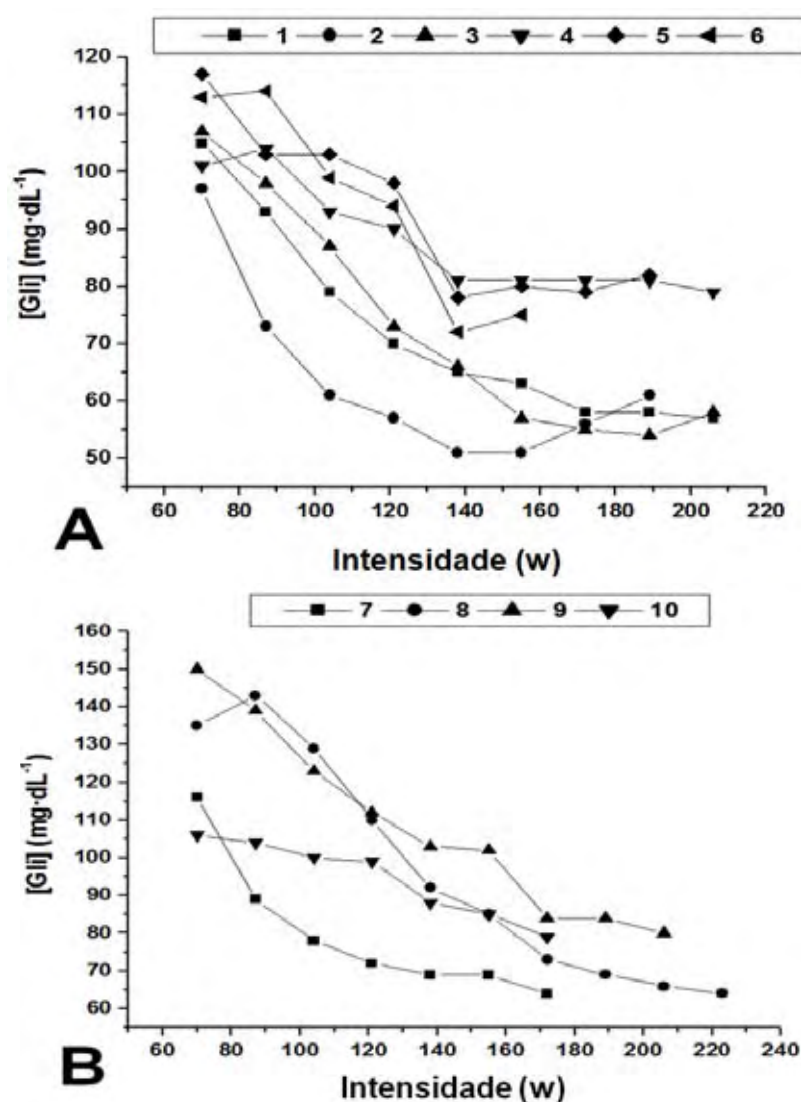


Figura 9. Comportamento individual das concentrações de glicose ([GII]) observadas durante o teste incremental realizado em hiperglicemia (**A**= participantes em que o limiar glicêmico (LG) foi determinado; **B**= participantes em que não foi possível a determinação do LG).

A tabela 4 apresenta os valores de velocidade e das variáveis fisiológicas relacionadas ao LG, PCR e ao LAN. Apenas o PCR e o LAN, não foram diferentes e apresentaram correlações significativas ($r = 0,85$ e $r = 0,65$, respectivamente) entre as duas situações. O LG determinado nas situações NORMO e HIPER não foram diferentes estatisticamente, mas não

apresentaram correlações significativas ($r= 0,63$; $p=0,18$). Além disso, o LG determinado nas duas situações foi significativamente correlacionado apenas ao LAN (Tabela 5). O percentual de sucesso na determinação do LG na situação NORMO foi de 100%, enquanto que na situação HIPER de 60%.

Tabela 4. Valores médios $\pm$ desvio padrão, das intensidades e das variáveis fisiológicas relacionadas ao limiar anaeróbico (LAN), ao ponto de compensação respiratório (PCR) e ao limiar glicêmico (LG), determinados nos momentos normoglicêmicos (NORMO) e hiperglicêmicos (HIPER).

Método	Momento	Pot (w)	FC (bpm)	%P _{MAX}	PSE
LAN	NORMO	124,4 $\pm$ 20,9	145,9 $\pm$ 15,3	69,0 $\pm$ 8,8	15,4 $\pm$ 3,3
	HIPER	126,1 $\pm$ 19,7	149,2 $\pm$ 16,7	70,4 $\pm$ 9,9	15,9 $\pm$ 2,8
PCR	NORMO	138,0 $\pm$ 20,3	151,6 $\pm$ 19,0	78,5 $\pm$ 8,8	16,1 $\pm$ 1,4
	HIPER	139,9 $\pm$ 21,6	159,2 $\pm$ 17,0	78,5 $\pm$ 10,9	15,9 $\pm$ 0,8
LG	NORMO	136,3 $\pm$ 24,6	151,3 $\pm$ 15,0	76,0 $\pm$ 12,8	15,7 $\pm$ 2,1
	HIPER	157,8 $\pm$ 36,3	165,7 $\pm$ 14,9	85,5 $\pm$ 8,7	15,7 $\pm$ 2,9

Pot: potência; FC: frequência cardíaca (FC); %P_{MAX}: percentual da potência máxima atingida durante o teste incremental; PSE: percepção subjetiva de esforço. Obs: os valores de LG demonstrados na situação HIPER, foram evidenciados em apenas seis participantes.

Tabela 5. Coeficientes de correlação Pearson observados entre o limiar glicêmico (LG) e outros métodos de determinação da capacidade aeróbia, evidenciados nos momentos normoglicêmicos (NORMO) e hiperglicêmicos (HIPER).

	LG	
	NORMO	HIPER
LAN	0,68*	0,87*
PCR	0,39	0,78

LAN: limiar anaeróbio; PCR: ponto de compensação respiratório. * $p < 0,05$

7. DISCUSSÃO

7.1 ESTUDO 1

Os principais achados do presente estudo demonstram que o LG determinado por meio de glicosímetro portátil, embora seja uma metodologia reprodutível, apresenta apenas correlações moderadas e uma variabilidade bastante elevada em relação aos valores de MFEL.

O comportamento esperado das [Gli] frente a um exercício progressivo máximo apresenta duas fases distintas e é descrito na literatura como em forma de “U”¹⁵ (Figura 3). No início do exercício a glicemia diminui devido ao consumo aumentado de glicose pela musculatura em atividade¹⁹, e no decorrer do teste alguns hormônios hiperglicemiantes como catecolaminas, hormônio do crescimento, glucagon e o cortisol são secretados, estimulando a glicogenólise hepática e fazendo a glicemia voltar a subir^{17,49,51,62,63,64,66}. Nas duas etapas do presente estudo foram encontrados um comportamento semelhante ao citado acima, permitindo a determinação do LG em todos os participantes.

A principal justificativa para esse comportamento glicêmico se dá pela associação da liberação das catecolaminas (em especial a adrenalina) com a glicogenólise hepática e a produção de lactato^{17,47,49,50,51,61,67}. Mazzeo et al. encontraram em corredores e ciclistas, correlação de $r = 0,97$ entre limiar de catecolaminas e de lactato. Balikian et al. reforçaram estes achados em indivíduos com e sem o uso de medicamentos bloqueadores dos receptores β -adrenérgicos, mostrando que tanto as [Lac] quanto a [Gli] foram afetadas, impossibilitando a determinação do LG.

Na primeira etapa do presente estudo, as [Gli] no repouso, em cada estágio e no LG não foram diferentes, assim como FC e V_{MAX} . Além disso, as variáveis LG, FC_{LG} e $\%V_{MAX}$ foram correlacionadas positivamente (0,85; 0,83 e 0,76 respectivamente), mostrando fortes associações entre os dois momentos. O ET encontrado entre as intensidades de LG ($0,67 \text{ Km}\cdot\text{h}^{-1}$) no teste e reteste foi inferior ao incremento de cada estágio, evidenciando uma pequena variação individual do LG entre as duas situações.

Além da reprodutibilidade das medidas, o ET pode ser utilizado para interpretação de dados referentes a modelos de treinamento, pois a partir desta medida é possível diferenciar eventuais erros de mensuração dos reais efeitos provocados pelo programa de treinamento⁸². Neste sentido, a partir dos resultados do presente estudo, pode-se especular que Rocha et al. estavam corretos ao indicar a sensibilidade do LG determinado por meio de glicosímetro portátil ao treinamento militar, pois além de significativa, a variação média encontrada por estes autores ($2,5 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$) foi superior ao ET de $0,67 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ observado no presente estudo.

A segunda etapa do presente estudo demonstrou que, embora os valores não tenham sido significativamente diferentes, os valores de LG podem explicar apenas 49% da variação ($r = 0,70$) na intensidade correspondente a MFEL. Sotero et al., discordando destes achados, observaram correlações muito fortes entre a glicemia mínima e MFEL ($r = 0,95$) em corredores avaliados na pista. Simões et. al. avaliaram a influência desse esforço prévio na determinação do LG, apresentando fortes correlações entre os métodos e sem diferenças significativas entre as intensidades determinadas tanto por dosagens das [Lac] como [Gli].

No entanto, os estudos supra citados analisaram a glicemia pelo método tradicional (laboratorial) e poucos realizaram comparações tendo a MFEL como referência^{12,13,14,16,17,19}. Malachias et al. utilizaram glicosímetro portátil e compararam as intensidades de limiar anaeróbio por [Lac] e [Gli], e também encontraram forte correlação ($r = 0,83$).

Neste sentido, embora o presente estudo não tenha observado diferenças significativas e valores correlacionados entre o LG e a MFEL, a análise da concordância entre estes valores demonstrou que a diferença entre estas metodologias pode chegar a $2,8 \text{ Km} \cdot \text{h}^{-1}$, o que consideramos bastante relevante, sobretudo para a prescrição do treinamento. Deixando clara a necessidade de novos estudos com outras populações, controle dietético e análises específicas para comparação de métodos.

Desse modo, a partir dos resultados do presente estudo, pode-se concluir que o LG determinado por glicosímetro portátil apresenta boa reprodutibilidade em indivíduos fisicamente ativos. Entretanto, mesmo com valores médios semelhantes e correlacionados, a grande amplitude dos

intervalos de confiança observados na análise de concordância impossibilita a utilização do LG para a estimativa da MFEL.

7.2 ESTUDO 2

O presente estudo comparou as intensidades de LG determinadas por glicosímetro portátil com as intensidades de LAN e PCR em dez indivíduos fisicamente ativos, nas condições de normoglicemia e hiperglicemia. Nenhuma diferença significativa foi encontrada entre os três métodos nas duas situações, no entanto a condição hiperglicêmica impossibilitou a determinação do LG em 40% dos indivíduos, evidenciando alteração significativa do comportamento glicêmico em teste progressivo no cicloergômetro após hiperglicemia induzida por 50g de carboidratos.

A ingestão de CHO antes do exercício fornece maior aporte de glicose para as contrações musculares, no entanto seu efeitos na melhora do desempenho ainda são contraditórios^{83,84,85,86,87,88,89,90,91,92,93,94,95}, assim como, a magnitude das respostas fisiológicas geradas após sua ingestão. Considerando que as maiores concentrações sanguíneas de insulina e glicose ocorrem aproximadamente 30min após a ingestão de CHO^{94,95,96} é provável que elas interfiram nas respostas fisiológicas ao longo do exercício. Moseley et al. compararam as concentrações de insulina plasmática e [Gli] após 15, 45 e 75min da ingestão de CHO, mostrando que os valores foram significativamente maiores após 15min. Comportamento semelhante ao encontrado no presente estudo, onde as [Gli] foram significativamente maiores após 20min da ingestão de CHO (NORMO= 86,4±7,2 e HIPER= 114,7±16,3

mg·dL⁻¹), permanecendo elevadas até o início do terceiro estágio (após 6 minutos de teste). Isso evidencia que a hiperglicemia foi atingida.

Não obstante, as [Gli] diferirem no repouso e nos estágios 1, 2 e 7 entre as duas situações, as intensidades determinadas pelos três métodos não foram diferentes, e correlações significativas foram encontradas. No entanto, o LG não foi correlacionado nos dois momentos, e não foi identificado em 40% da amostra na situação HIPER. Apesar desse estudo não ter dosado hormônios importantes como insulina, glucagon e as catecolaminas, o comportamento das [Gli] observado na situação HIPER pode ser decorrente da hiperinsulinemia acarretada pela ingestão prévia de CHO, e está muitas vezes associada a uma rápida queda nas [Gli], diminuições na lipólise e glicogenólise hepática no começo do exercício^{79,83,97,98}. Kuipers et al. mostraram que doses de 50g de CHO, como a utilizada no presente estudo, podem causar maiores reduções nas [Gli] quando comparadas a 40, 60, 70 e 80g. Koivisto et al. mostraram que a queda nas [Gli] no início do exercício após ingestão de CHO, foi diretamente proporcional a elevação glicêmica ($r=0,81$) e insulinêmica ($r=0,82$).

As elevadas [Gli] estimulam maiores liberações de insulina, tornando maior a razão insulina/glucagon e gerando queda na lipólise e glicigenólise^{98,99,100}. Esse conjunto de reações, juntamente com a contração muscular pode aumentar a captação de CHO⁹⁹ e refletir nas [Lac], como aconteceu nesse estudo. As [Lac] foram significativamente superiores no repouso e nos estágios seguintes (com exceção do 6º, 7º e 9º). Ainda assim, as [Lac] médias no momento da exaustão não foram diferentes (NORMO=

8,0±2,4mM e HIPER= 9,0±2,8mM), bem como, a Pmax, VO2max, FCmax, QRmax, PSE e os percentuais do LG em o LAN e PCR foram atingidos.

Embora os resultados não evidenciem diferenças entre os métodos, a não determinação do LG em 4 dos 10 participantes deve ser considerada. Esse comportamento glicêmico está relacionado a interação entre os mecanismos de captação e liberação de glicose. Hormônios como a insulina, glucagon e as catecolaminas são os principais atuantes, e ao alterá-los, a dinâmica de fornecimento de energia se altera. Estudos anteriores afirmam que uma sessão aguda de exercício aeróbico submáximo, aumenta a captação de glicose por 2 a 48h pós exercício^{79,97,103} e a sensibilidade a insulina em até 72h⁹⁷. No presente estudo, o teste incremental na situação HIPER foi realizado 48h após o da situação NORMO, por isso, é provável que a hiperglicemia induzida, tenha se somado a maior atividade dos mecanismos de captação de glicose gerados pelo primeiro teste e com isso influenciado o comportamento das [Gli]. Além da queda acentuada, nesses indivíduos não foi encontrada inflexão e o aumento sistemático esperado nas [Gli].

O ponto de inflexão e a consequente elevação da [Gli] em testes progressivos está associado a ação de hormônios hiperglicemiantes nos tecidos hepático e muscular. Balikian et al. mostraram que após o uso de medicamento β -bloqueador, não foi possível determinar o LG, devido a queda constante nas [Gli]. A ação dos hormônios adrenalina e glucagon têm influência direta na glicogenólise hepática, por sua vez, a produção de glucagon é inibida por elevadas concentrações de insulina e glicose, e uma maior razão insulina/glucagon pode promover a utilização de parte da glicose circulante, para o fornecimento de energia para o metabolismo hepático e

simultaneamente a gliconeogênese. Dessa forma, é possível q o processo de liberação de glicose pelo fígado tenha sido retardado e o equilíbrio entre sua captação e liberação comprometido. Essas reações podem ter interferido na manifestação da inflexão necessária para determinação do LG.

Em resumo, as intensidades determinadas pelos métodos LG, LAN e PCR não diferiram significativamente nas situações de normoglicemia e hiperglicemia. No entanto o LG não foi correlacionado nos dois momentos, e não foi possível sua determinação em 40% da amostra na situação HIPER. Para os próximos estudos alguns cuidados devem ser considerados, como: controle dietético, dosagens hormonais e utilização de glicosímetros laboratoriais para efeito de comparação.

8. Discussão Final

O objetivo desse estudo foi verificar se um medidor portátil de glicemia pode ser utilizado para avaliação da capacidade aeróbia. Os dois estudos apresentados mostraram que as medidas fornecidas pelo glicosímetro portátil foram reprodutíveis e não foram significativamente diferentes da intensidade de MFEL em esteira rolante. No cicloergômetro as intensidades de LG, LAN e PCR também não diferiram nas situações de normoglicemia e hiperglicemia.

Ao longo dos anos vários estudos têm contribuído para o processo de validação das dosagens glicêmicas para avaliação da capacidade aeróbia. A base teórica indica forte relação entre a liberação de hormônios hiperglicemiantes com limiar anaeróbio determinado pelos métodos lactacidêmicos e ventilatórios. Simões et al. mostraram com corredores em teste de pista que o LG determinado pelo protocolo de lactato mínimo e limiar

anaeróbio individual não foram diferentes e foram positivamente correlacionados. Os dois métodos comparados são compostos de exercícios progressivos, mas o lactato mínimo necessita de um esforço máximo prévio. Simões et. al. avaliaram a influência desse esforço máximo na determinação do LG, e mostraram fortes correlações sem diferenças significativas entre as intensidades determinadas por dosagens das [Lac] e [Gli], com e sem o esforço prévio ao teste progressivo.

Um passo importante na validação de um índice fisiológico é a comparação com o método mais confiável, considerado padrão ouro (neste caso, para capacidade aeróbia). Com esse intuito, Sotero et al. analisaram os valores obtidos pelos métodos de lactato mínimo, glicemia mínima e a MFEL em protocolo de pista, apresentando correlações muito fortes entre a glicemia mínima e MFEL ($r = 0,95$). De acordo com estudos anteriores, parece que o LG determinado por aparelhos laboratoriais já está bem estabelecido^{12,13,14,15,16,17,18} contudo, sua aplicabilidade ainda é restrita. Por isso, este projeto optou pela utilização de um instrumento portátil de fácil aquisição.

O LG determinado por glicosímetros portáteis ainda não foi validado. Os resultados dessa pesquisa evidenciaram valores reprodutíveis com pequeno CV% (6,12%) e ET ($0,47 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$). E também com correlação significativa com o padrão ouro (MFEL) ($r = 0,71$). Ainda assim, pesquisas anteriores mostram resultados conflitantes, dificultando ainda mais a escolha na utilização desta metodologia.

Malachias et al. (2007) avaliaram de 11 indivíduos sedentários em cicloergômetro e compararam as intensidades de LAN e LG, encontrando

corelação (LAN x LG $r=0,83$) sem diferenças estatísticas. Em 2010 Rocha et al. com o objetivo de verificar a sensibilidade desse instrumento a um determinado período de treinamento militar, avaliaram nove soldados, por meio de teste incremental em esteira, mostrando diferença de $2 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ no LG após 30 dias de treinamento militar. Esses resultados de Rocha et al. (2010) indicaram sensibilidade do glicosímetro portátil, apesar da limitação de não terem avaliado as [Lac].

Ao contrário dos resultados positivos relacionados acima, um estudo de Sengoku et al. (2011) e outro de Mendes et al. (2011) não apresentaram sensibilidade ao treinamento de natação e concordância com a MFEL respectivamente. Dados que reforçam os achados do presente estudo, que apesar apresentarem correlação significativa e não diferença entre as intensidades de LG e MFEL a análise de concordância apontou uma variação que pode chegar a $2,8 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$. Esse valor de variação é muito alto para que se possa utilizar o LG obtido por meio de glicosímetro portátil em alternativa aos métodos já validados. Ainda assim, a boa reprodutibilidade e a não diferença de FC, [Gli], [Lac], PSE e $\%V_{\text{MAX}}$ no LG e MFEL indicam que as duas intensidades causaram um estresse fisiológico semelhante.

Além das comparações usuais para a validação dessa nova ferramenta, o presente estudo também considerou as alterações fisiológicas causadas pelas diferentes [Gli] no início do exercício. Dessa forma, foram avaliados o LG, LAN e PCR em dez indivíduos nas situações de normoglicemia (NORMO; glicemia $\leq 99 \text{ mg}\cdot\text{dL}^{-1}$) e hiperglicemia (HIPER; glicemia $> 99 \text{ mg}\cdot\text{dL}^{-1}$). Diferente do estudo anterior, os dois testes progressivos foram executados em cicloergômetro com intervalo de 48h entre eles. As intensidades determinadas

pelos três métodos nas duas situações não diferiram e apresentaram correlação significativa, com exceção do LG (NORMO e HIPER). O comportamento glicêmico na situação hiperglicêmica impossibilitou a determinação do LG em 40% dos participantes.

O estímulo gerado no primeiro teste incremental (NORMO) pode ter aumentado a captação de glicose pelas células musculares, e a sensibilidade a insulina^{79,97,103}. Dessa forma, a elevação de insulina que ocorre naturalmente após a ingestão de carboidratos (CHO) pode ter se somado aos efeitos do teste anterior. Estudos anteriores demonstraram que em situação de hiperglicemia as concentrações de insulina se elevam gerando maior utilização de CHO e diminuindo a glicogenólise hepática, lipólise e a liberação de glucagon¹⁰⁴. A associação desses fatores contribui para uma queda significativa nas [Gli] e pode ter influenciado o comportamento glicêmico impossibilitando a determinação do LG em alguns indivíduos. No entanto, as respostas as altas [Gli] são dependentes de fatores biológicos individuais, ou seja, a dimensão das repostas a hiperglicemia não é igual em todas as pessoas^{106,108,109}.

Uma das hipóteses para o ponto de inflexão no comportamento das [Gli] é a liberação das catecolaminas que estimulam a glicogenólise hepática e inibem a liberação de insulina, tornando disponível uma maior quantidade de glicose e fazendo as [Gli] se elevarem outra vez. A produção e liberação total de adrenalina está associada a massa muscular ativa. Exercícios de braço são reconhecidos por aumentar a liberação de catecolaminas e a glicogenólise hepática¹⁰⁸. Kjaer et al. (1991) relataram concentrações de

adrenalina e lactato sanguíneo significativamente maiores em exercícios que mobilizaram braço e perna do que os que utilizaram só perna.

É possível que os mecanismos fisiológicos resultantes da hiperglicemia juntamente com a maior captação de glicose, sensibilidade a insulina e a utilização predominante da massa muscular do membro inferior, possa ter retardado (e/ou lentificado) os efeitos regulatórios para elevação das [Gli].

Conclusões

A partir dos estudos apresentados podemos concluir que as intensidades e variáveis fisiológicas obtidas por meio do glicosímetro portátil foram reprodutíveis e correlacionadas com a MFEL. No entanto, a análise de concordância mostrou que o LG pode superestimar a MFEL em até $2,8 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ em testes na esteira rolante. Dessa forma, essa metodologia ainda não é indicada para avaliações que necessitem de um nível de precisão elevado.

Nos testes realizados no cicloergômetro (estudo 2) o LG não foi diferente do LAN e PCR nas situações de normoglicemia e hiperglicemia, porém o comportamento das [Gli] na hiperglicemia impossibilitou a determinação do LG em 40% dos participantes, mostrando que sua manifestação pode ser dependente do estado glicêmico anterior ao exercício.

Frente ao exposto, é importante que os estudos futuros contemplem outras análises para melhor responder as dúvidas referentes ao uso desse novo instrumento. A análise das concentrações glicêmicas pelo método convencional (laboratorial) deve ser adicionada para efeito de comparação. O controle dietético e as diferentes [Gli] anterior ao exercício devem ser considerados, assim como, a dosagem de hormônios.

Referências Bibliográficas

1. Artero Eg, Lee Dc, Lavie Cj, España-Romero V, Sui X, Church Ts, Blair Sn. Effects of Muscular Strength On Cardiovascular Risk Factors And Prognosis. J Cardiopulm Rehabil Prev. Aug 17 2012.
2. Ho Ss, Dhaliwal Ss, Hills Ap, Pal S. BMC Public Health. The Effect Of 12 Weeks Of Aerobic, Resistance Or Combination Exercise Training On Cardiovascular Risk Factors In The Overweight And Obese In A Randomized Trial. ;12(1):704 Aug 28 2012.
3. Gremeaux V, Gayda M, Lepers R, Sosner P, Juneau M, Nigam A. Exercise and Longevity. J. Maturitas. Pii: S0378-5122(12)00301-5 Oct 10 2012.
4. Taylor, H. L.; Buskirk, E. R.; Henschel, A. Maximal Oxygen Intake As An Objective Measure Of Cardiorespiratory Performance. Journal Of Applied Physiology, V.8, P. 73-80, 1955.
5. Mitchell J. H., Sproule B. J., Chapman C. B. The Physiological Meaning Of The Maximum Oxygen Intake Test. Journal Of Clinical Investigation, V. 37, P. 538-547, 1958.
6. Coyle, E. F. Integration Of The Physiological Factors Determining Endurance Performance Ability. Exercise And Sport Sciences Reviews, V.23, P. 25-63, 1995.
7. Weltman, A. The Blood Lactate Response To Exercise. Champaign, IL. Human Kinetics, 1995.
8. Baldwin, J.; Snow, R. J.; Febbraio, M. A. Effect Of Training Status And Relative Exercise Intensity On Physiological Responses In Men. Medicine and Science In Sports And Exercise, V. 32, N. 9, P. 1648-54. Issn 0195-9131 Sep 2000
9. Bodner, M. E.; Rhodes, E. C. A Review Of The Concept Of The Heart Rate Deflection Point. Sports Medicine, Auckland, V. 30, N. 1, P. 31h46, 2000.
10. Passelergue, P. A.; Cormery, B.; Lac, G.; Leger, L. A. Utility Of The Conconi's Heart Rate Deflection To Monitor The Intensity Of Aerobic Training. Journal Of Strength And Conditioning Research, Philadelphia, V. 20, N. 1, P. 88h94, 2006.
11. Hofmann, P.; Jurimae, T.; Jurimae, J.; Purge, P.; Maestu, J.; Wonisch, M.; Pokan, R.; Von Duvillard, S. P. Hrtp, Prolonged Ergometer Exercise,

- And Single Sculling. *International Journal Of Sports Medicine*, Stuttgart, V. 28, N. 11, P. 964h969, 2007.
12. Northuis, M. E.; Hahvorsen, D. K.; Leon, A. S. Blood Glucose Prediction Of Lactate Threshold. *Medicine And Science In Sports And Exercise*. V.27, N.5, S27, 1995.
 13. Pinheiro, D. A., Estudo Do Limiar De Anaerobiose E De Outros Parâmetros Cardiorrespiratórios Frente A Testes De Avaliação Funcional Em Atletas E Em Sedentários. Tese De Mestrado Apresentada Ao Programa De Pós Graduação Em Ciências Fisiológicas Do Centro De Ciências Biológicas E Da Saúde Da Universidade Federal De São Carlos, 1997.
 14. Simões Hs, Campbell Csg, Baldissera V, Denadai Bs, Kokubun E. Determinação Do Limiar Anaeróbio Por Meio De Dosagens Glicêmicas E Lactacidêmicas Em Testes De Pista Para Corredores. *Rev Paul Ed Fís* 1998; 12: 17–30
 15. Simões H. G.; Grubert Campbell C. S.; Kokubun E.; Denadai B. S.; Baldissera, V. Blood Glucose Responses In Humans Mirror Lactate Responses For Individual Anaerobic Threshold And For Lactate Minimum In Track Tests. *European Journal Of Applied Physiology*, 80:1, 34-40, 1999.
 16. Simões Hg, Campbell Csg, Kushnick Mr, Nakamura A, Katsanos Cs, Baldissera V, Moff Att Rj. Blood Glucose Threshold And The Metabolic Responses To Incremental Exercise Tests With And Without Prior Lactic Acidosis Induction. *Eur J Appl Physiol* 2003; 89: 603-611
 17. Souza Tnt, Yamaguti Sal, Campbell Csg E Simões Hg. Identificação Do Lactato Mínimo E Glicose Mínima Em Indivíduos Fisicamente Ativos. *Rev. Bras. Cienc. E Mov. Brasília* V.11 N.2 P.71-75 Junho 2003.
 18. Sotero Rc, Pardono E, Landwehr R, Campbell Csg, Simões Hg. Blood Glucose Minimum Predicts Maximal Lactate Steady State On Running. *Int J Sports Med* 2009; 30: 1–4.
 19. Simões Hg, Hiyane Wc, Benford Re, Madrid B, Moreira Fapsr, De Oliveira Rj, Nakamura Fy E Campbell Csg. Lactate Threshold Prediction By Blood Glucose And Rating Of Perceived Exertion In People With Type 2 Diabetes. *Perceptual And Motor Skills*, 2010, 111, 2, 365-378.
 20. Mendes Tt, De Barros Clm, Mortimer Lacf, Puga Gm, Ramos Gp, Prado Ls, Silami-Garcia E. Individual Glucose Threshold And Maximal Lactate Steady State Coincidence Analysis. *Journal Of Exercise Physiology Online* Volume 14 Number 2 April 2011.

21. Malachias Pc, Zabaglia R, Frota De Souza Tm. Determinação Do Limiar Anaeróbio Utilizando O Glicosímetro Clínico. *Ensaio E Ciência* V.2, N. 2 2007.
22. Rocha C, Canellas A, Monteiro D, Antoniazzi M, Azevedo Phsm. Changes In Individual Glucose Threshold During Military Training. *Int J Sports Med* 2010; 31: 1 – 4.
23. Sengoku Y, Nakamura K, Takeda T, Nabekura Y , Tsubakimoto S. Glucose Response After A Ten-Week Training In Swimming. *Int J Sports Med* 2011; 32: 835–838.
24. Beneke R. Maximal Lactate Steady State Concentration (Mlss): Experimental And Modelling Approaches. *Eur J Appl Physiol*. 2003 Jan;88(4-5):361-9. Epub 2002 Oct 30. Review.
25. Beneke R. Methodological Aspects Of Maximal Lactate Steady State- Implications For Performance Testing. *Eur J Appl Physiol*. 2003 Mar;89(1):95-9. Epub 2003 Jan 21.
26. Wasserman K, Whipp Bj, Koysl Sn, Beaver Wl. Anaerobic Threshold and Respiratory Gas Exchange During Exercise. *J Appl Physiol*. 1973 Aug;35(2):236 43.
27. Conconi, F.; Ferrari, M.; Ziglio, P.; Droghetti, P.; Codeca, L. Determination Of The Anaerobic Threshold By A Noninvasive Field Test In Runners. *Journal Of Applied Physiology*, V.52, P.869-873, 1982.
28. Heck, H.; Mader, A.; Hess, G.; Mucke, S.; Muller, R.; Hollmann, W. Justification Of The 4 Mm/L Lactate Threshold. *International Journal Of Sports Medicine*, V.6, P.117-30, 1985.
29. Tegtbur, U.; Busse, M.W.; Braumann, K.M. Estimation Of An Individual Equilibrium Point Between Lactate Production And Remotion During Exercise. *Medicine And Science In Sports And Exercise*, V.25, P.620-7, 1993.
30. Pereira R, Papoti M, Zagatto Am, Gobatto Ca. Validation Of Two Protocols For Determination Of Anaerobic Threshold In Swimming. *Motriz* 8:57- 61, 2002.
31. Papoti, M.; Vitória, R.; Araújo, G.G.; Martins, L. E. B; Cunha, S. A.; Gobatto, C. A. Força Crítica Em Nado Atado Para Avaliação Da Capacidade Aeróbia E Predição De Performances Em Nado Livre. *Rev Bras Cineantropom Desempenho Hum*, 12(1):14-20, 2010.
32. Wasserman, K., Mcllory, M.B. Detecting The Threshold Of Anaerobic Metabolism In Cardiac Patients During Exercise. *American Journal Cardiology*, V.14, P.844-852, 1964.

33. Azevedo Phsm, Garcia A, Duarte Jmp, Rissato Gm, Carrara Vkp, Marson Ra. Limiar Anaeróbio E Bioenergética: Uma Abordagem Didática. R. Da Educação Física/Uem Maringá, V. 20, N. 3, P. 453-464, 3. 2009
34. Stanley W. C.; Gertz E. W.; Wisneski J. A.; Morris D. L.; Neese R.; Brooks G. A. Lactate Metabolism In Exercising Human Skeletal Muscle: Evidence For Lactate Extraction During Net Lactate Release. Journal Applied Physiology, V. 60, P. 1116-1120, 1986.
35. Brooks, G. A. Current Concepts In Lactate Exchange. Medicine And Science In Sports And Exercise, V. 23, P. 895-906, 1991.
36. Brooks Ga. Intra- And Extra-Cellular Lactate Shuttles. Med Sci Sport Exerc. 2000 Apr;32(4):790-9.
37. Donovan, C.M., And Pagliassotti, M.J. (2000). Quantitative Assessment Of Pathways For Lactate Disposal In Skeletal Muscle Fiber Types. Med. Sci. Sports Exerc. 32: 772-777.
38. Katz, A.; Sahlin, K. Role Of Oxygen In Regulation Glycolysis And Lactate Production In Human Skeletal Muscle. Exercise And Sport Sciences Reviews, V.18, P-1-28, 1990.
39. Stainsby, W.N.; Brooks, G.A. Control Of Lactic Acid Metabolism In Contracting Muscles And During Exercise. Exercise And Sport Sciences Reviews, V. 18, P.29-63, 1990.
40. Fitts, R. G. Celular Mechanisms Of Fatigue. Physiol. Ver. V.74, P 49-94, 1994.
41. Brooks Ga. Lactate Doesn't Necessarily Cause Fatigue: Why Are We Surprised? J Physiol. 2001 Oct 1;536(Pt 1):1.
42. Svedahl, K.; Macintosh, B. R. Anaerobic Threshold: The Concept And Methods Of Measurement. Canadian Journal Of Applied Physiology, V. 28, N. 2, P. 299-323, Apr 2003. Issn 1066-7814
43. Maughan, R.; Gleeson, M.; Greenhaff, P. L. Bioquímica Do Exercício E Do Treinamento. Baureri-Sp: Manole, 2000. 240.
44. Hargreaves, M.; Spriet, L. Exercise Metabolism. Champaign: Human Kinetics, 2006. 300 Isbn 10: 0-7360 - 4103-6.
45. Hollmann, W. 42 Years Ago-Development Of The Concepts Of Ventilatory And Lactate Threshold. Sports Medicine, V. 31, N. 5, P. 315-20, 2001.

46. Stainsby W N., Sumners C., Andrew G. M.: Plasma Catecholamines And Their Effect On Blood Lactate And Muscle Lactate Output. *J Appl. Physiol* 7: 321—325, 1984.
47. Galbo H., Holst J. J., Christensen Hilsted, J. Glucagon And Plasma Catecholamines During Beta-Receptor Blockade In Exercising Man. *Journal Applied Physiology*, V.40, P. 855-863, 1976.
48. Issekutz B., Jr. Effect Of B-Adrenergic Blockade On Lactate Turnover In Exercising Dogs. *Journal Of Applied Physiology: Respirat. Environ. Exercise Physiol.* 57(6): 1754-1759, 1984.
49. Mazzeo, R.S.; Marshall, P. Influence Of Plasma Catecholamines On The Lactate Threshold During Graded Exercise. *Journal Applied Physiology*, V.67, P.1319- 1322, 1989.
50. Schneider Da, Mcguiggin Me, And Kamimori Gh. A Comparison Of The Blood Lactate And Plasma Catecholamine Thresholds In Untrained Male Subjects. *Tnt J Sports Mcd*, Vol 13, No 8, Pp 562—566, 1992.
51. Chwalbínska Moneta J, Krysztofiak F, Ziemba A, Nazar K, Kaciuba Uscko H. Treshold Increases In Plasma Growth Hormone In Relation To Plasma Catecholamine And Blood Lactate Concentrations During Progressive Exercise In Endurance-Trained Athletes. *Eur. J. Appl. Physiol*, 73:1-2, 117-20, 1996.
52. Moritani, T.; Takaishi, T.; Matsumoto, T. Determination Of Maximal Power Output At Neuromuscular Fatigue Threshold. *Journal Of Applied Physiology*, V. 74, N. 4, P. 1729-34, Apr 1993. Issn 8750-7587.
53. Han, Y. S. Et Al. Atp Consumption Rate Per Cross Bridge Depends On Myosin Heavy Chain Isoform. *Journal Of Applied Physiology*, V. 94, N. 6, P. 2188-96, Jun 2003. Issn 8750-7587
54. Silverthorn, D. U. *Fisiologia Humana: Uma Abordagem Integrada*. Barueri: Manole, 2003. 815 Isbn 85-204-1241-6.
55. Arthur C. Guyton, M.D. *Tratado De Fisiologia Médica*. Guanabara Koogan 9 Edição.
56. Rose Aj, Richter Ea. Skeletal Muscle Glucose Uptake During Exercise: How Is It Regulated? *Physiology (Bethesda)* 2005; 20: 260-270
57. Schnabel A, Kindermann W, Schmitt Wm, Biro G, Stegmann H (1982) Hormonal And Metabolic Consequences Of Prolonged Running At The Individual Anaerobic Threshold. *Int J Sports Med* 3:163±168
58. Urhausen A, Weiler B, Coen B, Kindermann W (1994) Plasma Catecholamines During Endurance Exercise Of Different Intensities As

- Related To The Individual Anaerobic Threshold. Eur J Appl Physiol. 69:16±20
59. Port K (1991) Serum And Saliva Cortisol Responses And Blood Lactate Accumulation During Incremental Exercise Testing. Int J Sports Med 12:490±494
 60. Chmura, S., Nazar, K. E Kaciuba-Usciko, H. Choice Reaction Time During Graded Exercise In Relation To Blood Lactate And Plasma Catecholamine Thresholds. International Journal Of Sports Medicine. 1994; 15: 94-101.
 61. Winder Ww (1985) Control Of Hepatic Glucose Production During Exercise. Med Sci Sports Exerc 17:2±5
 62. Mcardle, Willian D., Katch, Frank I., Katch, Victor L. Fisiologia Do Exercício. Energia, Nutrição E Desempenho Humano. 4 Ed. Rio De Janeiro : Guanabara Koogan, 1998.
 63. Wasserman Dh, Connolly Cc, Pagliassotti Mj (1991) Regulation Of Hepatic Lactate Balance During Exercise. Med Sci Sports Exerc 23:912±919
 64. Wilmore, J.H.; Costill, D.L. Physiology Of Sport And Exercise. Champaign, Human Kinetics, 1994.
 65. Berne C. Hypoglycaemia And Gastric Emptying. Diabet Med. 1996 Sep;13 (9 Suppl 5):S28-30.
 66. Balikian Pj, Neiva Cm, Denadai Bs. Effect Of An Acute Beta-Adrenergic Blockade On The Blood Glucose Response During Lactate Minimum Test. J Sci Med Sport 2001;4:257-265.
 67. Watt Mj, Hargreaves M. Effect Of Adrenaline On Glucose Disposal During Exercise In Humans: Role Of Muscle Glycogen. Am J Physiol Endocrinol Metab 2002;283:578-583.
 68. Stegmann, H.; Kindermann, W.; Schnabel, A. Lactate Kinetics And Individual Anaerobic Threshold. International Journal Of Sports Medicine, V.2, P.160-5, 1981.
 69. Moreira Sr, Simões Gc, Hiyane Wc, Campbell Csg, Simões Hg. Identification Of The Anaerobic Threshold In Sedentary And Physically Active Individuals With Type 2 Diabetes. Rev Bra Fisioter 2007;4:253-259.
 70. Lin Li. A Concordance Correlation Coefficient To Evaluate Reproducibility. Biometrics 1989; 45: 255-268.

- 71.Lin Li. A Note On The Concordance Correlation Coefficient. *Biometrics* 2000;56: 324-328.
- 72.Lin Li. Assay Validation Using The Concordance Correlation Coefficient. *Biometrics* 1992;48: 599-504.
- 73.International Working Group On The Diabetics Foot- Guideline 2011
- 74.Lavoie Jm. Blood Metabolites During Prolonged Exercise In Swimming And Leg Cycling. *Eur J Appl Physiol* 1982; 48: 127-133.
- 75.Flynn Mg, Costill DI, Kirwan Jp, Mitchell Jb, Houmard Ja, Fink Wj, Beltz Jd, D'acquisto J. Fat Storage In Athlete: Metabolic And Hormonal Responses To Swimming And Running . *Int J Sports Med* 1990; 11: 433 –440.
- 76.Ahlborg G, Jensen-Urstad M. Metabolism In Exercising Arm Vs. Leg Muscle *Clin Physiol* 1991; 11: 459 – 468.
- 77.Ribeiro Fp, Baldissera V, Balakian P, Soares Ar. Limiar Anaeróbio Em Natação: Comparação Entre Diferentes Protocolos. *Rev Bras Educ Fís Esp* 2004;18:201-212.
- 78.Wasserman, K.; Whipp, B.; Koyle, S.; Beaver, W. Anaerobic Threshold And Respiratory Gas Exchange During Exercise. *Journal Of Applied Physiology*, V.35, P.236-243, 1973.
- 79.Hawley JA, Lessard SJ. Exercise training-induced improvements in insulin action. *Acta Physiol (Oxf)*. 2008;192(1):127–35.
- 80.Borg, GA. Psychophysical bases of perceived exertion. *Med Sci Sports Exerc* 14: 377-81, 1982.
- 81.Beneke R, Hutler M, Leithäuser R. Maximal lactate steady-state independent of performance. *Med Sci Sports Exerc* 2000; 32: 1135-9
- 82.Will G. Hopkins. Measures of Reliability in Sports Medicine and Science *Sports Med* 2000 Jul; 30 (1): 1-15.
- 83.Foster C, Costill DL, Fink WJ (1979) Effects of preexercise feedings on endurance performance. *Med Sci Sports* 11:1–5 Hargreaves M, Costill DL, Fink WJ, King DS.
- 84.Okano G, Takeda H, Morita I, Katoh M, Mu Z, Miyake S (1988) Effect of pre-exercise fructose ingestion on endurance performance in fed man. *Med Sci Sports Exerc* 20:105–109

85. Maughan RJ, Gleeson M (1988) Influence of a 36 h fast followed by refeeding with glucose, glycerol or placebo on metabolism and performance during prolonged exercise in man. *Eur J Appl Physiol* 57:570–576
86. Ventura JLI, Estruch A, Rodas G, Segura R (1994) Effect of prior ingestion of glucose or fructose in the performance of exercise of intermediate duration. *Eur J Appl Physiol* 68:345–349
87. Anantaraman R, Carmines AA, Gaesser GA, Weltman A (1995) Effects of carbohydrate supplementation on performance during 1 h of high intensity exercise. *Int J Sports Med* 16:461–465
88. Goodpaster BH, Costill DL, Fink WJ, Trappe TA, Jozsi AC, Starling RD, Trappe SW (1996) The effects of pre-exercise starch ingestion on endurance performance. *Int J Sports Med* 17:366–372
89. Kirwan JP, O’Gorman D, Evans WJ (1998) A moderate glycemic meal before endurance exercise can enhance performance. *J Appl Physiol* 84:53–59
90. Calles-Escandon J, Devlin JT, Whitcomb W, Horton ES (1991) Pre-exercise feeding does not affect endurance cycle exercise but attenuates post-exercise starvation-like response. *Med Sci Sports Exerc* 2:818–824
91. DeMarco HM, Sucher KP, Cisar CJ, Butterfield GE (1999) Pre-exercise carbohydrate meals: application of glycemic index. *Med Sci Sports Exerc* 31:164–170
92. Sparks MJ, Sellig SS, Febbraio MA (1998) Preexercise carbohydrate ingestion: effect of the glycemic index on endurance exercise performance. *Med Sci Sports Exerc* 30:844–849
93. Palmer GS, Clancy MC, Hawley JA, Rodger IM, Burke LM, Noakes TD (1998) Carbohydrate ingestion immediately before exercise does not improve 20 km time trial performance in well trained cyclists. *Int J Sports Med* 19:415–418
94. Jandrain B, Krzentowski G, Pirnay F, Mosora F, Lacroix M, Luyckx A, Lefebvre P (1984) Metabolic availability of glucose ingested 3 h before prolonged exercise in humans. *J Appl Physiol* 56:1314–1319
95. Décombaz J, Sartori D, Arnaud M, Thelin A, Schurz P, Howald H (1985) Oxidation and metabolic effects of fructose or glucose ingested before exercise. *Int J Sports Med* 6:282–288
96. Anderson M, Bergman EA, Nethery VM (1994) Preexercise meal affects ride time to fatigue in trained cyclists. *J Am Diet Assoc* 94:1152–1153

97. Sigal RJ, Kenny GP, Wasserman DH, Castaneda-Sceppa C, White RD. Physical activity/exercise and type 2 diabetes: a consensus statement from the American Diabetes Association. *Diabetes Care*. 2006;29(6):1433–8.
98. Marmy-Conus N, Fabris S, Proietto J, Hargraeves M. Preexercise glucose ingestion and glucose kinetics during exercise. *J Appl Physiol* 1996; 81: 8537
99. Febbraio, M.A., Chiu, A., Angus, D.J., Arkinstall, M.J. and Hawley, J.A. (2000a). Effects of carbohydrate ingestion before and during exercise on glucose kinetics and performance. *Journal of Applied Physiology*, 89, 2220–2226.
100. Febbraio, M.A., Keenan, J., Angus, D.J., Campbell, S.E. and Garnham, A.P. (2000b). Preexercise carbohydrate ingestion, glucose kinetics, and muscle glycogen use: effect of the glycemic index. *Journal of Applied Physiology*, 89, 1845–1851.
101. DeFronzo RA, Ferrannini E. Sato Y, Feljg P. Wahren J. Synergistic interaction between exercise and insulin on peripheral glucose uptake. *J Clin Invest* 1981; 68: 1468-74
102. Albright A, Franz M, Hornsby G, Kriska A, Marrero D, Ullrich I, Verity LS. American College of Sports Medicine position stand. Exercise and type 2 diabetes. *Med Sci Sports Exerc*. 2000;32(7):1345–60.
103. Moore LJ, Midgley AW, Thurlow S, Thomas G, Mc Naughton LR. Effect of the glycaemic index of a pre exercise meal on metabolism and cycling time trial performance. *J Sci Med Sport*. 2010 Jan;13(1):182-8. doi: 10.1016/j.jsams.2008.11.006. Epub 2009 Feb 2
104. Matthew L. Goodwin, Ph.D. Blood Glucose Regulation during Prolonged, Submaximal Continuous Exercise: A Guide for Clinicians *Journal of Diabetes Science and Technology*. Volume 4, Issue 3, May 2010
105. Hargreaves M, Hawley JA, Jeukendrup AJ. Pre exercise carbohydrate and fat ingestion: effects on metabolism and performance *Sports Sci*. 2004 Jan;22(1):31-8.
106. Luke Moseley, Graeme I. Lancaster Asker E. Jeukendrup Effects of timing of pre-exercise ingestion of carbohydrate on subsequent metabolism and cycling performance. *Eur J Appl Physiol* (2003) 88: 453–458

107. RICHTER, E. A., H. KIENS, B. SALTIN, N. J. CHRISTENSEN, AND G. (SAVARI). Skeletal muscle glucose uptake during dynamic exercise in man: role of muscle mass. *Am. J. Physiol.* 254 (Endocrinol. Metab. 17): E1-X7, 1988.
108. Kjaer M, Kiens B, Hargreaves M, Richter EA. Influence of active muscle mass on glucose homeostasis during exercise in humans. *J Appl Physiol.* 1991 Aug;71(2):552-7.

VALIDAÇÃO DO GLICOSÍMETRO PORTÁTIL PARA AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE AERÓBIA.

Jose Gerosa Neto, Carlos Augusto Kalva Filho, Eduardo Zapaterra Campos, Vitor Luiz de Andrade, Carlos Marcelo Pastre, Marcelo Papoti, Ismael Forte Freitas Junior

RESUMO

Os objetivos do presente estudo foram verificar a reprodutibilidade do limiar glicêmico (LG) (primeira etapa), determinado por meio de glicosímetro portátil e comparar os valores de LG à intensidade de máxima fase estável de lactato (MFEL) (segunda etapa). Na primeira etapa nove indivíduos ($25,8 \pm 4,8$ anos) foram submetidos a dois testes incrementais. Na segunda etapa, além de um teste incremental, dezesseis participantes ($23,8 \pm 4,8$ anos) realizaram de dois a quatro esforços constantes com duração de 30min para a determinação da MFEL. A reprodutibilidade do LG foi testada através do teste *t* de *Student* para amostras dependentes, do coeficiente de correlação intraclasse (ICC), do erro típico (ET) e do coeficiente de variação (CV%). Os valores de LG e MFEL foram comparados pelo teste *t* de *Student* para amostras dependentes, correlação de Pearson e análise de concordância ($p < 0,05$). A primeira etapa demonstrou que o LG da situação teste ($11 \pm 1,2 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$) e reteste ($11 \pm 1,2 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$) não foram diferentes, apresentaram significativas correlações ($\text{ICC} = 0,70$) e baixa variação individual entre as situações ($\text{ET} = 0,47 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ e $\text{CV}\% = 6,12 \%$). Embora os valores de LG ($10,7 \pm 1,4$) e MFEL ($10,2 \pm 1,5$) não tenham sido significativamente diferentes, estas metodologias foram apenas e moderadamente correlacionados ($r = 0,71$). Além disso, a análise de concordância demonstrou uma grande amplitude de erro (até $2,8 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$). Com isso, pode-se concluir que o LG determinado por meio de glicosímetro portátil é reprodutível. No entanto os resultados parecem superestimar a MFEL.

Palavras chave: Limiar glicêmico, máxima fase estável de lactato, glicosímetro portátil.

ABSTRACT

The aims of the present study were test the reproducibility of the glicemic threshold (LG), determined through a portable glucometer (first step; $n=9$, 25.8 ± 4.8 years), and compare the LG values with the maximal lactate steady state intensity (MFEL) (second step; $n=16$, 23.8 ± 4.8 years). In the first step the subjects were submitted to two incremental tests. In the second step, in addition to the incremental test, the participants performed two to four constants efforts of 30 minutes to determination of MFEL. The reproducibility of LG was tested through the paired Student's *t* test, intraclass correlation coefficient (ICC), the typical error (ET) and the coefficient of variation (CV%). The values of LG and MFEL were compared by the paired Student's *t* test, Pearson correlation and concordance analysis. Was used $p < 0.05$. The first

step verified that LG of test ($11 \pm 1.2 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$) and retest ($11 \pm 1.2 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$) situation were not different, presented significant correlation ($\text{ICC} = 0.70$) and low variation between individual situations ($\text{ET} = 0.47 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ and $\text{CV}\% = 6.12\%$). Although the LG ($10.7 \pm 1.4 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$) and MFEL ($10.2 \pm 1.5 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$) values were similar ($p > 0.05$) and significantly correlated ($r = 0.71$), the concordance analysis showed a great error amplitude (until $2.8 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$). Thus, can be conclude that the LG determined by a potable glucometer is reproducible. However, the LG cannot be used to MFEL estimative because of the great variability observed between the tests.

Keywords: glucose threshold, maximal lactate steady state, portable glucometer.

INTRODUÇÃO

O limiar anaeróbio tem sido muito utilizado nas rotinas de avaliação, pois representa um índice de capacidade aeróbia (31) é sensível ao treinamento (13) e relaciona-se com o desempenho em várias modalidades (1,3,4,6).

Embora existam vários métodos para a estimativa da capacidade aeróbia, o protocolo padrão ouro na determinação deste índice fisiológico é a máxima fase estável de lactato (MFEL), que pode ser definida como a maior intensidade de exercício onde existe equilíbrio entre produção e remoção de lactato no sangue (6,7). Entretanto, por necessitar de vários dias de avaliação e um grande número de amostras sanguíneas, este método passa a ser inviável na rotina de treinamento ou mesmo para uso clínico.

Neste sentido, a capacidade aeróbia (i.e. limiar anaeróbio) tem sido determinada a partir de um único esforço incremental por meio das relações entre a intensidade de exercício e as concentrações de lactato sanguíneo ([Lac]) (11,20,22). Diversos métodos de analisar a relação entre intensidade de exercício e [Lac] são utilizados para determinação do limiar anaeróbio,

contudo Tokmakidis et al. (1998) evidenciaram uma variação de até 15% entre os métodos.

Além disso, a utilização de dosagens lactacidêmicas na maioria das vezes necessita de equipamentos com custo elevado, o que torna esta metodologia incompatível com a realidade financeira de vários centros de atividade física e clubes de treinamento brasileiros. Com isso, a utilização de outros marcadores fisiológicos que necessitem de equipamentos menos onerosos, facilitaria a determinação da capacidade aeróbia de maneira mais frequente.

Foi demonstrado que durante um esforço incremental a glicemia tende a diminuir até uma intensidade individual de exercício e a partir dessa daí, apresenta um aumento sistemático. SIMÕES et al. (1999) constataram que a intensidade correspondente ao menor valor glicêmico durante um teste progressivo corresponde a capacidade aeróbia determinada por meio da lactacidemia, evidenciando portanto, a possibilidade de se utilizar as concentrações sanguíneas de glicose ([Gli]) na mensuração do limiar anaeróbio (25). Além do mais, o limiar glicêmico (LG) apresenta sensibilidade ao treinamento predominantemente aeróbio (23), tem sido bem associado à MFEL (29) e ao limiar anaeróbio determinado por meio dos protocolos de lactato mínimo e limiar anaeróbio individual (20,22,25).

Contudo, o estudo que investiga a validade do LG com a MFEL determina as concentrações de glicose a partir do método eletroenzimático (glicosímetro laboratorial) (29), o que apresenta custo mais elevado e maior dificuldade de operação em comparação com o glicosímetro portátil. Por isso, a determinação da reprodutibilidade e validade do LG pelo glicosímetro portátil

se torna importante para garantir sua utilização com mais frequência e confiabilidade

Levando em consideração o grande número de pessoas que possuem o glicosímetro portátil em suas casas para o automonitoramento e a praticidade em sua utilização, novas investigações com esse instrumento são de grande relevância. Dessa forma, os objetivos do presente estudo foram testar a reprodutibilidade do LG determinado com a utilização de glicosímetro portátil e suas possíveis associações com a MFEL.

MATERIAIS E MÉTODOS

Participantes

Vinte e cinco indivíduos fisicamente ativos ($23,8 \pm 4,6$ anos, $166,4 \pm 36,8$ cm e $75,9 \pm 13,6$ quilos) participaram voluntariamente do presente estudo. Todos foram informados sobre os riscos e benefícios do estudo e somente foram incluídos nas análises aqueles que concordaram por escrito com o termo de consentimento livre e esclarecido. Os procedimentos deste estudo foram aprovados pelo comitê de ética em pesquisa da Instituição (nº 07986112.4.0000.5402) e conduzidos conforme os princípios da declaração de Helsinki.

Desenho experimental

O presente estudo foi realizado em duas etapas. A primeira etapa ($n = 9$) teve como objetivo testar a reprodutibilidade do LG determinado pelo método visual. Para isso, os participantes foram submetidos a dois esforços progressivos realizados até a exaustão, com um intervalo mínimo de 48h entre

os testes. O objetivo da segunda etapa ($n= 16$) foi comparar o LG à intensidade correspondente a MFEL. Nesta etapa, além de um teste incremental, os participantes realizaram de dois a quatro esforços com intensidade constante e duração máxima de 30min.

Todos os testes foram realizados em esteira rolante (Super ATL, Inbramed[®]) e em ambiente laboratorial (temperatura de 22 ± 1 °C). Além disso, os participantes foram instruídos a realizar a última refeição duas a três horas antes das avaliações. Após cada estágio dos testes incrementais e no protocolo de MFEL, aproximadamente 0,7µL de sangue foram coletados do lóbulo da orelha e imediatamente depositados em fitas reagentes para a determinação das [Gli] (Bioeasy[®], Biocheck_{TD-4225}). Nos esforços da MFEL, além das [Gli], foram coletados 25µL para dosagem das [Lac] e as amostras armazenadas para posterior análise (Yellow Springs Instruments modelo 1500 Sport, Ohaio, USA).

Testes incrementais

Nas duas etapas os participantes foram submetidos a um teste incremental com intensidade inicial de 7 km.h⁻¹, incrementos de 1 km.h⁻¹ a cada três minutos e inclinação constante de 1%. O teste foi realizado até a exaustão voluntária do participante. A frequência cardíaca (FC) foi monitorada durante todo o teste (Polar[®], S810i) e as [Gli] foram determinadas após cada estágio. A máxima velocidade atingida durante o teste incremental (V_{MAX}) foi assumida como a intensidade correspondente ao último estágio completo. No caso do participante ter entrado em exaustão antes do término do estágio, a

V_{MAX} foi ajustada conforme a adaptação da equação proposta por Kuipers et al. (1985) para o ciclismo.

O LG foi assumido como a intensidade correspondente a menor [Gli] seguida de um aumento sistemático e contínuo da glicemia, determinada de maneira visual (25). Para isso, as [Gli] observadas ao final dos estágios foram ajustadas em função da intensidade (Figura 1).

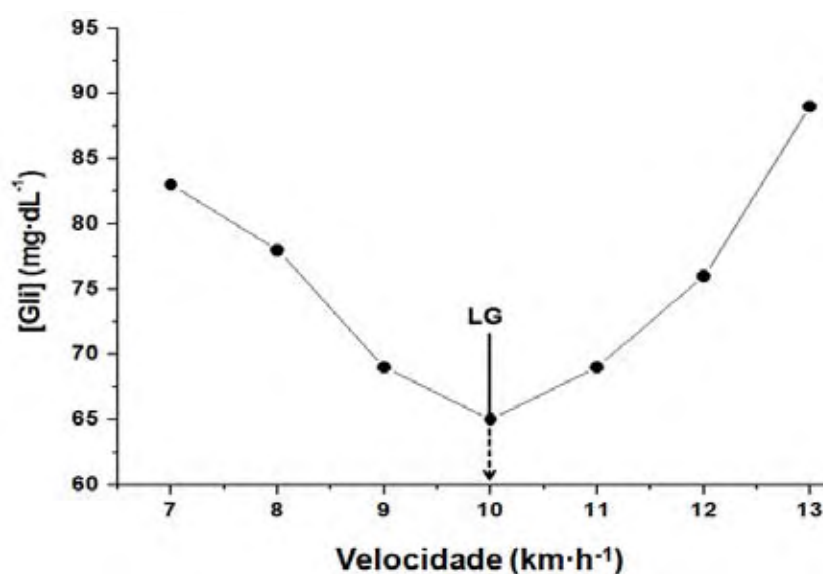


Figura 1. Comportamento individual das concentrações de glicose ([Gli]) durante um teste incremental.

Determinação da máxima fase estável de lactato (MFEL)

Para determinação da MFEL os participantes realizaram de dois a quatro esforços constantes com duração máxima de 30 min. As [Gli] e as [Lac] foram determinadas no repouso, no décimo e no trigésimo minutos, juntamente com a percepção subjetiva de esforço (PSE) (9). A MFEL foi assumida como a máxima intensidade de exercício em que as [Lac] apresentaram uma variação menor ou igual a 1mM de lactato, entre o décimo e o trigésimo minuto (4). A

intensidade do primeiro esforço constante foi correspondente ao LG. Os participantes que não apresentaram estabilização ou entraram em exaustão, realizaram outro esforço a 95% do LG, e os que apresentaram estabilização, realizaram o esforço seguinte a 105% do LG. Os ajustes nas intensidades (5%) foram repetidos até a identificação da MFEL. No caso do participante entrar em exaustão antes do término do esforço, o tempo até a exaustão (T_{lim}) foi registrado.

Tratamento estatístico

Os resultados estão apresentados em média $\pm$ desvio padrão. A normalidade dos dados foi testada e confirmada pelo teste de Shapiro-Wilk, o que permitiu a utilização de estatística paramétrica. Na primeira etapa a reprodutibilidade do LG foi testada por meio do teste t de *student* para amostras dependentes, do coeficiente de correlação intraclasse (ICC), do erro típico (ET) e do coeficiente de variação (CV%) (14).

Na segunda etapa os valores de LG e MFEL foram comparados pelo teste t de *student* para amostras dependentes, teste de correlação de Pearson e análise gráfica de Bland e Altman (1983). Para todas as análises o nível de significância foi fixado em 5%.

RESULTADOS

Primeira etapa

A glicemia observada no repouso não foi diferente nas situações teste ($83,6 \pm 11,3 \text{ mg} \cdot \text{dL}^{-1}$) e reteste ($85,3 \pm 9,3 \text{ mg} \cdot \text{dL}^{-1}$), assim como, as [Gli] em cada estágio durante os dois testes incrementais (Figura 2). Além disso, os

valores de frequência cardíaca máxima (teste= $186,4 \pm 12,7$ bpm e reteste= $185,4 \pm 15,2$ bpm), [Gli] pico (teste= $87,3 \pm 13,5$ mg·dL⁻¹ e reteste= $81,7 \pm 15,3$ mg·dL⁻¹) e V_{MAX} (teste= $13,6 \pm 2,3$ k·h⁻¹ e reteste= $13,4 \pm 2,2$ k·h⁻¹), também não apresentaram diferenças significativas entre os testes incrementais.

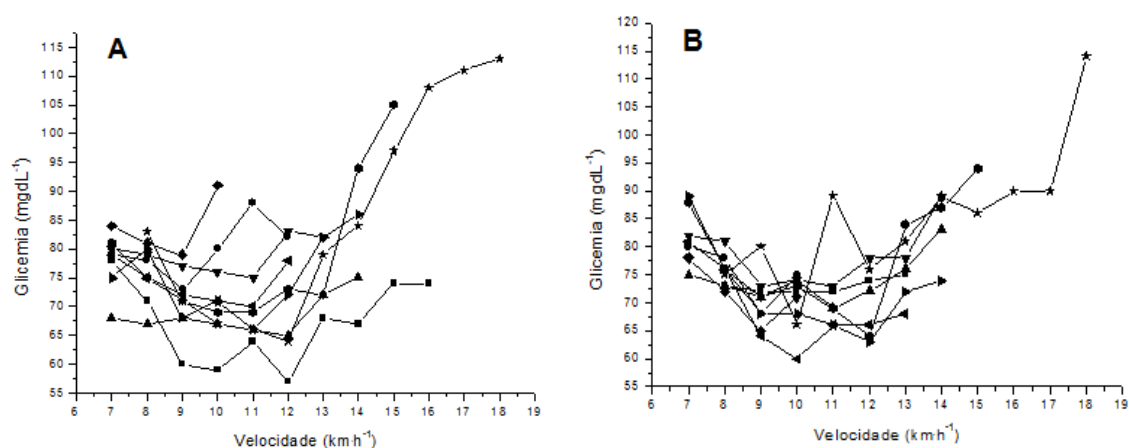


Figura 2. Comportamento individual das concentrações de glicose ([Gli]) durante o teste incremental nas situações teste (A) e reteste (B).

A intensidade e as variáveis fisiológicas correspondentes ao LG (FC, [Gli] e percentual da V_{MAX} (% V_{MAX})), não foram significativamente diferentes entre as situações teste e reteste (Tabela 1). Além disso, significativas correlações foram observadas entre as situações e baixos valores de ET e CV% foram evidenciados (Tabela 1).

Tabela 1. Valores médios $\pm$ desvio-padrão, coeficiente de correlação intraclasse (ICC) e o erro típico (ET) e do coeficiente de variação (%CV) das variáveis correspondentes ao limiar glicêmico (LG) observadas nas situações teste e reteste.

	Teste	Reteste	ICC	ET	CV%
LG ($\text{Km}\cdot\text{h}^{-1}$)	$11,0 \pm 1,2$	$10,8 \pm 1,2$	0,85*	0,67	6,12
FC _{LG} (bpm)	$167,0 \pm 16,3$	$164,9 \pm 14,1$	0,83*	8,81	5,31
[Gli] _{LG} ($\text{mg}\cdot\text{dL}^{-1}$)	$69,1 \pm 6,7$	$67,8 \pm 5,2$	-0,35	7,00	14,5
%V _{MAX}	$81,9 \pm 7,7$	$80,9 \pm 7,2$	0,76*	5,17	6,35

LG: intensidade; FC_{LG}: frequência cardíaca; [Gli]_{LG}: concentrações de glicose; %V_{MAX}: percentual da velocidade máxima atingida no teste incremental; * Correlação significativa ($p < 0,05$).

Segunda Etapa

A glicemia de repouso observada no teste incremental foi de $84,7 \pm 7,9$ $\text{mg}\cdot\text{dL}^{-1}$. A V_{MAX}, FC máxima e a [Gli] pico foram de $13,2 \pm 1,6$ $\text{Km}\cdot\text{h}^{-1}$, $189,8 \pm 16,2$ bpm e $95 \pm 13,4$ $\text{mg}\cdot\text{dL}^{-1}$ respectivamente.

A tabela 2 demonstra os valores de intensidade e das variáveis fisiológicas relativas ao LG e a MFEL. Nenhuma diferença significativa foi observada entre as duas metodologias. Entretanto, nove indivíduos entraram em exaustão ($T_{\text{lim}} = 19,0 \pm 4,1$ min) e dois não apresentaram estabilização nas [Lac] durante o esforço de 30 min na intensidade correspondente ao LG (Figura 4). Desse modo, o LG subestimou a MFEL em quatro participantes (de 5 a 15%), superestimou em dez (de 5 a 30%), e foi correspondente em apenas um. A figura 3 demonstra o comportamento individual das [Lac]

durante o esforço de 30min com intensidade correspondente ao LG e a figura 4 demonstra esta variável no intensidade em que a MFEL foi identificada.

Além disso, as correlações observadas entre as intensidades relativas ao LG e a MFEL foram apenas moderadas, o que não ocorreu entre as variáveis fisiológicas (Tabela 2). Adicionalmente, embora a análise de concordância tenha demonstrado uma dispersão homogênea e uma diferença média próxima a zero ($0,5 \text{ Km.h}^{-1}$), os limites de concordância (95%) demonstram que o erro entre o LG e a MFEL pode chegar a $2,8 \text{ Km.h}^{-1}$ (Figura 5).

Tabela 2. Valores médios $\pm$ desvio-padrão, a diferença percentual ($\Delta\%$) e o coeficiente de correlação de Pearson (r), das variáveis correspondentes ao limiar glicêmico (LG) e a máxima fase estável de lactato (MFEL).

	LG	MFEL	$\Delta\%$	r
INT (Km.h^{-1})	$10,7 \pm 1,6$	$10,2 \pm 1,5$	$0,9 \pm 0,7$	$0,70^*$
FC (bpm)	$175,7 \pm 11,2$	$172,2 \pm 7,2$	$9,9 \pm 6,0$	$0,30$
[Gli] (mg.dL^{-1})	$76,8 \pm 7,4$	$77,6 \pm 8,9$	$7,5 \pm 5,9$	$0,29$
[Lac] (mM)	$4,3 \pm 1,8$	$4,1 \pm 1,1$	$1,3 \pm 1,0$	$0,40$
PSE	$14,2 \pm 2,1$	$15,0 \pm 1,2$	$2,1 \pm 1,8$	$-0,19$
$\%V_{\text{MAX}}$	$80,8 \pm 6,8$	$77,1 \pm 5,1$	$7,5 \pm 5,6$	$-0,09$

INT: intensidade; FC: frequência cardíaca; [Gli]: concentrações de glicose; [Lac]: concentrações de lactato; $\%V_{\text{MAX}}$: percentual da velocidade máxima atingida no teste incremental; * Correlação significativa ($p < 0,05$).

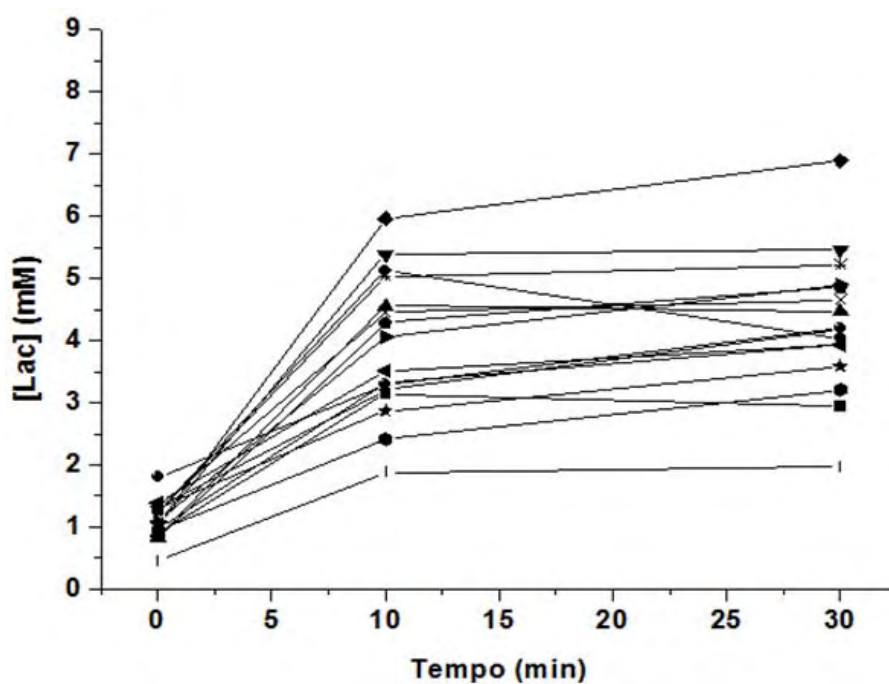


Figura 3. Comportamento individual das concentrações de lactato ([Lac]) durante o esforço constante com duração de 30min na intensidade correspondente a máxima fase estável de lactato.

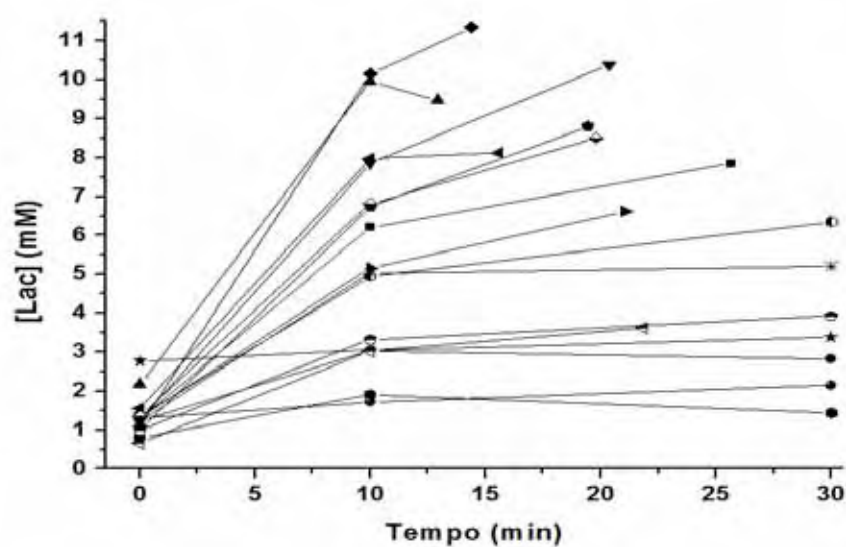


Figura 4. Comportamento individual das [Lac] durante o esforço constante com duração de 30min e intensidade correspondente ao LG.

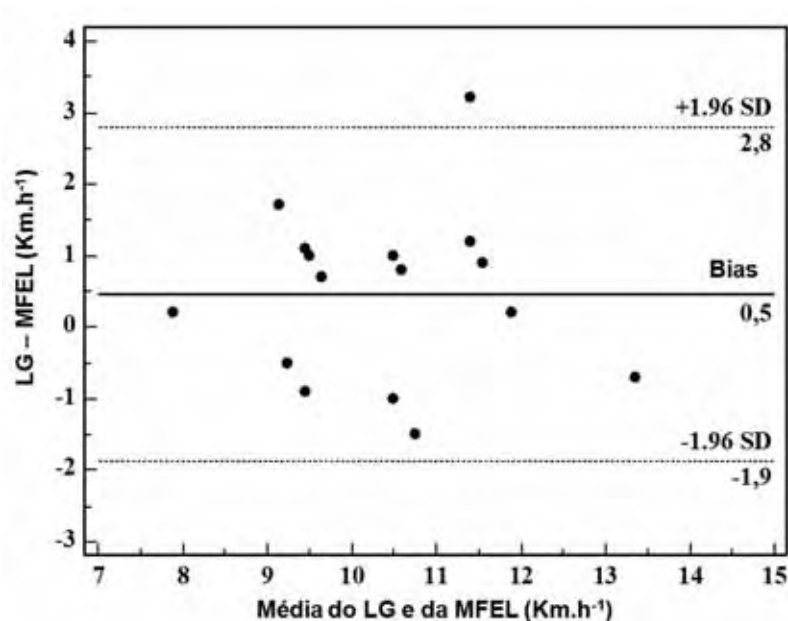


Figura 5. Análise gráfica da concordância entre as intensidades correspondentes ao limiar glicêmico (LG) e a máxima fase estável de lactato (MFEL).

DISCUSSÃO

Os principais achados do presente estudo demonstram que o LG determinado por meio de glicosímetro portátil, embora seja uma metodologia reprodutível, apresenta apenas correlações moderadas e uma variabilidade bastante elevada em relação aos valores de MFEL.

O comportamento esperado das [Gli] frente a um exercício progressivo máximo é descrito na literatura como em forma de “U” (25) (Figura 1) por apresentar duas fases distintas. No início do exercício a glicemia diminui devido ao consumo aumentado de glicose pela musculatura em atividade (27), e no decorrer do teste alguns hormônios hiperglicemiantes (catecolaminas, hormônio do crescimento, glucagon e o cortisol) são secretados, estimulando

a glicogenólise hepática e muscular, fazendo a glicemia voltar a subir (2,10,17,18,30,33,36). Nas duas etapas do presente estudo foram encontrados um comportamento semelhante ao citado acima, permitindo a identificação do LG em todos os participantes.

A principal justificativa para esse comportamento glicêmico se dá pela associação da liberação das catecolaminas (em especial a adrenalina) com a glicogenólise hepática e a produção de lactato (10,12,24,30,34,37). Mazzeo et al. (1989) encontraram em corredores e ciclistas, correlação de $r = 0,97$ entre limiar de catecolaminas e de lactato. Balikian et al. (2001) reforçaram estes achados avaliando indivíduos com o uso de medicamentos bloqueadores dos receptores β -adrenérgicos, mostrando que tanto as [Lac] quanto a [Gli] foram afetadas, impossibilitando a determinação do LG.

Na primeira etapa do presente estudo, as [Gli] no repouso, em cada estágio e no LG não foram diferentes, assim como FC e V_{MAX} . Além disso, as variáveis LG, FC_{LG} e $\%V_{MAX}$ foram correlacionadas positivamente (0,85; 0,83 e 0,76 respectivamente), mostrando fortes associações entre os dois momentos. O ET encontrado entre as intensidades de LG ($0,67 \text{ Km} \cdot \text{h}^{-1}$) no teste e reteste foi inferior ao incremento de cada estágio, evidenciando uma pequena variação individual do LG entre as duas situações.

Além da reprodutibilidade das medidas, o ET pode ser utilizado para interpretação de dados referentes a modelos de treinamento, pois a partir desta medida é possível diferenciar eventuais erros de mensuração dos reais efeitos provocados pelo programa de treinamento (14). Neste sentido, a partir dos resultados do presente estudo, pode-se especular que Rocha et al. (2010) estavam corretos ao indicar a sensibilidade do LG determinado por meio de

glicosímetro portátil ao treinamento militar, pois além de significativa, a variação média encontrada por estes autores ($2,5 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$) foi superior ao ET de $0,67 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ observado no presente estudo.

Os resultados da segunda etapa demonstraram que, embora os valores não tenham sido significativamente diferentes, os valores de LG podem explicar apenas 49% da variação ($r= 0,70$) na intensidade correspondente a MFEL. Sotero et al. (2009), discordando destes achados, observaram correlações muito fortes entre a glicemia mínima e MFEL ($r= 0,95$) em corredores avaliados na pista. Simões et. al. (2003) avaliaram a influência desse esforço prévio na determinação do LG, apresentando fortes correlações entre os métodos e sem diferenças significativas entre as intensidades determinadas tanto por dosagens das [Lac] como [Gli].

No entanto, os estudos citados acima analisaram a glicemia pelo método tradicional (laboratorial) e poucos realizaram comparações com a MFEL (20,21,25,26,27,30). Malachias et al. (2007) utilizaram glicosímetro portátil e compararam as intensidades de limiar anaeróbio por [Lac] e [Gli], e também encontraram forte correlação ($r=0,83$).

Neste sentido, embora o presente estudo não tenha observado diferenças significativas e valores correlacionados entre o LG e a MFEL, a análise da concordância entre estes valores demonstrou que a diferença entre estas metodologias pode chegar a $2,8 \text{ Km}\cdot\text{h}^{-1}$, o que consideramos bastante relevante, sobretudo para a prescrição do treinamento. Deixando clara a necessidade de novos estudos com outras populações, controle dietético e análises específicas para comparação de métodos.

Desse modo, a partir desses resultados, pode-se concluir que o LG determinado por glicosímetro portátil apresenta boa reprodutibilidade em indivíduos fisicamente ativos. Entretanto, mesmo com valores médios semelhantes e moderadamente correlacionados, a grande amplitude dos intervalos de confiança observados na análise de concordância impossibilita por enquanto a utilização do LG para a estimativa da MFEL.

Agradecimentos

Os autores gostariam de agradecer o apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa do estado de São Paulo – FAPESP na realização deste trabalho (Processo Nº : 2011/03217-5).

Referências Bibliográficas

1. Altimari JM, Altimari LR, Gulak A e Chacon-Mikahil MPT. Correlações entre protocolos de determinação do limiar anaeróbio e o desempenho aeróbio em nadadores adolescentes. Rev Bras Med Esporte. Vol. 13, Nº 4 – Jul/Ago, 2007
2. Balikian PJ, Neiva CM, Denadai BS. Effect Of An Acute Beta-Adrenergic Blockade On The Blood Glucose Response During Lactate Minimum Test. J Sci Med Sport 2001;4:257-265
3. Beneke R. Anaerobic threshold, individual anaerobic threshold, and maximal lactate steady state in rowing. Med Sci Sports Exerc 1995; 27: 863-7
4. Beneke R, Hutler M, Leithäuser R. Maximal lactate steady-state independent of performance. Med Sci Sports Exerc 2000; 32: 1135-9
5. Beneke R , Hutler M , Leithäuser RM . Dependence of the maximal lactate steady state on the motor pattern of exercise . Br J Sports Med 2001 ; 35 : 192 – 196 3

6. Beneke R. Maximal lactate steady state concentration (MLSS): experimental and modelling approaches. *Eur J Appl Physiol* 2003; 88
7. Beneke R. Methodological Aspects Of Maximal Lactate Steady State- Implications For Performance Testing. *Eur J Appl Physiol.* 2003 Mar;89(1):95-9. Epub 2003 Jan 21.
8. Billat VL. Use of blood lactate measurements for prediction of exercise performance and for control of training. *Sports Med* 1996; 22: 157-75
9. Borg, GA. Psychophysical bases of perceived exertion. *Med Sci Sports Exerc* 14: 377-81, 1982.
10. Chwalbínska Moneta J, Kryzstofiak F, Ziembra A, Nazar K, Kaciuba Uscko H. Threshold Increases In Plasma Growth Hormone In Relation To Plasma Catecholamine And Blood Lactate Concentrations During Progressive Exercise In Endurance-Trained Athletes. *Eur. J. Appl. Physiol*, 73:1-2, 117-20, 1996.
11. Dekerle J, Nesi X, Lefevre T, Depretz S, Sidney M, Marchand FH, Pelayo P. Stroking parameters in front crawl swimming and maximal lactate steady state speed. *Int J Sports Med* 26:53-8, 2005.
12. Galbo H., Holst J. J., Christensen Hilsted, J. Glucagon And Plasma Catecholamines During Beta-Receptor Blockade In Exercising Man. *Journal Applied Physiology*, V.40, P. 855-863, 1976.
13. Guellich A, Seiler S. Lactate profile changes in relation to training characteristics in junior elite cyclists. *Int J Sports Physiol Perform.* 2010 Sep;5(3):316-27
14. Hopkins, WG. Measures of reliability in sports medicine and science. *Sports Med* jul; 30(1):1-15 2000.
15. Kuipers H, Verstappen FTJ, Keizer HA, Guerten P, Van Kranenburg G. Variability of aerobic performance in the laboratory and its physiologic correlates. *International Journal of Sports Medicine*, Stuttgart, v.6, p.197-201, 1985
16. Malachias PC, Zabaglia R, Frota De Souza TM. Determinação Do Limiar Anaeróbio Utilizando O Glicosímetro Clínico. *Ensaio E Ciência* V.2, N. 2 2007.
17. Mazzeo RS, Marshall P. Influence of Plasma Catecholamines On The Lactate Threshold During Graded Exercise. *Journal Applied Physiology*, V.67, P.1319- 1322, 1989.

18. McArdle William D, Katch Frank I, Katch Victor L. Fisiologia Do Exercício. Energia, Nutrição E Desempenho Humano. 4 Ed. Rio De Janeiro : Guanabara Koogan, 1998.
19. Northuis ME, Hahvorsen DK, Leon AS. Blood Glucose Prediction Of Lactate Threshold. Medicine And Science In Sports And Exercise. V.27, N.5, S27, 1995.
20. Pereira R, Papoti M, Zagatto AM, Gobatto CA. Validation of two Protocols for Determination of Anaerobic Threshold in Swimming. Motriz 8:57- 61, 2002.
21. Pinheiro DA. Estudo Do Limiar De Anaerobiose e de Outros Parâmetros Cardiorrespiratórios Frente A Testes De Avaliação Funcional Em Atletas E Em Sedentários. Tese De Mestrado Apresentada Ao Programa De Pós Graduação Em Ciências Fisiológicas Do Centro De Ciências Biológicas E Da Saúde Da Universidade Federal De São Carlos, 1997.
22. Ribeiro LFP, Baldissera V, Balikian P, Soares AR. Anaerobic threshold in swimming: comparison between different protocols. Rev bras Educ Fís Esp 18:201-212, 2004.
23. Rocha C, Canellas A, Monteiro D, Antoniazzi M, Azevedo PHSM. Changes In Individual Glucose Threshold During Military Training. Int J Sports Med 2010; 31: 1 – 4.
24. Schneider Da, McGuiggin Me, And Kamimori Gh. A Comparison Of The Blood Lactate And Plasma Catecholamine Thresholds In Untrained Male Subjects. Tnt J Sports Mcd, Vol 13, No 8, Pp 562—566, 1992.
25. Simões HG, Grubert Campbell CS, Kokubun E, Denadai BS, Baldissera V. Blood Glucose Responses In Humans Mirror Lactate Responses For Individual Anaerobic Threshold And For Lactate Minimum In Track Tests. European Journal Of Applied Physiology, 80:1, 34-40, 1999.
26. Simões HS, Campbell CSG, Baldissera V, Denadai BS, Kokubun E. Determinação Do Limiar Anaeróbio Por Meio De Dosagens Glicêmicas E Lactacidêmicas Em Testes De Pista Para Corredores. Rev Paul Ed Fís 1998; 12: 17–30
27. Simões HG, Campbell CSG, Kushnick MR, Nakamura A, Katsanos CS, Baldissera V, Moff Att RJ. Blood Glucose Threshold And The Metabolic Responses To Incremental Exercise Tests With And Without Prior Lactic Acidosis Induction. Eur J Appl Physiol 2003; 89: 603-611
28. Simões HG, Hiyane WC, Benford RE, Madrid B, Moreira FAPSR, De Oliveira RJ, Nakamura FY E Campbell CSG. Lactate Threshold Prediction By Blood Glucose And Rating Of Perceived Exertion In People With Type 2 Diabetes. Perceptual And Motor Skills, 2010, 111, 2, 365-378.

29. Sotero RC, Pardono E, Landwehr R, Campbell CSG, Simões HG. Blood Glucose Minimum Predicts Maximal Lactate Steady State On Running. *Int J Sports Med* 2009; 30: 1–4.
30. Souza TNT, Yamaguti SAL, Campbell CSG e Simões HG. Identificação Do Lactato Mínimo E Glicose Mínima Em Indivíduos Fisicamente Ativos. *Rev. Bras. Cienc. E Mov. Brasília* V.11 N.2 P.71-75 Junho 2003.
31. Svedahl K, Macintosh BR. Anaerobic threshold: the concept and methods of measurement. *Can J Appl Physiol.* 2003;28:299-323.
32. Tokmakidis SP, Leger LA, Piliandis TC. Failure to obtain a unique threshold on the blood lactate concentration curve during exercise. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 77:333-42, 1998.
33. Wasserman DH, Connolly CC, Pagliassotti MJ. Regulation Of Hepatic Lactate Balance During Exercise. *Med Sci Sports Exerc* (1991) 23:912±919
34. Watt Mj, Hargreaves M. Effect Of Adrenaline On Glucose Disposal During Exercise In Humans: Role Of Muscle Glycogen. *Am J Physiol Endocrinol Metab* 2002;283:578-583.
35. Will G. Hopkins. Measures of Reliability in Sports Medicine and Science *Sports Med* 2000 Jul; 30 (1): 1-15
36. Wilmore JH, Costill DL. *Physiology Of Sport And Exercise*. Champaign, Human Kinetics, 1994.
37. Winder Ww (1985) Control Of Hepatic Glucose Production During Exercise. *Med Sci Sports Exerc* 17:2±5

DETERMINAÇÃO DO LIMAR ANAERÓBIO POR DOSAGENS GLICÊMICAS, LACTACIDÊMICAS E DO PONTO DE COMPENSAÇÃO RESPIRATÓRIO EM DIFERENTES ESTADOS GLICÊMICOS.

Jose Gerosa Neto, Carlos Augusto Kalva Filho, Eduardo Zapaterra Campos, Vitor Luiz de Andrade, João Paulo Loures, Marcelo Papoti, Ismael Forte Freitas Junior

RESUMO

O Objetivo do estudo foi comparar as intensidades de limiar anaeróbio por dosagens glicêmicas (LG), lactacidêmicas (LAN) e do ponto de compensação respiratório (PCR). Para isso, dez homens fisicamente ativos com idade estatura, massa corporal e VO_{2max} de $(26,4 \pm 4,6$ anos, estatura de $177,5 \pm 7,3$ cm, massa corporal de $80,9 \pm 11,9$ kg e consumo máximo de O_2 (VO_{2MAX}) de $39,4 \pm 5,1$ $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$) realizaram dois testes incrementais máximos em cicloergômetro nas situações de normoglicemia e hiperglicemia. Os resultados mostraram não haver diferença entre LG, LAN e PCR nos diferentes estados glicêmicos. Os valores foram significativamente correlacionados na situação NORMO (LGxLAN $r=0,68$), HIPER (LGxLAN $r=0,87$; LANxPCR $r=0,75$) e entre elas (LANxLAN $r=0,65$; PCRxPCR $r=0,85$). No entanto, o LG não se correlacionou nas duas situações e não foi possível identificá-lo em 40% dos participantes em estado hiperglicêmico.

A validade do glicosímetro portátil para avaliação da capacidade aeróbia não está confirmada. Para melhor investigá-lo são necessários novos estudos envolvendo controle dietético, dosagens hormonais e comparação aos aparelhos laboratoriais.

Palavras chave: glicosímetro portátil, limiar glicêmico, limiar anaeróbio, ponto de compensação respiratório e hiperglicemia.

Abstract

The objective of the study was to compare the intensities of anaerobic threshold dosages for glycemic (LG), blood lactate (LAN) and the respiratory compensation point (RCP). For this, ten physically active men aged stature, body mass and VO_{2max} of $(26.4 \pm 4.6$ years, height 177.5 ± 7.3 cm, body

mass of 80.9 ± 11.9 kg and consumption maximum O_2 uptake (VO_{2max}) of 39.4 ± 5.1 ml·kg⁻¹·min⁻¹) performed two maximal incremental cycle ergometer tests in situations of normoglycemia and hyperglycemia. The results showed no difference between LG, LAN and PCR in different glycemic states. The values were significantly correlated in the situation NORMO (LGxLAN $r = 0.68$), HIPER (LGxLAN $r = 0.87$; LANxPCR $r = 0.75$) and between them ($r = 0.65$ LANxLAN; PCRxPCR $r = 0.85$). However, LG did not correlate in both situations and could not identify him in 40% of participants in the hyperglycemic state.

The validity of the portable glucometer to evaluate aerobic capacity is not confirmed. To better investigate it further studies are needed involving dietary control, hormonal measurements and compared to laboratory apparatus.

Keywords: portable glucometer, glucose threshold, anaerobic threshold, respiratory compensation point and hyperglycemia.

INTRODUÇÃO

O limiar glicêmico (LG) tem sido considerado uma metodologia alternativa para a determinação do limiar anaeróbio (38,41,42). A determinação do LG durante um teste incremental é possível, pois as concentrações de glicose ([Gli]) tendem a diminuir nas primeiras intensidades tendo um aumento abrupto e sistemático a partir da intensidade correspondente ao limiar anaeróbio.

Além disso, o LG parece ser sensível ao treinamento predominantemente aeróbio (38), tem sido bem associado ao limiar anaeróbio determinado por meio dos protocolos de lactato mínimo e limiar anaeróbio individual (37,41) e também à máxima fase estável de lactato (MFEL) (42), reconhecida como protocolo “padrão ouro” para a determinação do limiar anaeróbio (6,7).

No entanto, assim como o limiar anaeróbio determinado por meio das concentrações de lactato ([Lac]), o LG tem sua introdução na rotina de treinamento dificultada pelo elevado custo envolvido na determinação das [Gli] por meio de métodos laboratoriais. Neste sentido, a utilização do glicosímetro portátil diminuiria os custos e facilitaria a aplicabilidade do LG durante a rotina de treinamento de várias modalidades.

Entretanto, poucos estudos utilizaram o glicosímetro portátil para a determinação do LG (27,31,38,39), dificultando a validade deste modelo. Com isso, mais estudos são necessários para que esta metodologia seja comparada aos valores obtidos por outros métodos já consagrados na literatura (i.e. limiar anaeróbio determinado por [Lac] e/ou por trocas gasosas). Além disso, ainda não são encontrados na literatura estudos quem investiguem quais os efeitos de diferentes estados glicêmicos sobre o LG determinado por meio do glicosímetro portátil.

Desse modo, tendo em vista a facilidade de mensuração das [Gli] por meio do glicosímetro portátil e que poucos estudos investigaram esta ferramenta para a determinação do LG, os objetivos do presente estudo foram determinar as possíveis associações do LG ao limiar anaeróbio determinado por meio das [Lac] e de trocas gasosas (i.e. ponto de compensação respiratório; PCR), além de investigar os possíveis efeitos de diferentes estados glicêmicos sobre a determinação do LG.

MATERIAIS E MÉTODOS

Participantes

Dez homens fisicamente ativos com idade estatura, massa corporal e $\text{VO}_{2\text{max}}$ de $(26,4 \pm 4,6$ anos, estatura de $177,5 \pm 7,3$ cm, massa corporal de $80,9 \pm 11,9$ kg e consumo máximo de O_2 ($\text{VO}_{2\text{MAX}}$) de $39,4 \pm 5,1$ $\text{ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$) participaram voluntariamente do presente estudo. Todos foram informados sobre os riscos e benefícios envolvidos e somente foram incluídos nas análises aqueles que concordaram com o termo de consentimento livre e esclarecido. Todos os procedimentos realizados foram aprovados pelo comitê de ética em pesquisa da Instituição (nº 07986112.4.0000.5402) e conduzidos conforme os princípios da declaração de Helsinki.

Desenho experimental

Os participantes foram submetidos a dois testes incrementais máximos separados por um intervalo de 48 horas. O primeiro esforço progressivo foi realizado em condições normoglicêmicas (NORMO; glicemia ≤ 99 $\text{mg} \cdot \text{dL}^{-1}$) e o segundo em estado hiperglicêmico (HIPER; glicemia > 99 $\text{mg} \cdot \text{dL}^{-1}$). As elevadas concentrações de glicose ([Gli]) foram induzidas por meio da ingestão de 50 gramas de carboidratos (CHO) entre líquidos (500ml – 30g de CHO) e sólidos (35g de chocolate – 20g de CHO).

Em ambos os esforços os participantes foram instruídos a não realizar nenhuma atividade física intensa pelo menos nas 24 horas que precederam os testes. Todos mantiveram suas dietas habituais e iniciaram as avaliações após aproximadamente três horas da última refeição.

Instrumentação

Todos os testes foram realizados em ciclo ergômetro de frenagem mecânica (Biotec 2100 AC, Cefise, Brasil). As respostas ventilatórias foram monitoradas constantemente a cada respiração por meio de um analisador de gases (Quark PFT, Cosmed, Roma, Itália). O analisador foi calibrado automaticamente a partir concentrações conhecidas de oxigênio (16%) e dióxido de carbono (5%). Além disso, o ventilômetro foi calibrado utilizando uma seringa específica de três litros (Hans Rudolf, Itália). Todos os procedimentos de calibração foram conduzidos conforme as especificações do fabricante.

Para a determinação das [Gli], aproximadamente 0,7µL de sangue foram coletados do lóbulo da orelha e imediatamente depositados em fitas reagentes para a determinação das [Gli] (Bioeasy[®], Biocheck_{TD-4225}). Para determinação das concentrações de lactato ([Lac]), 25 µL de sangue foram coletados e armazenados para posterior análise (Yellow Springs Instruments modelo 1500 Sport, Ohio, USA). Após cada estágio a frequência cardíaca (FC) (Polar[®] modelo S810i) e a percepção subjetiva de esforço (PSE) (8) também foram determinadas.

Testes Incrementais

Os testes incrementais realizados em ambas as situações (NORMO e HIPER) tiveram carga inicial de 70 watts com incremento de 17 watts a cada três minutos. A cadência foi mantida em 70 revoluções por minuto (rpm) durante todo o teste. O esforço foi realizado até a exaustão voluntária ou até o participante ser incapaz de manter a cadência por mais de 20s.

O $\text{VO}_{2\text{MAX}}$ foi assumido como a maior média do consumo de oxigênio (VO_2) dos últimos 30s de exercício, quando pelo menos dois dos quatro critérios foram observados: 1) $[\text{Lac}] \geq 8\text{mM}$; 2) frequência cardíaca $\geq 90\%$ da máxima predita ($220 - \text{idade}$); 3) coeficiente respiratório (QR) $\geq 1,10$ e 4) variação no VO_2 entre o penúltimo e último estágio de exercício menor que $2,1 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$. A P_{MAX} foi considerada como a menor intensidade em que o $\text{VO}_{2\text{MAX}}$ foi atingido. Quando o quarto critério não foi atingido a P_{MAX} foi considerada como sendo a maior intensidade atingida durante o teste. No caso do participante ter entrado em exaustão antes do término do estágio, a P_{MAX} foi ajustada conforme a equação proposta por Kuipers et al. (1985).

Determinação do limiar anaeróbio

O presente estudo determinou, em ambas as situações (NORMO e HIPER), o limiar anaeróbio por meio das $[\text{Lac}]$ (LAN), das $[\text{Gli}]$ (i.e. limiar glicêmico; LG) e das trocas gasosas (i.e. ponto de compensação respiratório; PCR). Todos os métodos foram realizados por inspeção visual e a moda entre três avaliadores foi utilizada para as análises.

As $[\text{Gli}]$ e as $[\text{Lac}]$ foram ajustadas em função da intensidade. O LG foi assumido como a intensidade correspondente a menor $[\text{Gli}]$ seguida de um aumento abrupto e sistemático da glicemia (41). O LAN foi considerado como a intensidade em que um aumento abrupto nas $[\text{Lac}]$ foi evidenciado. O equivalente ventilatório de CO_2 (VE/CO_2) foi plotado em função do tempo, sendo o PCR assumido como o ponto a partir do qual ocorreu um aumento abrupto e sistemático da relação.

Análise Estatística

A normalidade dos dados foi confirmada pelo teste de Shapiro Wilk. Além disso, esfericidade dos dados foi determinada por meio teste de Mauchley, sendo corrigida pelo teste de Greenhouse-Geiser, quando necessário. As possíveis diferenças entre os métodos de determinação do limiar anaeróbio nas duas situações (NORMO e HIPER), foram testadas por meio da análise de variância para medidas repetidas, seguida do post-hoc de Tukey.

As possíveis foram verificadas pelo teste de correlação de Pearson. Para todas as análises o nível de significância foi fixado em $p < 0,05$.

RESULTADOS

A tabela 1 demonstra as variáveis correspondentes aos testes incrementais realizados nos momentos NORMO e HIPER. Apenas as [Gli] e [Lac] no repouso foram diferentes entre os dois momentos ([Gli]= 25% e [Lac]= 50% maiores na situação HIPER). No momento NORMO foi possível a identificação do LG em todos os participantes (Figura 1). Entretanto, no momento HIPER o LG foi identificado em apenas seis participantes. A figura 2 demonstra o comportamento individual das [Gli] durante o teste incremental realizado no momento HIPER.

Tabela 1. Valores médios $\pm$ desvio padrão, das variáveis avaliadas nos testes incrementais nos momentos de normoglicemia (NORMO) e hiperglicemia (HIPER).

	NORMO	HIPER
QR _{MAX}	1,1 $\pm$ 0,1	1,1 $\pm$ 0,1
FC _{MAX} (bpm)	175,4 $\pm$ 13,0	179,1 $\pm$ 12,1
[Lac] _{REP} (mM)	0,89 $\pm$ 0,2	1,83 $\pm$ 0,4*
[Lac] _{P_{MAX}} (mM)	8,0 $\pm$ 2,4	9,0 $\pm$ 2,8
[Gli] _{REP} (mg/dL)	86,4 $\pm$ 7,2	114,7 $\pm$ 16,3*
[Gli] _{P_{MAX}} (mg/dL)	81,9 $\pm$ 10,6	71,5 $\pm$ 9,8
P _{MAX} (w)	180,5 $\pm$ 23,0	180,5 $\pm$ 26,9
VO _{2MAX} (ml/kg/min)	38,9 $\pm$ 5,0	39,9 $\pm$ 5,1
PSE _{MAX}	19,5 $\pm$ 1,0	19,5 $\pm$ 1,6

QR_{MAX}: coeficiente respiratório máximo; FC_{MAX}: frequência cardíaca máxima; [Lac]_{REP}: concentração de lactato sanguíneo no repouso; [Lac]_{P_{MAX}}: concentração de lactato sanguíneo no último estágio; [Gli]_{REP}: glicemia no repouso; [Gli]_{P_{MAX}}: glicemia no último estágio; P_{MAX}: potência máxima; VO_{2MAX}: consumo máximo de oxigênio; PSE_{MAX}: percepção subjetiva de esforço no último estágio. * diferença estatística em relação ao momento NORMO.

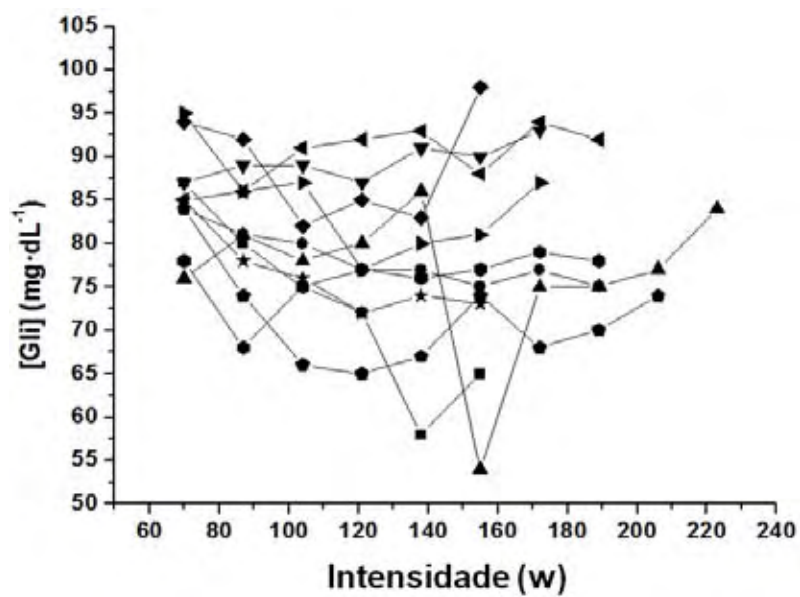


Figura 1. Comportamento individual das concentrações de glicose ([Gli]) observado durante o teste incremental realizado em condição normoglicêmica.

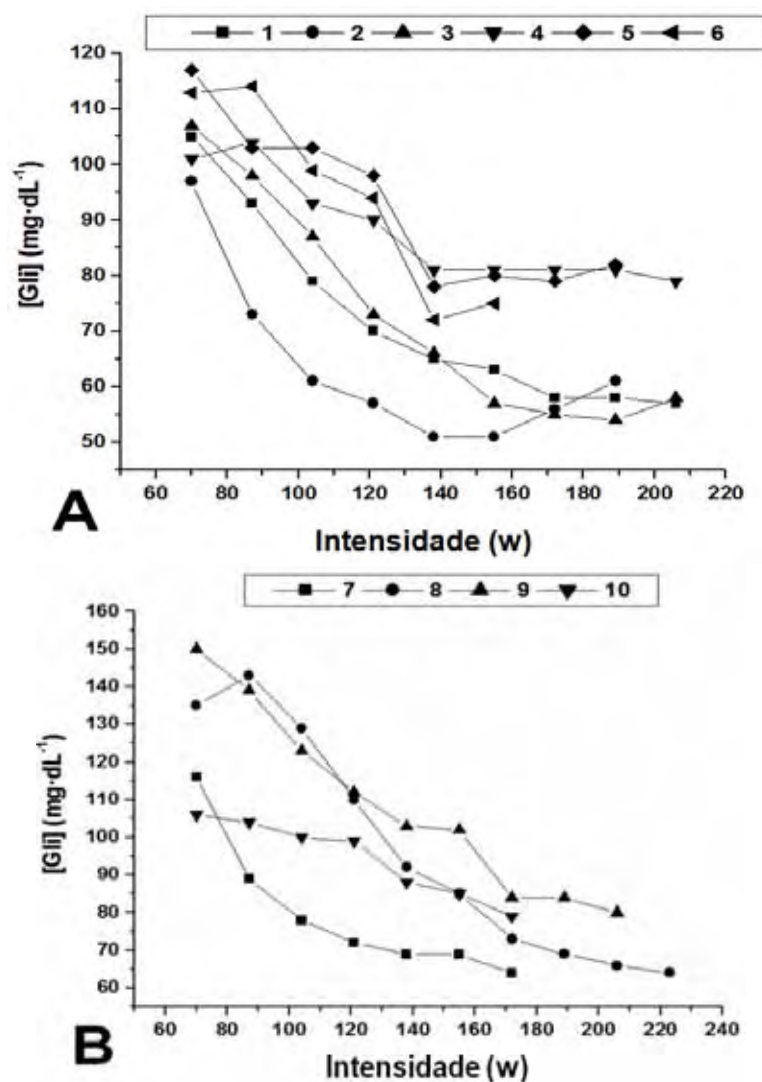


Figura 2. Comportamento individual das concentrações de glicose ([GII]) observadas durante o teste incremental realizado em hiperglicemia (**A**= participantes em que o limiar glicêmico (LG) foi determinado; **B**= participantes em que não foi possível a determinação do LG).

A figura 3 apresenta o percentual de sucesso (%) na determinação do LG nas situações NORMO e HIPER. A tabela 2 demonstra os valores de velocidade e das variáveis fisiológicas relacionadas ao LG, PCR e ao LAN. Apenas o PCR e o LAN, não foram diferentes e apresentaram correlações significativas ($r=0,85$ e $r=0,65$, respectivamente) entre as duas situações. O LG do momento

NORMO, embora não tenha apresentado diferenças significativas, não foi correlacionado ao determinado em hiperglicemia ($r= 0,63$; $p=0,18$). Além disso, o LG determinado nas duas situações foi significativamente correlacionado apenas ao LAN (Tabela 3).

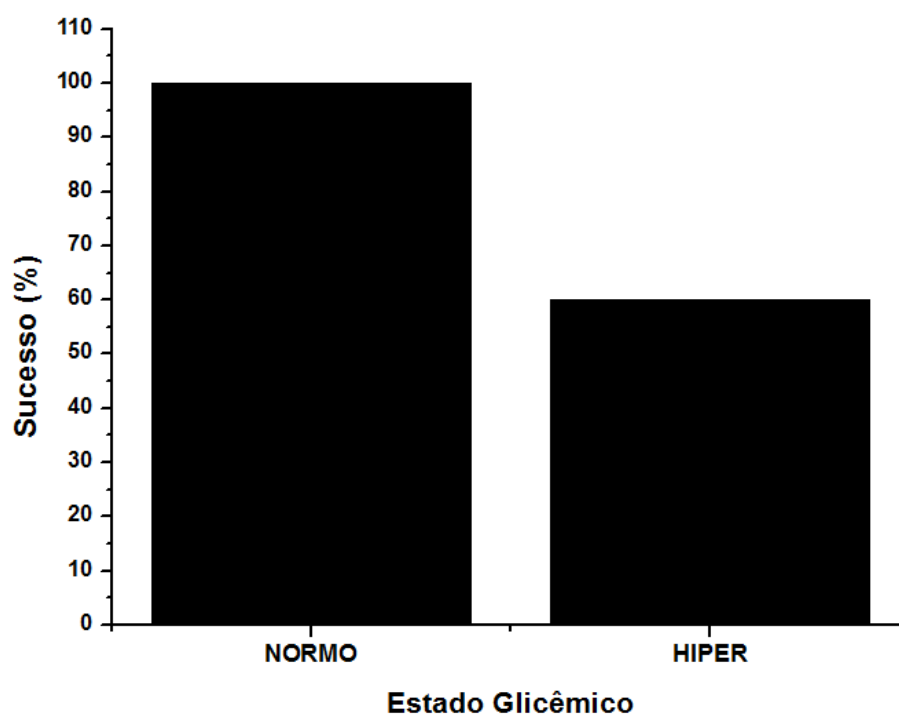


Figura 3. Percentual de sucesso (%) na determinação do limiar glicêmico (LG) nas situações de normoglicemia (NORMO) e hiperglicemia (HIPER).

Tabela 2. Valores médios $\pm$ desvio padrão, das intensidades e das variáveis fisiológicas relacionadas ao limiar anaeróbio (LAN), ao ponto de compensação respiratório (PCR) e ao limiar glicêmico (LG), determinados nos momentos normoglicêmicos (NORMO) e hiperglicêmicos (HIPER).

Método	Situação	Pot (w)	FC (bpm)	%P _{MAX}	PSE
LAN	NORMO	124,4 $\pm$ 20,9	145,9 $\pm$ 15,3	69,0 $\pm$ 8,8	15,4 $\pm$ 3,3
	HIPER	126,1 $\pm$ 19,7	149,2 $\pm$ 16,7	70,4 $\pm$ 9,9	15,9 $\pm$ 2,8
PCR	NORMO	138,0 $\pm$ 20,3	151,6 $\pm$ 19,0	78,5 $\pm$ 8,8	16,1 $\pm$ 1,4
	HIPER	139,9 $\pm$ 21,6	159,2 $\pm$ 17,0	78,5 $\pm$ 10,9	15,9 $\pm$ 0,8
LG	NORMO	136,3 $\pm$ 24,6	151,3 $\pm$ 15,0	76,0 $\pm$ 12,8	15,7 $\pm$ 2,1
	HIPER	157,8 $\pm$ 36,3	165,7 $\pm$ 14,9	85,5 $\pm$ 8,7	15,7 $\pm$ 2,9

Pot: potência; FC: frequência cardíaca (FC); %P_{MAX}: percentual da potência máxima atingida durante o teste incremental; PSE: percepção subjetiva de esforço. Obs: os valores de LG demonstrados na situação HIPER, foram evidenciados em apenas seis participantes.

Tabela 3. Coeficientes de correlação Pearson observados entre o limiar glicêmico (LG) e outros métodos de determinação da capacidade aeróbia, evidenciados nos momentos normoglicêmicos (NORMO) e hiperglicêmicos (HIPER).

	LG	
	NORMO	HIPER
LAN	0,68*	0,87*
PCR	0,39	0,78

LAN: limiar anaeróbio; PCR: ponto de compensação respiratório. * p<0,05

DISCUSSÃO

O presente estudo comparou as intensidades de LG determinadas por glicosímetro portátil com as intensidades de LAN e PCR em dez indivíduos fisicamente ativos, nas condições de normoglicemia e hiperglicemia. Nenhuma diferença significativa foi encontrada entre os três métodos nas duas situações, no entanto a condição hiperglicêmica impossibilitou a determinação do LG em 40% dos indivíduos, evidenciando alteração significativa do comportamento glicêmico em teste progressivo no cicloergômetro após hiperglicemia induzida por 50g de carboidratos.

A ingestão de CHO antes do exercício fornece maior aporte de glicose para as contrações musculares, no entanto seus efeitos na melhora do desempenho ainda são contraditórios (3,4,9,13,16,17,23,30,35,36,43,47), assim como, a magnitude das respostas fisiológicas geradas após sua ingestão. Considerando que as maiores concentrações sanguíneas de insulina e glicose ocorrem aproximadamente 30min após a ingestão de CHO (11,22,28,46) é provável que elas interfiram nas respostas fisiológicas ao longo do exercício. Moseley et al. (2003) compararam as concentrações de insulina plasmática e [Gli] após 15, 45 e 75min da ingestão de CHO, mostrando que os valores foram significativamente maiores após 15min. Comportamento semelhante ao encontrado no presente estudo, onde as [Gli] foram significativamente maiores após 20min da ingestão de CHO (NORMO= $86,4 \pm 7,2$ e HIPER= $114,7 \pm 16,3$ mg·dL⁻¹), permanecendo elevadas até o início do terceiro estágio (após 6 minutos de teste). Isso evidencia que a hiperglicemia foi atingida.

Não obstante, as [Gli] diferirem no repouso e nos estágios 1, 2 e 7 entre as duas situações, as intensidades determinadas pelos três métodos não

foram diferentes, e correlações significativas foram encontradas. No entanto, o LG não foi correlacionado nos dois momentos, e não foi identificado em 40% da amostra na situação HIPER. Apesar desse estudo não ter dosado hormônios importantes como insulina, glucagon e as catecolaminas, o comportamento das [Gli] observado na situação HIPER pode ser decorrente da hiperinsulinemia acarretada pela ingestão prévia de CHO, e está muitas vezes associada a uma rápida queda nas [Gli], diminuições na lipólise e glicogenólise hepática no começo do exercício (1,10,14,15,16,19,26,28,32). Kuipers et al. (1999) mostraram que doses de 50g de CHO, como a utilizada no presente estudo, podem causar maiores reduções nas [Gli] quando comparadas a 40, 60, 70 e 80g. Koivisto et al. (1981) mostraram que a queda nas [Gli] no início do exercício após ingestão de CHO, foi diretamente proporcional a elevação glicêmica ($r = 0,81$) e insulinêmica ($r = 0,82$).

As elevadas [Gli] estimulam maiores liberações de insulina, tornando maior a razão insulina/glucagon e gerando queda na lipólise e glicogenólise hepática (14,15,19,26,44,45). Esse conjunto de reações, juntamente com a contração muscular pode aumentar a captação de CHO (12,18) e refletir nas [Lac], como aconteceu nesse estudo. As [Lac] foram significativamente superiores no repouso e nos estágios seguintes (com exceção do 6º, 7º e 9º). Ainda assim, as [Lac] médias no momento da exaustão não foram diferentes (NORMO= $8,0 \pm 2,4$ mM e HIPER= $9,0 \pm 2,8$ mM), bem como, a Pmax, VO2max, FCmax, QRmax, PSE e os percentuais do LG em o LAN e PCR foram atingidos.

Embora os resultados não evidenciem diferenças entre os métodos, a não determinação do LG em 4 dos 10 participantes deve ser considerada.

Esse comportamento glicêmico está relacionado a interação entre os mecanismos de captação e liberação de glicose. Hormônios como a insulina, glucagon e as catecolaminas são os principais atuantes, e ao alterá-los, a dinâmica de fornecimento de energia se altera. Estudos anteriores afirmam que uma sessão aguda de exercício aeróbio submáximo, aumenta a captação de glicose por 2 a 48h pós exercício (2,21) e a sensibilidade a insulina em até 72h (40). No presente estudo, o teste incremental na situação HIPER foi realizado 48h após o da situação NORMO, por isso, é provável que a hiperglicemia induzida, tenha se somado a maior atividade dos mecanismos de captação de glicose gerados pelo primeiro teste e com isso influenciado o comportamento das [Gli]. Além da queda acentuada, nesses indivíduos não foi encontrada inflexão e o aumento sistemático esperado nas [Gli].

O ponto de inflexão e a consequente elevação da [Gli] em testes progressivos está associado a ação de hormônios hiperglicemiantes nos tecidos hepático e muscular. Balikian et al. (2001) mostraram que após o uso de medicamento β -bloqueador, não foi possível determinar o LG, devido a queda constante nas [Gli]. A ação dos hormônios adrenalina e glucagon têm influência direta na glicogenólise hepática, por sua vez, a produção de glucagon é inibida por elevadas concentrações de insulina e glicose, e uma maior razão insulina/glucagon pode promover a utilização da glicose circulante no metabolismo hepático e também estimular a gliconeogênese (29,34,48). Dessa forma, é possível q o processo de liberação de glicose pelo fígado tenha sido retardado e o equilíbrio entre sua captação e liberação comprometido. Essas reações podem ter interferido na manifestação da inflexão necessária para determinação do LG.

Em resumo, as intensidades determinadas pelos métodos LG, LAN e PCR não diferiram significativamente nas situações de normoglicemia e hiperglicemia. No entanto o LG não foi correlacionado nos dois momentos, e não foi possível sua determinação em 40% da amostra na situação HIPER. Para os próximos estudos alguns cuidados devem ser considerados, como: controle dietético, dosagens hormonais e utilização de glicosímetros laboratoriais para efeito de comparação.

Agradecimentos

Os autores gostariam de agradecer o apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa do estado de São Paulo – FAPESP na realização deste trabalho (Processo Nº : 2011/03217-5).

Referências bibliográficas

1. Ahlborg G, and Felig P. Substrate utilization during prolonged exercise preceded by ingestion of glucose. Am. J. Physiol. 233 (Endocrinol. Metab. Gastrointest. Physiol. 2): E188-E194, 1977.
2. Albright A, Franz M, Hornsby G, Kriska A, Marrero D, Ullrich I, Verity LS. American College of Sports Medicine position stand. Exercise and type 2 diabetes. Med Sci Sports Exerc.;32(7):1345–60, 2000.
3. Anantaraman R, Carmines AA, Gaesser GA, Weltman A. Effects of carbohydrate supplementation on performance during 1 h of high intensity exercise. Int J Sports Med 16:461–465, 1995.
4. Anderson M, Bergman EA, Nethery VM. Preexercise meal affects ride time to fatigue in trained cyclists. J Am Diet Assoc 94:1152–1153, 1994.
5. Balikian, P.B., Neiva, C.M., & Denadai, B.S. Effect of an acute β -adrenergic blockade on the blood glucose response during lactate

- minimum test. *Journal of Science and Medicine in Sport* 4 (3): 257-265, 2001.
6. Beneke R. Maximal lactate steady state concentration (MLSS): experimental and modelling approaches. *Eur J Appl Physiol* ; 88, 2003a.
 7. Beneke R. Methodological Aspects Of Maximal Lactate Steady State- Implications For Performance Testing. *Eur J Appl Physiol*. Mar;89(1):95-9. Epub Jan 21, 2003b.
 8. Borg, GA. Psychophysical bases of perceived exertion. *Med Sci Sports Exerc* 14: 377-81, 1982.
 9. Calles-Escandon J, Devlin JT, Whitcomb W, Horton ES. Pre-exercise feeding does not affect endurance cycle exercise but attenuates post-exercise starvation-like response. *Med Sci Sports Exerc* 2:818–824, 1991.
 10. Costill, DL, E. Coyle, G. Dalsky, W. Evans, W. Fink, and D. Hoopes. Effects of elevated plasma FFA and insulin on muscle glycogen usage during exercise. *J. Appl. Physiol.: Respirat. Environ. Exercise Physiol.* 43: 695-699, 1977.
 11. Décombaz J, Sartori D, Arnaud M, Thelin A, Schurz P, Howald H. Oxidation and metabolic effects of fructose or glucose ingested before exercise. *Int J Sports Med* 6:282–28, 1985.
 12. DeFronzo, RA, E. Ferrannini, Y. Sato, P. Felig, and J. Wahren. Synergistic interaction between exercise and insulin on peripheral glucose uptake. *J. CZin. Invest.* 68: 1468-1474. 1981.
 13. DeMarco HM, Sucher KP, Cisar CJ, Butterfield GE. Pre-exercise carbohydrate meals: application of glycemic index. *Med Sci Sports Exerc* 31:164 170, 1999.
 14. Febbraio, M.A., Chiu, A., Angus, D.J., Arkinstall, M.J. and Hawley, JA. Effects of carbohydrate ingestion before and during exercise on glucose kinetics and performance. *Journal of Applied Physiology*, 89, 2220–2226, 2000a.
 15. Febbraio, M.A., Keenan, J., Angus, D.J., Campbell, S.E. and Garnham, AP. Preexercise carbohydrate ingestion, glucose kinetics, and muscle glycogen use: effect of the glycemic index. *Journal of Applied Physiology*, 89,1845–1851, 2000b.
 16. Foster C, Costill DL, Fink WJ. Effects of preexercise feedings on endurance performance. *Med Sci Sports* 11:1–5 Hargreaves M, Costill DL, Fink WJ, King DS, Fielding A (1987) Effect of pre-exercise carbohydrate feedings on endurance cycling performance. *Med Sci Sports Exerc* 19:33–36, 1979.

17. Goodpaster BH, Costill DL, Fink WJ, Trappe TA, Jozsi AC, Starling RD, Trappe SW. The effects of pre-exercise starch ingestion on endurance performance. *Int J Sports Med* 17:366–372, 1996.
18. Hargreaves M, B. Kiens, and E. A. Richter. Effect of increased plasma free fatty acid concentrations on muscle metabolism in exercising men. *J. AppZ. PhysioZ.* 70: 194-201, 1991.
19. Hargreaves M, Hawley JA, Jeukendrup AJ. Pre exercise carbohydrate and fat ingestion: effects on metabolism and performance *Sports Sci. Jan;22(1):31-8*, 2004.
20. Hargreaves M, Richter E. A Regulation of Skeletal Muscle Glycogenolysis During Exercise. *Can J Sports Sci* 13:197±203, 1988.
21. Hawley JA, Lessard SJ. Exercise training-induced improvements in insulin action. *Acta Physiol (Oxf)*.192(1):127–35, 2008.
22. Jandrain B, Krzentowski G, Pirnay F, Mosora F, Lacroix M, Luyckx A, Lefebvre P. Metabolic availability of glucose ingested 3h before prolonged exercise in humans. *J Appl Physiol* 56:1314 1319, 1984.
23. Kirwan JP, O’Gorman D, Evans WJ. A moderate glycemic meal before indurance exercise can enhance performance. *J Appl Physiol* 84:53–59, 1998.
24. Koivisto VA, Karonen SL, Nikkila V. Carbohydrate ingestion before exercise: comparison of glucose, fructose and sweet placebo. *J Appl Physiol (Respirat Environ Exercise Physiol)*; 51: 783-7, 1981.
25. Kuipers H, Verstappen FTJ, Keizer HA, Guerten P, Van Kranenburg G. Variability of aerobic performance in the laboratory and its physiologic correlates. *International Journal of Sports Medicine*, Stuttgart, v.6, p.197-201, 1985.
26. Marmy-Conus N, Fabris S, Proietto J, Hargraeves M. Preexercise glucose ingestion and glucose kinetics during exercise. *J Appl Physiol*; 81: 8537, 1996.
27. Malachias PC, Zabaglia R, Frota De Souza TM. Determinação Do Limiar Anaeróbio Utilizando O Glicosímetro Clínico. *Ensaio E Ciência* V.2, N. 2 2007.
28. Matthew L. Goodwin, Ph.D. Blood Glucose Regulation during Prolonged, Submaximal Continuous Exercise: A Guide for Clinicians *Journal of Diabetes Science and Technology*. Volume 4, Issue 3, May 2010

29. Marzzoco A, Torres BB. Bioquímica Básica. 2nd ed., Guanabara Koogan, Rio de Janeiro, 1999.
30. Maughan RJ, Gleeson M. Influence of a 36h fast followed by refeeding with glucose, glycerol or placebo on metabolism and performance during prolonged exercise in man. *Eur J Appl Physiol* 57:570–576, 1988.
31. Mendes TT, De Barros CLM, Mortimer LACF, Puga GM, Ramos GP, Prado LS, Silami-Garcia E. Individual Glucose Threshold And Maximal Lactate Steady State Coincidence Analysis. *Journal Of Exercise Physiology Online* Volume 14 Number 2 April 2011.
32. Moore LJ, Midgley AW, Thurlow S, Thomas G, Mc Naughton LR. Effect of the glycaemic index of a pre exercise meal on metabolism and cycling time trial performance. *J Sci Med Sport*. 2010.
33. Moseley L, Graeme I. Lancaster Asker E. Jeukendrup. Effects of timing of pre-exercise ingestion of carbohydrate on subsequent metabolism and cycling performance. *Eur J Appl Physiol* 88: 453–458, 2003.
34. Nelson DL, Cox MM. *Lehninger Principles of Biochemistry*. 4th ed., Freeman and Company, New York 2005.
35. Okano G, Takeda H, Morita I, Katoh M, Mu Z, Miyake S (1988) Effect of pre-exercise fructose ingestion on endurance performance in fed man. *Med Sci Sports Exerc* 20:105–109
36. Palmer GS, Clancy MC, Hawley JA, Rodger IM, Burke LM, Noakes TD Carbohydrate ingestion immediately before exercise does not improve 20 km time trial performance in well trained cyclists. *Int J Sports Med* 19:415–418, 1998.
37. Ribeiro LFP, Baldissera V, Balikian P, Soares AR. Anaerobic threshold in swimming: comparison between different protocols. *Rev bras Educ Fís Esp* 18:201-212, 2004.
38. Rocha C, Canellas A, Monteiro D, Antoniazzi M, Azevedo PHSM. Changes In Individual Glucose Threshold During Military Training. *Int J Sports Med*; 31: 1 – 4, 2010.
39. Sengoku Y, Nakamura K, Takeda T, Nabekura Y , Tsubakimoto S. Glucose Response After A Ten-Week Training In Swimming. *Int J Sports Med*; 32: 835–838, 2011.
40. Sigal RJ, Kenny GP, Wasserman DH, Castaneda-Sceppa C, White RD. Physical activity/exercise and type 2 diabetes: a consensus

statement from the American Diabetes Association. *Diabetes Care*.29(6):1433–8, 2006.

41. Simões HG, Grubert Campbell CS, Kokubun E, Denadai BS, Baldissera V. Blood Glucose Responses In Humans Mirror Lactate Responses For Individual Anaerobic Threshold And For Lactate Minimum In Track Tests. *European Journal Of Applied Physiology*, 80:1, 34-40, 1999.
42. Sotero RC, Pardono E, Landwehr R, Campbell CSG, Simões HG. Blood Glucose Minimum Predicts Maximal Lactate Steady State On Running. *Int J Sports Med*; 30: 1–4, 2009.
43. Sparks MJ, Sellig SS, Febbraio MA. Preexercise carbohydrate ingestion: effect of the glycemic index on endurance exercise performance. *Med Sci Sports Exerc* 30:844–849, 1998.
44. Stannard, SR, Constantini, NW, Miller, JC. The effect of glycemic index on plasma glucose and lactate levels during incremental exercise. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*, v. 10, n.1, p 51-61, mar 2000.
45. Stevenson, EJ, Williams, C, Mash, LE, Phillips, B, Nute, ML. influence of high-carbohydrate mixed meals with different glycemic indexes on substrate utilization during subsequent exercises in women. *Am J Clin Nutr*, v 84, n.2, p.354-60, Aug. 2006.
46. Thomas DE, Brotherhood JR, Brand Miller JC. Plasma glucose levels after prolonged strenuous exercise correlate inversely with glycemic response to food consumed before exercise. *Int J Sports Nutr* 4:361–373, 1994.
47. Ventura JLI, Estruch A, Rodas G, Segura R. Effect of prior ingestion of glucose or fructose in the performance of exercise of intermediate duration. *Eur J Appl Physiol* 68:345–349, (1994)
48. Voet D, Voet JG, Pratt CW. *Fundamentos de Bioquímica*. Artmed, Porto Alegre 2002.