

DETERMINAÇÃO DO LIMIAR ANAERÓBIO POR MEIO DE DOSAGENS GLICÊMICAS E LACTACIDÊMICAS EM TESTES DE PISTA PARA CORREDORES

Herbert Gustavo SIMÕES^ˆ
Carmen Silvia Grubert CAMPBELL^{**}
Vilmar BALDISSERA^{*}
Benedito Sérgio DENADAI^{***}
Eduardo KOKUBUN^{***}

RESUMO

Com o objetivo de comparar os valores de Limiar Anaeróbio (AT) determinados pelo lactato sanguíneo (lac) e glicemia (glic), 12 corredores homens ($25,5 \pm 7,0$ anos) realizaram os seguintes testes de corrida: a) "performance" em 3.000 m (V_{m3Km}); b) lactato mínimo (Lacmin): 1 x 500 m à máxima velocidade (vel), seguido de 6 x 800 m a intensidades de 87 a 98% da V_{m3Km} , com pausa de 45 s; a vel correspondente à menor [lac] durante o teste foi considerada como AT (Tegtbur et alii, 1993); c) limiar anaeróbio individual (IAT): 8 x 800 m a intensidades progressivas de 84 a 102% da V_{m3Km} , com pausa de 45 s; o AT foi determinado considerando-se a cinética do lac durante o teste (Stegmann et alii, 1981); d) vel correspondente à $[4 \text{ mmol.l}^{-1}]$ (Vel4mM): interpolação entre lac e vel em 2 x 1.200 m a intensidades de 85 e 100% respectivamente da V_{m3Km} ; e) a vel correspondente à menor glic nos testes do IAT (<GlicIAT) e Lacmin (<GlicLacmin) foi considerada como AT determinado pela glic. Não houve diferenças para os valores de AT determinados pelas diferentes técnicas estudadas ($p > 0,05$; vide tabela abaixo).

	IAT	Lacmin	Vel4mM	<GlicIAT	<GlicLacmin
Vel (m.min^{-1})	$282,6 \pm 18,8$	$285,2 \pm 19,7$	$288,9 \pm 20,1$	$280,7 \pm 21$	$286,3 \pm 19,4$
FC (bpm)	$175,7 \pm 10,4$	$178,1 \pm 11,3$	$173,3 \pm 9,0$	$174,4 \pm 9,8$	$179,4 \pm 11,0$

Concluimos que o AT pode ser determinado pelo lac por qualquer dos protocolos utilizados, bem como pela glic durante os testes do IAT e Lacmin.

UNITERMOS: Limiar anaeróbio; Glicemia; Lactato; Lacmin; Atletismo.

INTRODUÇÃO

O Limiar Anaeróbio (AT) é um parâmetro de aptidão aeróbia que vem sendo extensivamente utilizado em clínica médica (Hollmann, 1985), na prescrição de intensidades de exercícios para o treinamento (Oliveira, Gagliardi & Kiss, 1994) e em pesquisa na área de fisiologia do exercício (Schuetz, Traeger, Anhaeupl, Schanda, Rager, Vogt & Georgieff, 1995). Ultimamente vários protocolos tem sido utilizados

para determinação do AT. Alguns utilizam-se de variáveis ventilatórias (Ribeiro, Yang, Adams, Kuca & Knutten, 1986), enquanto muitos utilizam-se de variáveis metabólicas, especialmente dosagens de lactato sanguíneo (lac) (Heck, Mader, Hess, Mucke, Muller & Hollmann, 1985; Jacobs, 1986; Stegmann & Kindermann, 1982). Dentre os diversos métodos de determinação do AT pelo lactato sanguíneo, temos a "velocidade de corrida

^ˆ Universidade Federal de São Carlos - SP.

^{**} Universidade de Mogi das Cruzes - SP

^{***} Universidade Estadual Paulista - Rio Claro - SP.

correspondente à concentração fixa de 4 mmol.l^{-1} - ($\text{Vel}4\text{mM}$) (Heck et alii, 1985), o "Limiar Anaeróbio Individual" (IAT) (Stegmann, Kindermann & Schnabel, 1981), e o "Ponto de equilíbrio entre produção e remoção de lactato" (Lacmin) (Tegtbur, Busse, & Braumann, 1993).

Estudos anteriores mostram que o equilíbrio dinâmico de lactato pode ser observado durante exercício de longa duração, a intensidades correspondentes ao IAT (Schnabel, Kindermann, Schimtt, Biro & Stegmann, 1982), Lacmin (Tegtbur et alii, 1993) e $\text{Vel}4\text{mM}$ (Heck et alii, 1985), e que este equilíbrio dinâmico é condição para que determinada intensidade de exercício seja considerada AT (McLellan & Jacobs, 1993). O IAT é determinado em teste de cargas progressivas com estágios de três minutos de duração e dosagem de lactato sanguíneo, onde o AT é determinado de acordo com a cinética do lactato sanguíneo durante o exercício e recuperação (Stegmann et alii, 1981). O Lacmin é determinado considerando-se a intensidade de exercício correspondente ao menor valor de lactato durante teste progressivo realizado após indução de acidose láctica (Tegtbur et alii, 1993). Para a determinação da $\text{Vel}4\text{mM}$ o avaliando é submetido a um teste de cargas progressivas, composto no mínimo de dois estágios com duração de pelo menos quatro minutos cada. A Velocidade correspondente à concentração fixa de 4 mmol.l^{-1} de lactato é determinada por interpolação entre a velocidade de corrida e a concentração de lactato sanguíneo ao final de cada estágio (Chicharro & Arce, 1991). Recentemente a utilização destes protocolos em testes de pista tem sido crescente (Campbell, Simões, Kokubun, Baldissera & Denadai, 1996; Denadai & Balikian Junior, 1995; Simões, 1997), contudo existe a necessidade de um estudo comparativo entre os valores de AT determinado pela $\text{Vel}4\text{mM}$, IAT e Lacmin.

Além da determinação do AT pelo lactato, estudos tem mostrado que o AT pode ser determinado por meio de dosagens hormonais durante exercício progressivo (Chmura, Nazar &

Kaciuba-Uscilko, 1994; Port, 1991). Segundo Port (1991), durante teste de esforço progressivo ocorre um aumento exponencial tanto do lactato sanguíneo quanto da concentração de cortisol no soro e na saliva quando intensidades superiores ao AT são atingidas. Chmura et alii (1994), verificaram que os pontos de inflexão entre as curvas de lactato sanguíneo e adrenalina foram coincidentes durante exercício progressivo. A resposta de hormônios metabólicos está relacionada à mobilização de nutrientes circulantes, como o efeito hiperglicemiante do glucagon e das catecolaminas (Wilmore & Costill, 1994), mostrando a possibilidade de determinação do AT a partir da glicemia. Contudo a resposta da glicemia como possibilidade de determinação do AT durante exercício de cargas progressivas ainda não foi investigada.

O AT tem sido determinado em pista por meio de diferentes protocolos (Chicharro & Arce, 1991). Este estudo objetivou comparar os valores de AT determinado a partir do lac em diferentes protocolos de pista, e investigar a possibilidade de determinar o AT a partir da glicemia em dois protocolos.

MATERIAL E MÉTODOS

Amostra

Participaram deste estudo 12 corredores de "endurance" com idade média de $25,5 \pm 7,0$ anos e praticantes da modalidade atletismo há $7,8 \pm 3,8$ anos, nas provas de 5.000 e 10.000 m, a nível estadual. Antes de serem submetidos a este estudo, os indivíduos passaram por exames médicos prévios, foram informados acerca dos riscos e benefícios da bateria de testes, e assinaram um termo de consentimento concordando em participar da metodologia proposta. As características biométricas dos voluntários podem ser observadas na TABELA 1.

TABELA 1 - Características dos voluntários que participaram deste estudo.

	Idade (anos)	Peso (kg)	Altura (cm)	Gordura Corporal (%)	Tempo Trein. (anos)
Média	25,5	62,5	171,3	11,8	7,8
DP	7,0	4,2	3,9	4,5	3,8

Testes realizados

Os indivíduos foram submetidos a quatro testes de corrida, que foram realizados em pista de atletismo (piso de carvão), da Faculdade de Educação Física da Universidade Estadual Paulista - Rio Claro - SP. Os testes foram realizados sempre no mesmo horário, ao longo de uma semana, em diferentes dias, e tiveram sua ordem de aplicação randomizada. Durante os testes a temperatura média variou entre 21 e 24 °C, e condições desfavoráveis como chuvas e pista molhada foram evitadas.

Teste de 3.000 m

Neste teste o avaliando percorreu a distância de 3.000 m no menor tempo possível para o cálculo da velocidade média de corrida (Vm3Km). Ao final do teste foi medida a Frequência Cardíaca (FC) e a lactacidemia.

Determinação do Limiar Anaeróbio Individual por meio de dosagens lactacidêmicas (IAT) e glicêmicas (<GlicIAT)

O AT foi determinado neste protocolo, utilizando-se tanto de dosagens lactacidêmicas quanto glicêmicas. Para tanto os indivíduos realizaram um protocolo modificado

das condições laboratoriais propostas por Stegmann et alii (1981). O teste foi realizado em pista, e consistiu de oito séries de 800 m em velocidades correspondentes a 84, 87, 89, 91, 93, 95, 97 e 102% da Vm3Km. O ritmo de corrida durante o teste foi controlado por estímulo sonoro a cada 100 m. Ao final de cada série a FC foi medida e o tempo cronometrado. Durante 45 segundos de pausa entre as séries, sangue arterializado foi coletado para determinar o comportamento das curvas de lactacidemia e glicemia durante o teste. Ao final do teste, coletas de sangue foram realizadas a cada três minutos durante 12 minutos de recuperação, com o objetivo de determinar a cinética do lactato sanguíneo durante a recuperação. Apesar de utilizarmos estágios com distância fixa e não tempo fixo, a determinação do AT pelo lactato seguiu o modelo compartimental proposto por Stegmann et alii (1981), e foi denominado IAT. A velocidade de corrida correspondente à menor glicemia durante o teste foi considerada como AT determinado pela glicemia, tendo sido denominado como <GlicIAT. A FC correspondente à velocidade do IAT e <GlicIAT foram consideradas como a FCIAT e FC<GlicIAT respectivamente. A FIGURA 1 apresenta a determinação do AT por meio de dosagens de lactato sanguíneo (IAT) e glicemia (<GlicIAT) para um indivíduo.

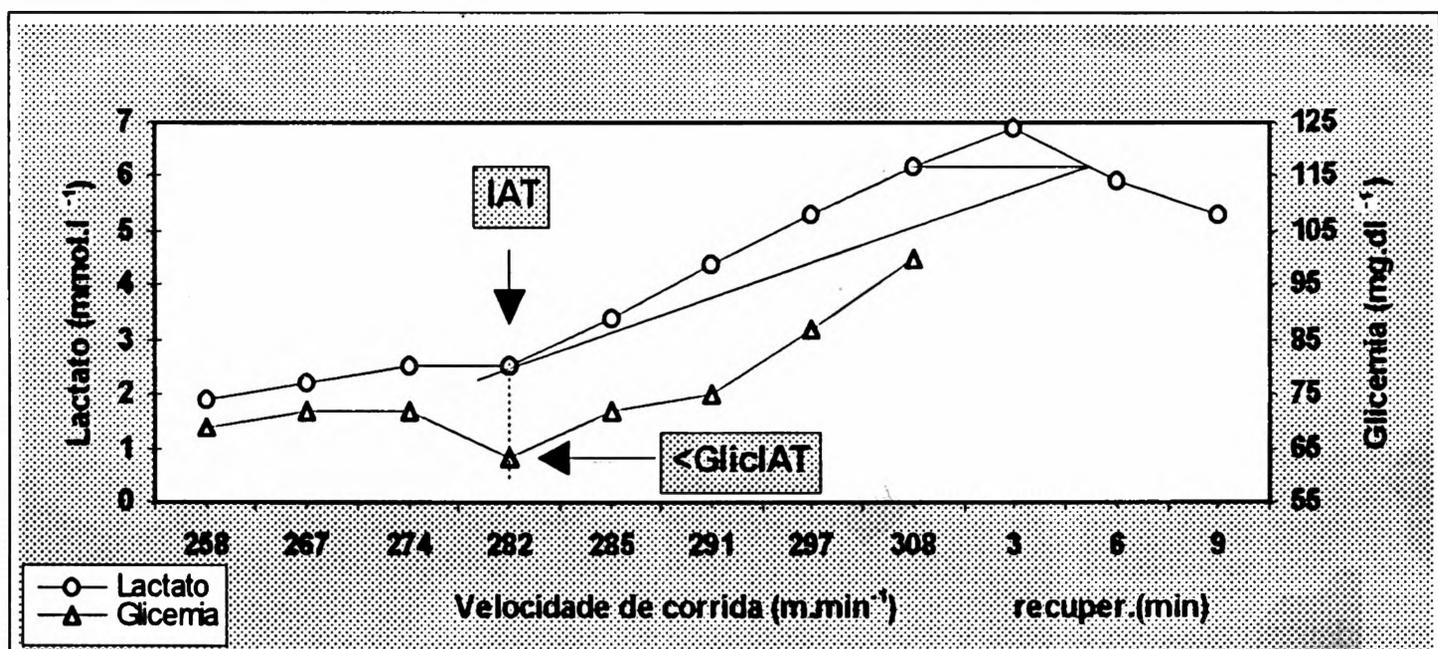


FIGURA 1 - Determinação da velocidade correspondente ao AT determinado pelo lactato (IAT) e glicemia (<GlicIAT), durante 8 x 800 m progressivos em pista para um indivíduo (SA).

Determinação do Ponto de equilíbrio entre produção e remoção de lactato por meio de dosagens lactacidêmicas (Lacmin) e glicêmicas (<GlicLacmin)

Neste protocolo o AT também foi determinado a partir de dosagens lactacidêmicas e glicêmicas. Este protocolo consistiu de uma corrida de 500 m à máxima intensidade com o objetivo de elevar os níveis de lactato sanguíneo; Aos oito minutos de recuperação após esta indução de acidose láctica, foi iniciado teste progressivo constituído de seis séries de corrida de 800 m rasos com 45 segundos de pausa. As intensidades correspondentes a estas séries de 800 m foram 87, 89, 91, 93, 95 e 98% respectivamente da V_{m3Km} . A FC foi monitorada após cada série, e sangue arterializado foi coletado aos sete minutos após corrida de 500 m e durante os 45 segundos de pausa entre cada série de 800 m, para dosagens de

lactato sanguíneo e glicemia.

A velocidade de execução de cada série de 800 m foi controlada por estímulo sonoro. O AT determinado pelo lactato neste teste foi considerado como a velocidade de corrida correspondente à menor concentração de lactato sanguíneo imediatamente antes de um novo aumento durante o teste progressivo (Tegtbur et alii, 1993), e foi denominado "Lacmin". O AT determinado pela glicemia foi considerado como a velocidade de corrida correspondente à menor glicemia durante o teste do Lacmin, e foi denominado como <GlicLacmin. A FC no momento da velocidade do AT determinado pelo Lacmin e <GlicLacmin foi considerada como a FC_{Lacmin} e $FC_{<GlicLacmin}$ respectivamente. A FIGURA 2 mostra a determinação do AT pelo lactato (Lacmin) e pela glicemia (<GlicLacmin) para um voluntário.

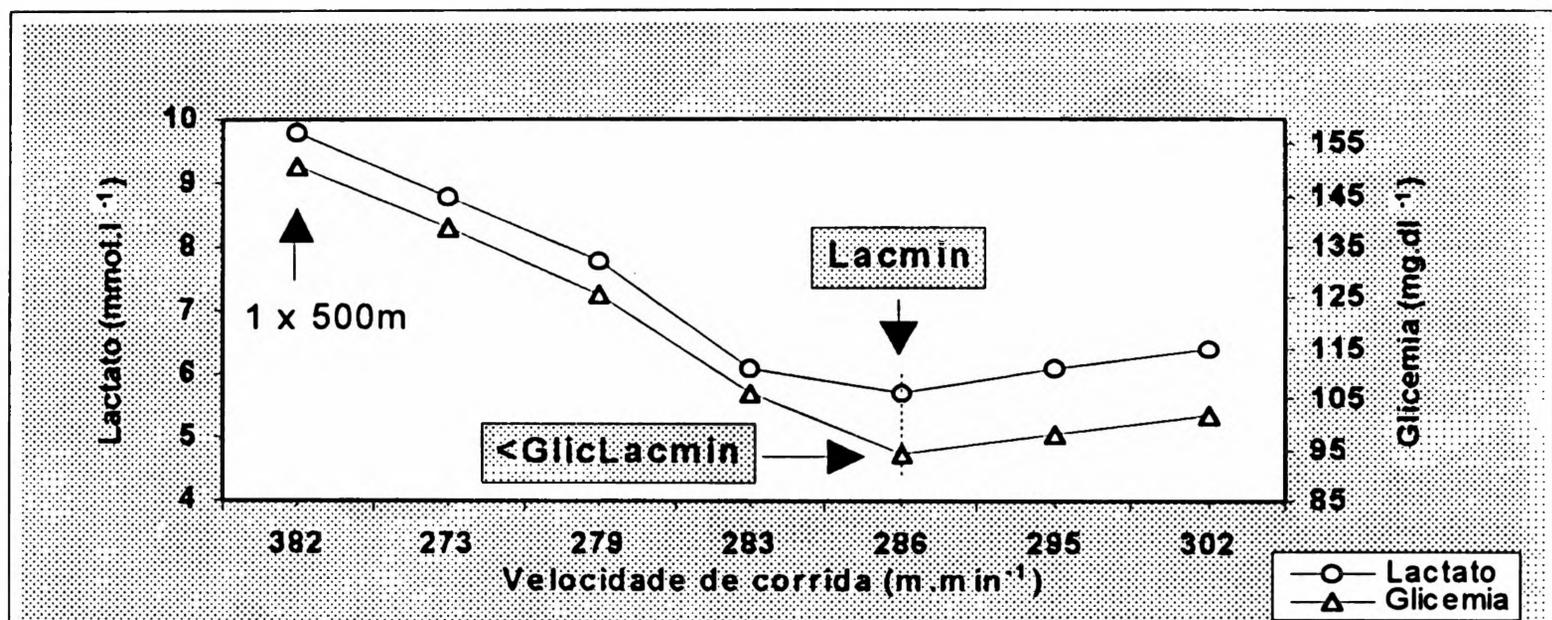


FIGURA 2 - Determinação da velocidade correspondente ao AT determinado em pista pelo lactato (Lacmin) e glicemia (<GlicLacmin), durante 6 x 800 m progressivos após indução de acidose láctica, para um indivíduo (SA).

Determinação da velocidade correspondente à [4 mmol.l⁻¹] de lactato

Neste teste a velocidade de corrida correspondente à concentração fixa de 4 mmol.l⁻¹ de lactato sanguíneo (Vel_{4mM}) foi considerada como AT. O teste consistiu de duas séries de corrida de 1.200 m rasos, com 10 minutos de pausa entre as séries, a intensidades de 85 e 100% respectivamente da V_{m3Km} (Simões, Denadai, Kokubun & Baldissera, 1995). O ritmo da velocidade de cada

série foi controlado por estímulos sonoros. Ao final de cada série de 1.200 m, foi realizada coleta de sangue arterializado aos um, três e cinco minutos de recuperação para dosagem de lactato. A Vel_{4mM} foi determinada por interpolação linear entre a velocidade de corrida nas séries de 1.200m e seus respectivos valores pico de lactato sanguíneo. A FC do AT, também determinada por interpolação linear, foi considerada como a FC correspondente à Vel_{4mM} ($FC_{Vel_{4mM}}$). A FIGURA 3 apresenta a determinação da Vel_{4mM} para um único indivíduo.

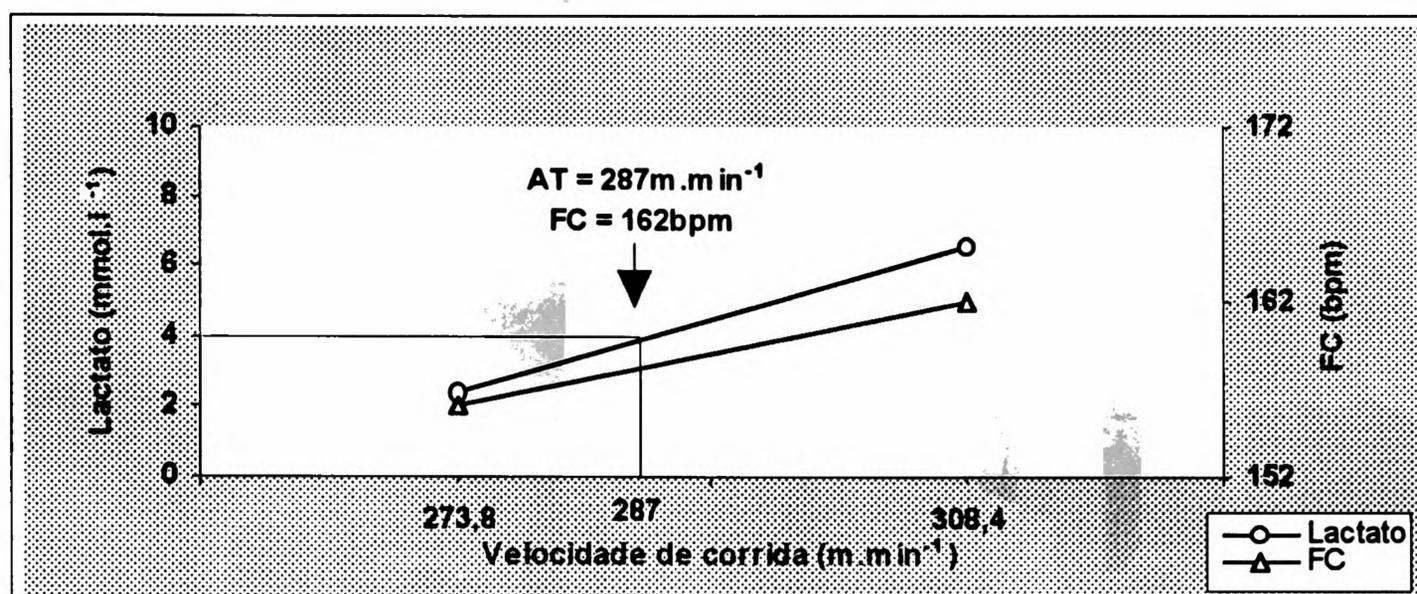


FIGURA 3 - Determinação da velocidade correspondente à concentração fixa de 4 mmol.l⁻¹ de lactato sanguíneo para o sujeito SA, por meio de interpolação entre velocidade de corrida e lactato pico, em dois tiros de 1.200 m progressivos.

Em todos os testes de determinação do AT, as intensidades das séries foram entre 84 e 102% da Vm3Km. A utilização destas intensidades justifica-se em função de que em estudo anterior (Simões, Campbell, Kokubun, Denadai & Baldissera, 1996), foi verificado que a velocidade referente ao AT para corredores fundistas corresponde a velocidade entre 92 e 94% da Vm3Km.

Coleta de sangue

Utilizando-se de luvas cirúrgicas, e após assepsia local com álcool, foi feita punção do lobo da orelha por meio de lanceta descartável. A primeira gota de sangue foi desprezada para evitar contaminação com lactato eliminado no suor produzido pelas glândulas sudoríparas, e a seguir 25 microlitros de sangue arterializado foram coletados, utilizando-se de capilares de vidro heparinizados e calibrados. O sangue coletado foi depositado em tubos "ependorfs" contendo 50 µl de fluoreto de sódio 1%, que, por ser hipotônico, provoca a hemólise e também a inibição da enzima glicolítica enolase, interrompendo assim a atividade glicolítica, contribuindo também para evitar a coagulação sanguínea.

Dosagem de lactacidemia, glicemia e mensuração da FC

As concentrações de lactato e glicose sanguíneos foram determinadas utilizando-se de um analisador de lactato e glicose - método eletro-enzimático, modelo YSI 2.300 STAT (Yellow

Springs Inc. - USA). Os valores de lactato foram expressos em mmol.l⁻¹, e os valores de glicose em mg.dl⁻¹. FC foi medida por telemetria, utilizando-se de um monitor de FC (Polar Sport Tester).

Procedimentos estatísticos

Os resultados foram expressos em Média (\pm Desvio Padrão). Teste de hipótese de Friedman ("Friedman two-way analysis of variance by ranks") foi utilizado para verificar diferenças entre as variáveis estudadas, no momento do AT determinado pelos diferentes protocolos. Quando diferenças estatisticamente significantes foram verificadas pelo teste de Friedman, utilizou-se o procedimento de Comparações Múltiplas de Dunn, segundo recomendações de Daniel (1978). Teste t - de student para amostras pareadas foi utilizado para verificar as diferenças entre os valores do AT determinados pela glicemia em dois protocolos. Correlação de Pearson foi determinada entre os valores de AT obtidos a partir da glicemia e lactacidemia. Em todos os casos o nível de significância aceito neste trabalho foi de $p < 0,05$.

RESULTADOS

A metodologia utilizada neste estudo possibilitou a determinação do AT a partir de cinco técnicas diferentes (três a partir do lactato e dois a partir da glicemia), em diferentes protocolos. As velocidades de corrida, bem como os incrementos de velocidade em cada estágio foram individuais,

tendo em vista que foram utilizadas intensidades relativas à Vm3Km. A TABELA 2 apresenta os resultados (média \pm DP) da velocidade, FC e

lactato sangüíneo após teste de Vm3Km para os indivíduos estudados.

TABELA 2 - Vm3Km, FC e lactato sangüíneo após teste de 3.000 m rasos para os indivíduos estudados.

n = 12	Vm3Km (m.min ⁻¹)	FC3Km (bpm)	Lac3Km (mmol.l ⁻¹)
Média	307,3	189,6	8,8
DP	16,9	10,6	1,9

A TABELA 3 apresenta, de forma sumarizada, os valores de velocidade de corrida, FC e concentração de lactato sangüíneo na intensidade correspondente ao AT determinado pela lactacidemia nas três técnicas estudadas. Não

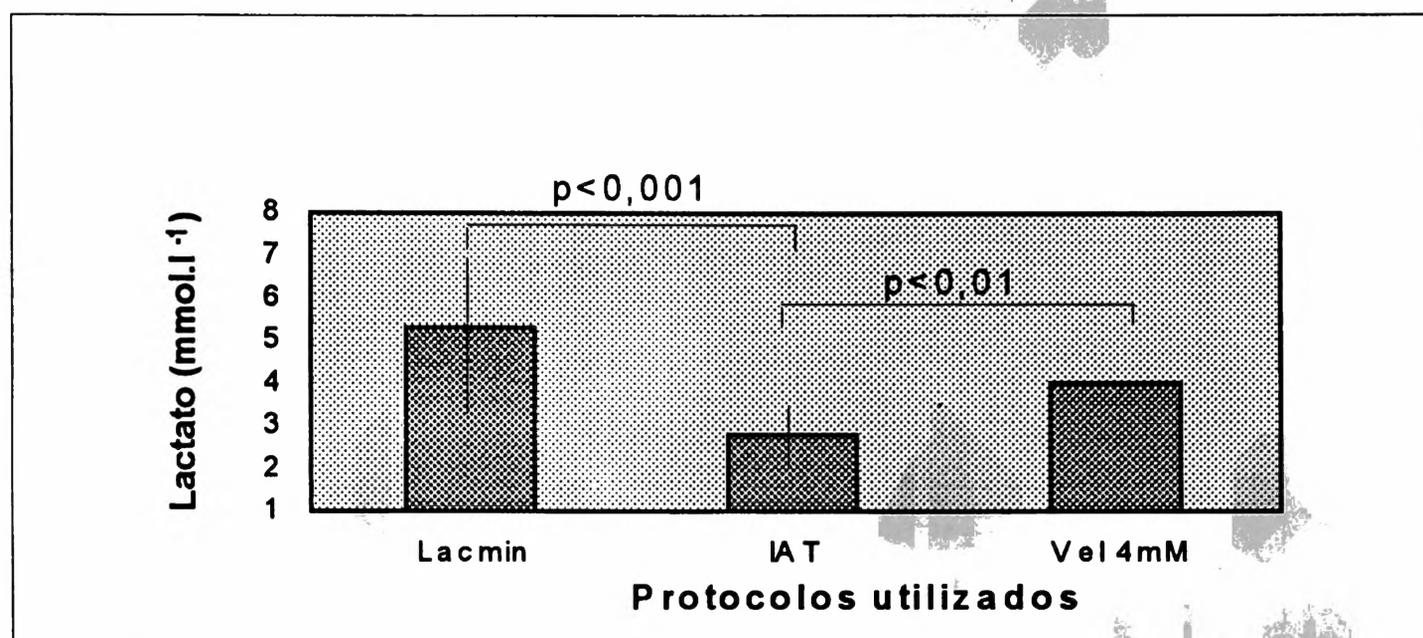
foram verificadas diferenças estatisticamente significativas ($p > 0,05$) para a velocidade de corrida, %Vm3Km e FC correspondente ao AT determinado pelas três técnicas.

TABELA 3 - Velocidade de corrida, FC e concentração de lactato sangüíneo referentes ao Lacmin, IAT e Vel4mM para os indivíduos estudados (média \pm DP).

Protocolos Utilizados	Velocidade de corrida (m.min ⁻¹)	Frequência Cardíaca (bpm)	Lactato Sangüíneo (mmol.l ⁻¹)	Velocidade de corrida (%Vm3Km)	FC (%FC3Km)
Lacmin	285,2 \pm 19,7	178,1 \pm 11,3	5,3 \pm 2,1	92,7 \pm 2,5	94,3 \pm 4,2
IAT	282,6 \pm 18,8	175,7 \pm 10,4	2,8 \pm 0,6	91,8 \pm 2,4	93,2 \pm 3,4
Vel4mM	288,9 \pm 20,1	173,3 \pm 9,0	4,0 \pm 0,0	93,9 \pm 3,2	91,5 \pm 2,5

Já com relação à lactacidemia no momento do AT, o teste do Lacmin evidenciou os valores mais altos entre as três técnicas de determinação pelo lactato. Teste estatístico de Friedman mostrou haver diferenças estatisticamente significativas ($p < 0,05$) para a concentração de lactato sangüíneo entre as técnicas

utilizadas, e o procedimento de comparações múltiplas de Dunn evidenciou que as diferenças significativas foram entre os testes do Lacmin e IAT ($p < 0,05$), e entre o IAT e Vel4 mM ($p < 0,05$), conforme pode ser melhor visualizado na FIGURA 4.



Teste de Friedman com Complementação Múltipla de Dunn evidenciou diferenças estatisticamente significantes entre os protocolos.

FIGURA 4 - Gráfico de barras apresentando os valores médios (\pm DP) para a concentração de lactato sanguíneo correspondente ao AT determinado pelo lactato em diferentes protocolos.

Durante os testes do IAT e Lacmin, o comportamento da glicemia foi muito semelhante ao comportamento do lactato, na medida em que intensidades acima do AT foram atingidas. Tal comportamento possibilitou determinar o AT por meio de variáveis glicêmicas (FIGURAS 1 e 2). O Limiar Anaeróbio determinado pela glicemia foi considerado como a intensidade de esforço correspondente ao ponto de menor valor glicêmico

durante os testes de determinação do Lacmin e IAT. A TABELA 4 apresenta os valores de velocidade, %Vm3Km, FC e concentração de glicose sanguínea correspondentes ao menor valor glicêmico no teste do Lacmin (<GlicLacmin) e ao menor valor glicêmico no teste do IAT (<GlicIAT). Diferenças estatisticamente significativas não foram verificadas para estas variáveis entre os testes ($p > 0,05$).

TABELA 4 - Velocidade de corrida, FC e concentração de glicose sanguínea referentes à <GlicLacmin e <GlicIAT (média \pm DP).

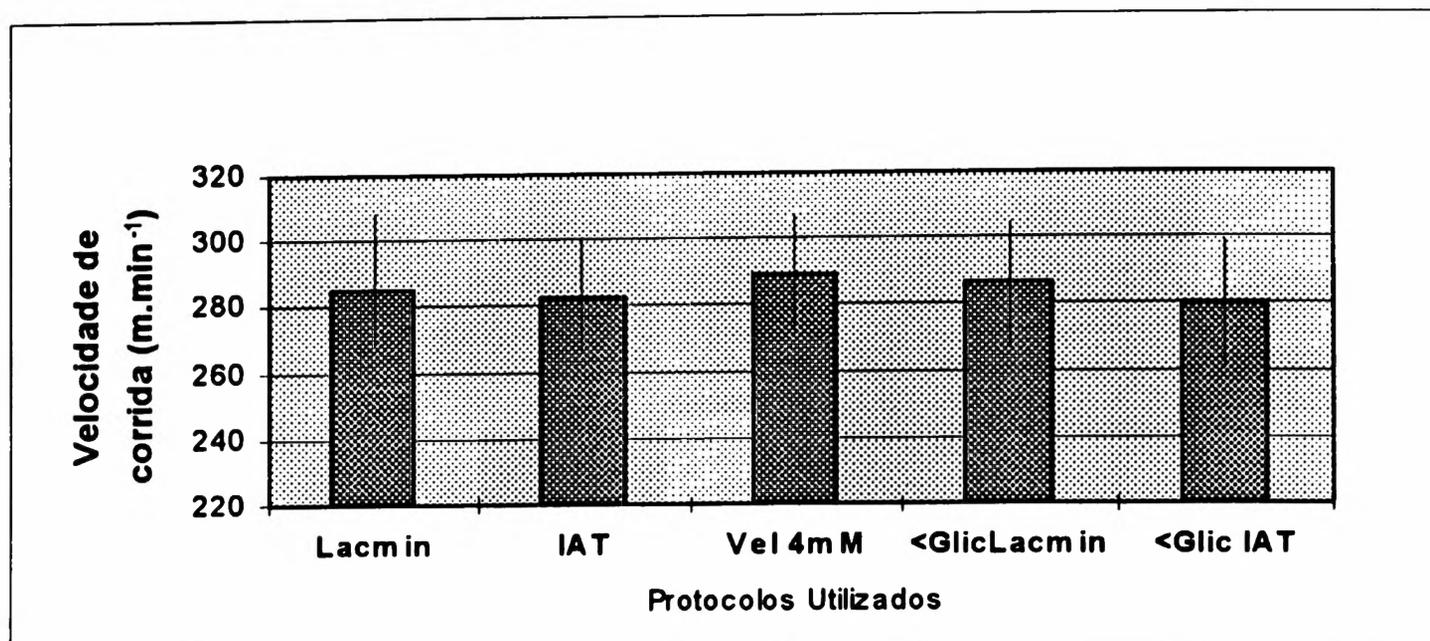
Protocolos utilizados	Velocidade de corrida (m.min ⁻¹)	Frequência Cardíaca (bpm)	Glicemia (mg.dl ⁻¹)	Velocidade de corrida (%Vm3Km)
<GlicLacmin	286,3 \pm 19,4	179,4 \pm 11,0	76,0 \pm 15,4	93,2 \pm 4,4
<GlicIAT	280,7 \pm 21,0	174,4 \pm 9,8	71,6 \pm 7,7	91,2 \pm 2,5

<GlicLacmin - Limiar Anaeróbio determinado a partir da menor glicemia durante o teste do Lacmin.

<GlicIAT - Limiar Anaeróbio determinado a partir da menor glicemia durante o teste do IAT.

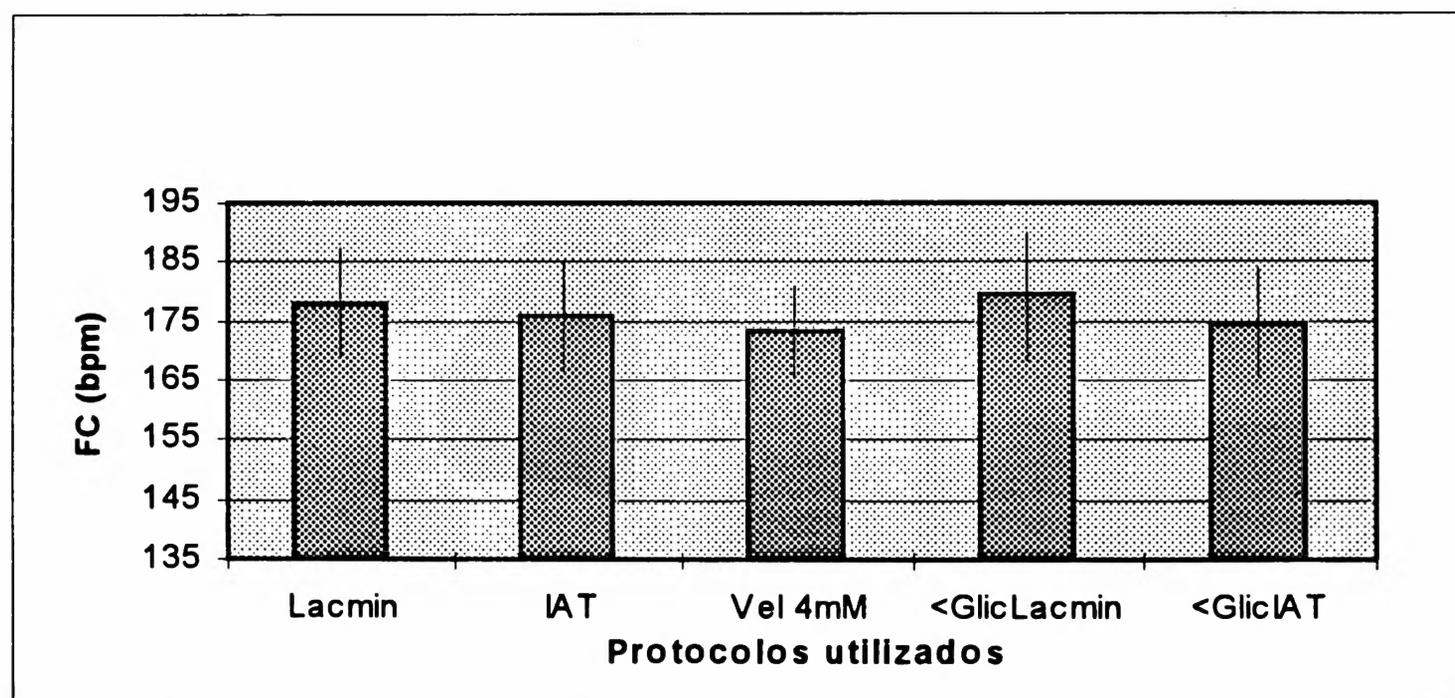
Ao realizarmos uma análise comparativa entre os valores de velocidade de corrida e FC correspondentes ao AT determinados pelas cinco técnicas utilizadas neste estudo, não

verificamos diferenças estatisticamente significativas ($p > 0,05$), como pode ser melhor observado nas FIGURAS 5 e 6.



Diferenças estatisticamente significantes não foram verificadas ($p > 0,05$) quando teste não pareado de Friedman foi aplicado.

FIGURA 5 - Gráfico de barras apresentando os valores médios (\pm DP) de velocidade de corrida (m/min) correspondentes ao AT, determinado pela lactacidemia (Lacmin, IAT e Vel4mM) e glicemia (<GlicLacmin e <GlicIAT).



Teste de Friedman mostrou não existir diferenças estatisticamente significantes para a FC entre os protocolos ($p > 0,05$).

FIGURA 6 - Gráfico de barras apresentando os valores médios de FC (bpm) correspondentes ao AT, determinado em diferentes protocolos, utilizando-se tanto de variáveis lactacidêmicas (Lacmin, IAT e Vel4mM) quanto glicêmicas (<GlicLacmin e <GlicIAT).

Finalmente, como pode ser observado nas FIGURAS 7a e 7b, foi verificada alta correlação entre as velocidades do AT determinado pelo Lacmin e

<GlicLacmin ($r = 0,75$; $p < 0,05$), e pelo IAT e <GlicIAT ($r = 0,96$; $p < 0,05$).

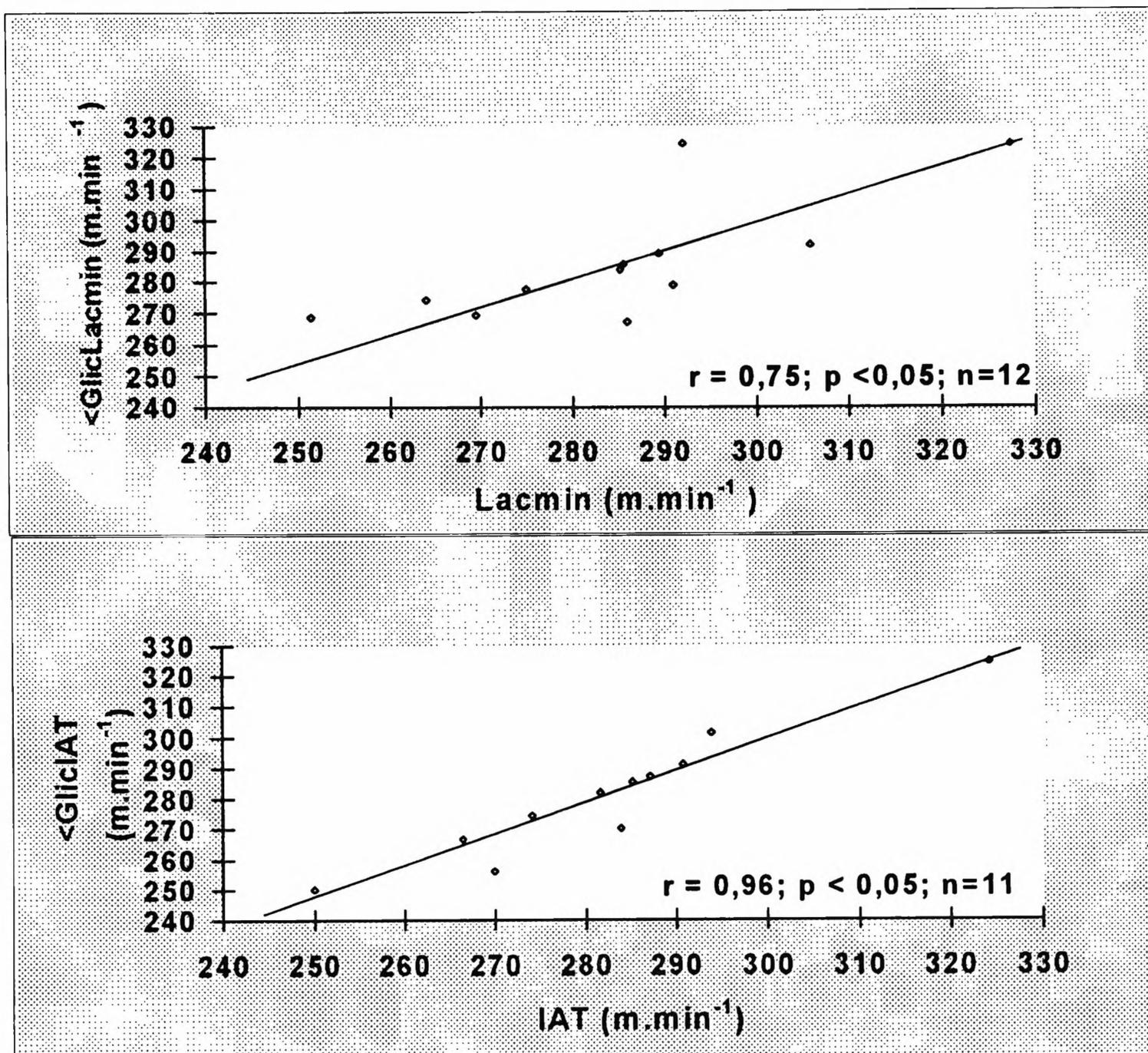


FIGURA 7a e b - Correlação entre as velocidades do AT determinadas pela lactacidemia e pela glicemia em dois protocolos diferentes. FIGURA 7a (superior) - correlação entre Lacmin e <GlicLacmin; FIGURA 7b (inferior) correlação entre IAT e <GlicIAT.

DISCUSSÃO

Existem diversos protocolos de determinação do AT, mas poucos tem sido realizados nas mesmas condições em que o atleta realiza seus treinamentos e competições. Os três protocolos selecionados para este estudo foram o Lacmin, IAT e Vel4mM, os quais utilizam dosagens de lactato sanguíneo e tem sido utilizados em pista (Campbell et alii, 1996; Denadai & Balikian Junior, 1995; Simões et alii, 1996).

O Lacmin e IAT são protocolos individuais que consideram a cinética do lactato sanguíneo para determinação do AT. Tem sido relatado um comportamento semelhante entre a resposta do lactato sanguíneo e de outras variáveis

hormonais e metabólicas durante exercício de cargas progressivas para determinação do AT (Chicharro, Calvo, Alvarez, Vaquero, Bandrés & Legido, 1995; Chmura et alii, 1994), o que justifica nossa investigação acerca da possibilidade de predição do AT a partir da glicemia nos protocolos do IAT e Lacmin.

A Vel4mM é um protocolo de determinação do AT que, apesar de ter sua validade ainda em discussão, serviu como referência para comparação com os outros protocolos, tendo em vista que vem sendo utilizado a mais tempo em pista de atletismo (Heck et alii, 1985; Kokubun & Daniel, 1992; Simões et alii, 1996).

Os valores médios de FC, %Vm3Km

e velocidade de corrida no momento do AT determinado por dosagens lactacidêmicas (Lacmin, IAT e Vel4mM) não apresentaram diferenças estatisticamente significantes entre si (TABELA 3).

Os valores de velocidade foram $285,2(\pm 19,2)$ m.min⁻¹ para o Lacmin, $282,6(\pm 18,8)$ m.min⁻¹ para o IAT, e $288,9(\pm 20,1)$ m.min⁻¹ para Vel4mM, e estão de acordo com os estudos de Tegtbur et alii (1993), Coen, Urhausen, Aguilar, Weilwr & Kindermann (1991) e Heck et alii (1985). Estes autores tem relatado valores de limiar anaeróbio entre 260 e 320 m.min⁻¹ para corredores fundistas bem treinados.

Os resultados da FC correspondente ao AT determinados pelos diferentes protocolos (TABELA 3) também estão de acordo com outros estudos. Chicharro & Arce (1991) relataram que a FC no momento do AT corresponde a valores médios de $175,5 \pm 10,74$ bpm.

Os valores de lactato sanguíneo correspondentes ao AT diferiram estatisticamente entre os protocolos ($p < 0,05$), sendo estes maiores no protocolo Lacmin, que foi de $5,3 \pm 2,1$ mmol.l⁻¹, enquanto que no IAT foi de $2,8 \pm 0,6$ mmol.l⁻¹ (TABELA 3; FIGURA 4). Atribui-se esta diferença em função da indução prévia da acidose láctica no teste do Lacmin por meio de corrida de 500 m à máxima intensidade, caracterizando um esforço anaeróbio láctico capaz de elevar os níveis de lactato sanguíneo a valores acima de 8 mmol.l⁻¹. Sendo assim, no protocolo do Lacmin o teste progressivo (6 x 800 m) inicia-se com níveis elevados de lactato sanguíneo, e é possível que quanto maior a produção de lactato durante a corrida prévia de 500 m, maior será a concentração de lactato sanguíneo correspondente ao AT determinado neste protocolo. Já no protocolo do IAT o teste progressivo inicia-se com lactato sanguíneo em valores de repouso.

Os valores de lactato sanguíneo encontrados em nosso estudo, em ambos os testes, estão de acordo com estudos de Stegmann et alii (1981) que encontraram valores entre 1,7 e 7,5 mmol.l⁻¹ para o IAT. Tegtbur et alii (1993) verificaram que o Lacmin ocorria em valores que variavam entre 3,0 e 6,0 mmol.l⁻¹.

Como pode ser observado nas FIGURAS 1 e 2, e TABELA 4, nota-se que foi possível determinar o AT por meio do comportamento glicêmico nos testes do Lacmin e IAT, tendo em vista que os valores de velocidade do AT determinado tanto pela lactacidemia (IAT, Lacmin e Vel4mM) quanto pela glicemia

(<GlicIAT e <GlicLacmin) não apresentaram diferenças estatisticamente significantes entre si ($p > 0,05$; FIGURA 5).

As curvas de lactacidemia durante os testes do Lacmin e IAT apresentam pontos de inflexão coincidentes com pontos de menor valor glicêmico (FIGURAS 1 e 2). Quando intensidades acima do limiar anaeróbio são atingidas durante estes testes, ocorre um aumento tanto dos níveis de lactato sanguíneo quanto da glicemia, o que permitiu a identificação do AT a partir da glicemia.

Tem sido demonstrada a relação existente entre os pontos de inflexão nos níveis de lactato sanguíneo e de alguns hormônios metabólicos durante o exercício crescente, especialmente das catecolaminas (Chmura, 1994), exercendo um potente efeito glicogenolítico que resulta em aumento da glicemia (Winder, 1985).

Segundo Clutter, Bier, Shah & Cryer (1980), e Rizza, Cryer, Haymond & Gerich (1980), parece existir um limiar de descarga adrenérgica que leve a esta ativação glicogenolítica. Exton (1979), descreve que a descarga adrenérgica aumenta a atividade de algumas enzimas envolvidas no processo glicogenolítico, resultando em um aumento tanto da glicemia quanto da produção de lactato em exercício, o que dá suporte à semelhança verificada entre o comportamento do lactato e glicemia em intensidades acima do AT, durante os testes do IAT e Lacmin no presente estudo (FIGURAS 1 e 2).

Uma das possíveis explicações do aumento da glicemia, a partir de intensidades acima do AT, seria um aumento exponencial da descarga adrenérgica desencadeando uma forte ativação dos β -adrenoceptores que, por sua vez, levariam a um aumento da ativação da glicogenólise hepática, resultando em um aumento na glicemia.

As FIGURAS 1 e 2, bem como os resultados da TABELA 4, mostram que foi possível se determinar o AT a partir da glicemia. A possibilidade de se determinar o AT a partir da glicemia é reforçada considerando-se que a determinação do AT a partir da glicemia se confirmou em dois protocolos distintos. O teste do Lacmin tem seu início partindo da condição de acidose metabólica, enquanto que o IAT parte da condição de repouso, além disso estes testes são diferentes em termos de número de séries realizadas, e duração total do teste.

Como pode ser observado nas FIGURAS 5 e 6, diferenças estatisticamente significativas não foram verificadas para a

velocidade e FC do AT determinado tanto pelo lactato sanguíneo (IAT, Lacmin e Vel4mM), quanto pela glicemia (<GlicIAT e <GlicLacmin). As FIGURAS 7a e 7b apresentam a alta correlação verificada entre os valores de AT determinados pelo lactato sanguíneo e glicemia nos protocolos do IAT e <GlicIAT ($r = 0,96$; $p < 0,05$) e Lacmin e <GlicLacmin ($r = 0,75$; $p < 0,05$), mostrando que é possível se determinar o AT a partir da glicemia nestes testes.

Apesar das curvas de lactato apresentarem pontos de inflexão coincidentes com os valores de menor glicemia durante os testes do IAT e Lacmin (FIGURA 1 e 2), em ambos os testes a glicemia apresenta um decaimento inicial durante as primeiras séries de 800 m até que intensidades correspondentes ao AT sejam atingidas, e a partir daí volta a aumentar. Existe a necessidade de maiores estudos para investigar o motivo do decaimento inicial da glicemia durante o período inicial destes testes. É possível que em intensidades abaixo do limiar anaeróbio o consumo (ou captação) de glicose pelas células musculares seja maior do que a produção de glicose (glicogenólise), a qual é exacerbada em intensidades acima do limiar anaeróbio, possivelmente em função da descarga adrenérgica aumentada (Winder, 1985), bem como por uma maior liberação de glucagon (Wasserman, Connolly & Pagliassotti, 1991).

A utilização do comportamento glicêmico para identificar o limiar anaeróbio deve seguir alguns critérios, como intensidades de exercício que vão desde valores abaixo do AT à valores acima do AT, e incrementos pequenos que, em nossa metodologia, foram de aproximadamente 2% da V_{m3Km} ($\pm 6 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$).

A determinação do AT por meio de outras variáveis como hormônios (Port, 1991), percepção subjetiva do esforço (Weltman, 1995), FC (Conconi, Ferrari, Ziglio, Droghetti & Codega, 1982) e eletromiografia (Taylor & Bronks, 1994) tem sido relatada. Chicharro et alii (1995), comparando as curvas de concentração de sódio e cloro na saliva com as de lactato sanguíneo durante teste progressivo, obtiveram coincidência entre os pontos de inflexão de tais curvas, a qual foi atribuída à atividade do sistema nervoso simpático,

especialmente da ação da adrenalina sobre as glândulas salivares. Neste estudo estes autores verificaram alta correlação ($r = 0,90$; $p < 0,05$) entre os valores de FC correspondentes ao AT determinado pelo lactato e pela concentração de sódio e cloro na saliva.

Diversos estudos mostram que o AT pode ser determinado por outras variáveis fisiológicas além da lactacidemia e ventilação, e, como pode ser observado nos resultados do presente estudo, a glicemia é outra variável fisiológica que pode ser utilizada com o propósito de determinar o AT.

Com relação à intensidade relativa ao teste de 3.000 m, o AT correspondeu a uma intensidade de $92,7 \pm 2,5\%$; $91,8 \pm 2,4\%$; $93,9 \pm 3,2\%$; $93,2 \pm 4,4\%$ e $91,2 \pm 2,5\%$ da V_{m3Km} , respectivamente para o Lacmin, IAT, Vel4mM, <GlicLacmin e <GlicIAT (TABELAS 3 e 4), e não foram verificadas diferenças estatisticamente significativas entre as diferentes técnicas. Estes resultados estão de acordo com estudos de Oliveira et alii (1994), Simões et alii (1995, 1996), relatando que a velocidade do AT determinado em pista para corredores fundistas corresponde a uma intensidade entre 90 e 93% da V_{m3Km} , e isto tem uma aplicabilidade importante no treinamento desportivo.

CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos neste estudo conclui-se que:

a) foi possível determinar o limiar anaeróbio de corredores fundistas em pista a partir da lactacidemia em qualquer dos protocolos estudados (IAT, Lacmin e Vel4mM);

b) foi possível determinar o limiar anaeróbio de corredores fundistas em pista a partir do comportamento da glicemia em dois protocolos (<GlicIAT e <GlicLacmin). Contudo a validade desta nova técnica precisa ser melhor investigada, e futuras pesquisas deveriam ser realizadas no sentido de verificar exatamente quais são os mecanismos fisiológicos que determinam o comportamento da glicemia nestes testes.

ABSTRACT

DETERMINATION OF THE ANAEROBIC THRESHOLD BY BLOOD LACTATE AND GLUCOSE MEASUREMENTS IN TRACK TESTS FOR RUNNERS

In order to compare the Anaerobic Threshold (AT) determined by blood lactate (lac) and to verify the possibility of AT determination by blood glucose (gluc) measurements, 12 male endurance runners (aged 25.5 ± 7.0) performed four running track tests: a) 3.000 m performance (Vm3Km); b) equilibrium point between lac production and removal (Lacmin): 1 x maximal 500 m followed by 6 x 800 m progressive bouts (87 to 98% of Vm3Km) with 45 sec rest. The velocity (vel) associated with lower [lac] was considered as AT; c) individual anaerobic threshold (IAT): 8 x 800 m progressive bouts (84 to 102% of Vm3Km), with 45 sec rest. The AT vel was determined considering lac kinetic during the test and recovery; d) AT of [4 mM] lac (Vel4mM): Interpolation between lac and vel in 2 x 1200 m at 85 and 100% of Vm3Km, with 10 minutes rest; e) the vel associated at lower gluc during IAT (<GlucIAT) and Lacmin (<GlucLacmin) tests were considered as AT determined by gluc. No differences were verified for vel and HR determined by different methods ($p > 0.05$; see table below).

	IAT	Lacmin	Vel4mM	<GlucIAT	<GlucLacmin
Vel(m.min ⁻¹)	282.6 ± 18.8	285.2 ± 19.7	288.9 ± 20.1	280.7 ± 21.0	286.3 ± 19.4
HR(bpm)	175.7 ± 10.4	178.1 ± 11.3	173.3 ± 9.0	174.4 ± 9.8	179.4 ± 11.0

We concluded that it was possible to determine the AT by lac in all protocols used in this study, and by gluc during IAT and Lacmin protocols.

UNITERMS: Anaerobic threshold; Blood glucose; Lactate; Lacmin; Track and field.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CAMPBELL, C.S.G.; SIMÕES, H.G.S.; KOKUBUN, E.; BALDISSERA, V.; DENADAI, B.S. Reproducibility of individual anaerobic threshold (IAT) and lactate minimum (LM) in track test. In: INTERNATIONAL PRE-OLYMPIC SCIENTIFIC CONGRESS, Dallas, 1996. **Abstracts' Book**. Dallas, International Council of Sports Science and Physical Education, 1996. p.114.
- CHICHARRO, J.L.; ARCE, J.C.L. **Umbral anaerobio bases fisiologicas y aplicacion**. Madrid, Interamericana, 1991.
- CHICHARRO, J.L.; CALVO, F.; ALVAREZ, J.; VAQUERO, A.F.; BANDRÉS, F.; LEGIDO, J.C. Anaerobic threshold in children: determination from saliva analysis in field tests. **European Journal of Applied Physiology**, v.70, p.541-4, 1995.
- CHMURA, J.; NAZAR, K.; KACIUBA-USCILKO, H. Choice reaction time during graded exercise in relation to blood lactate and plasma catecholamine thresholds. **International Journal of Sports Medicine**, v.15, p.172 -6, 1994.
- CLUTTER, W.E.; BIER, D.M.; SHAH, S.D.; CRYER, P.E. Epinephrine plasma metabolic clearance rates and physiologic thresholds for metabolic and hemodynamic actions in man. **Journal of Clinical Investigation**, v.66, p.94-101, 1980.
- COEN, B.; URHAUSEN, A.; AGUILAR, L.; WEILWR, B.; KINDERMANN, W. Control of training in middle- and long-distance running by means of the individual anaerobic threshold. **International Journal of Sports Medicine**, v.12, p.519-24, 1991.
- CONCONI, F.; FERRARI, M.; ZIGLIO, P.G.; DROGHETTI, P.; CODEGA, L. Determination of the anaerobic threshold by a noninvasive field test in runners. **Journal of Applied Physiology: Respiratory Environment Exercise Physiology**, v.52, p.869-73, 1982.
- DANIEL, W.W. **Applied nonparametric statistics**. Boston, Houghton Mifflin, 1978.
- DENADAI, B.S.; BALIKIAN JUNIOR, P. Relação entre limiar anaeróbio e performance no short triathlon. **Revista Paulista de Educação Física**, v.9, n.1, p.10-5, 1995.
- EXTON, J.H. Hormonal control of gluconeogenesis. **Advanced Experimental Medical Biology**, v.111, p.125-67, 1979.
- 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.
- HOLLMANN, W. Historical remarks on the development of the aerobic-anaerobic threshold up to 1966. **International Journal of Sports Medicine**, v.6, p.109-16, 1985.

- JACOBS, I. Blood lactate: implications for training and sports performance. *Sports Medicine*, v.3, p.10-25, 1986.
- KOKUBUN, E.; DANIEL, J.F. Relações entre a intensidade e duração das atividades em partida de basquetebol com as capacidades aeróbica e anaeróbica: estudo pelo lactato sanguíneo. *Revista Paulista de Educação Física*, v.6, n.2, p.37-46, 1992.
- McLELLAN, T.; JACOBS, I. Reliability, reproducibility and validity of the individual anaerobic threshold. *European Journal of Applied Physiology*, v.67, p.125-31, 1993.
- OLIVEIRA, F.R.; GAGLIARD, J.F.L.; KISS, M.A.P.D. Proposta de referência para prescrição de treinamento aeróbio e anaeróbio para corredores de média e longa duração. *Revista Paulista de Educação Física*, v.8, n.2, p.68-76, 1994.
- PORT, K. Serum and saliva cortisol responses and blood lactate accumulation during incremental exercise testing. *International Journal of Sports Medicine*, v.12, p.490-4, 1991.
- RIBEIRO, J.P.; YANG, J.; ADAMS, R.P.; KUCA, B.; KNUTTEN, H.G. Effect of different incremental exercise protocols on the determination of lactate and ventilatory thresholds. *Brazilian Journal of Medical Biology Research*, v.19, p.109-17, 1986.
- RIZZA, R.A.; CRYER, P.E.; HAYMOND, M.W.; GERICH, J.E. Adrenergic mechanisms for the effects of epinephrine on glucose production and clearance in man. *Journal of Clinical Investigation*, v.65, p.682-9, 1980.
- SCHNABEL, A.; KINDERMANN, W.; SCHMITT, W.M.; BIRO, G.; STEGMANN, H. Hormonal and metabolic consequences of prolonged running at the individual anaerobic threshold. *International Journal of Sports Medicine*, v.3, p.163-8, 1982.
- SCHUETZ, W.; TRAEGER, K.; ANHAEUPL, T.; SCHANDA, S.; RAGER, C.; VOGT, J.; GEORGIEFF, M. Adjustment of metabolism, catecholamines and β -adrenoceptors to 90 min of cycle ergometry. *European Journal of Applied Physiology*, v.70, p.81-7, 1995.
- SIMÕES, H.G. Comparação entre protocolos de determinação do limiar anaeróbio em testes de pista para corredores. São Carlos, 1997. 186p. Dissertação (Mestrado) - Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal de São Carlos.
- SIMÕES, H.G.; CAMPBELL, C.S.G.; KOKUBUN, E.; DENADAI, V.; BALDISSERA, V. Comparison between 4 mmol.l⁻¹ lactate and individual anaerobic threshold velocity in track test. In: INTERNATIONAL PRE-OLYMPIC SCIENTIFIC CONGRESS, Dallas, 1996. **Abstracts' Book**. Dallas, International Council of Sports Science and Physical Education, 1996. p.119.
- SIMÕES, H.G.; DENADAI, B.S.; KOKUBUN, E.; BALDISSERA, V. Comparação entre protocolos de determinação do limiar anaeróbio para corredores fundistas. In: SIMPÓSIO PAULISTA DE EDUCAÇÃO FÍSICA, 5., Rio Claro, 1995. **Anais**. Rio Claro, UNESP, 1995. p.42.
- STEGMANN, H.; KINDERMANN, W. Comparison of prolonged exercise tests at the individual anaerobic threshold and fixed anaerobic threshold of 4 mmol.l⁻¹ lactate. *International Journal of Sports Medicine*, v.3, p.105-10, 1982.
- STEGMANN, H.; KINDERMANN, W.; SCHNABEL, A. Lactate kinetics and individual anaerobic threshold. *International Journal of Sports Medicine*, v.2, p.160-5, 1981.
- TAYLOR, A.D.; BRONKS, R. Electromyographic correlates of the transition from aerobic to anaerobic metabolism in treadmill running. *European Journal of Applied Physiology*, v.69, p.508-15, 1994.
- TEGTBUR, U.; BUSSE, M.W.; BRAUMANN, K.M. Estimation of an individual equilibrium point between lactate production and removal during exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v.25, p.620-7, 1993.
- WASSERMAN, D.H.; CONNOLLY, C.C.; PAGLIASSOTTI, M.J. Regulation of hepatic lactate balance during exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v.23, p.912-9, 1991.
- WELTMAN, A. *The blood lactate response to exercise: current issues in exercise science*. Champaign, Human Kinetics, 1995.
- WILMORE, J.H.; COSTILL, D.L. *Physiology of sport and exercise*. Champaign, Human Kinetics, 1994.
- WINDER, W.W. Control of hepatic glucose production during exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v.17, p.2-5, 1985.

AGRADECIMENTOS

Deixamos aqui nossos agradecimentos às seguintes pessoas e Instituições:

- Aos atletas Alvarenga, Alonso, Lima, Marcos, Márcio, Renato, Lindomar, Leonel, Fabiano, Valilo, Pedro e Claudinei.
- Ao Prof. Emerson (técnico da equipe de atletismo de Botucatu/1995).

Ao Laboratório de Biodinâmica da UNESP Rio Claro, onde foram realizadas as dosagens laboratoriais de lactato e glicose sanguíneos.

- À CAPES e CNPq pela concessão de bolsas.
- À Universidade Federal de Mato Grosso, em especial ao Prof. José Maria de Campos Melo (Diretor da Faculdade de Educação Física) pelo apoio.

Recebido para publicação em: 12 nov. 1997

Revisado em: 14 jul. 1998

Aceito em: 27 jul. 1998

ENDEREÇO: Herbert Gustavo Simões
Av. Dante Jordão Stoppa, 404 – Apto. 12 Bloco 21
08820 390 - Mogi das Cruzes - SP - BRASIL
E-mail: herbert@netmogi.com.br