

ANÁLISE DO COMPORTAMENTO DAS CURVAS DE LACTATO E GLICOSE SANGUÍNEA EM MILITARES DO EXÉRCITO BRASILEIRO DURANTE O TESTE DE 12 MINUTOS

Luiz Alexandre Ferraz Cantanhede - 1º Ten Med PM

Márcio Reis Alves - 2º Ten Med Aer

Lênio Alves Tavares - Cap Med Ex

Paulo César Andrade Portinho - Cap Med Ex

Marco Antônio de Mattos La Porta Júnior - Maj Ex

Marcelo Eduardo de Almeida Martins - Cap Ex

Rafael Soares Pinheiro-DaCunha - Cap Ex

Escola de Educação Física do Exército (EsEFEx) - Rio de Janeiro - Brasil

Resumo

O exercício físico regular representa um importante fator para reduzir os índices de morbimortalidade cardiovascular. Wasserman e McLlory (1964) introduziram o termo limiar anaeróbio como a intensidade do exercício na qual ocorre um aumento exponencial do lactato sanguíneo. Atualmente, tem-se pesquisado a importância do aumento dos níveis glicêmicos. Neste estudo transversal, foram analisados 15 militares brasileiros, do sexo masculino, com idades entre 22 e 41 anos, que obtiveram conceito "E" (excelente) no teste de 12 minutos, durante o Teste de Avaliação Física (TAF). Foram coletadas amostras sanguíneas (polpa digital) em cinco estágios durante o teste (repouso, 3, 9, 12

e 13 1/2 minutos). Foram aplicados o teste KS para normalidade da amostra, as correlações de Pearson e Spearman e ANOVA one Way e Tukey, como procedimentos estatísticos. A amostra apresentou níveis de lactato médio (mMol l-1) de $2,32 \pm 0,73$; $3,65 \pm 1,08$; $7,9 \pm 3,05$; $10,44 \pm 5,14$ e $7,12 \pm 4,57$. Os níveis de glicose (mg/dl) encontrados foram: $77,53 \pm 13,11$; $78,06 \pm 12,73$; $84,20 \pm 16,93$; $98,93 \pm 25,49$ e $142,46 \pm 23,10$. Pode-se inferir que existe uma correlação moderada entre as curvas de lactato e glicemia durante o teste de 12 minutos, principalmente após ser alcançado o limiar anaeróbio.

Palavras-chave: Teste Submáximo, Potência Aeróbica, Lactato, Glicose Sanguínea, Militares.

Abstract

ANALYSIS OF THE BEHAVIOUR OF THE BLOOD LACTATE AND GLUCOSE CURVES IN SOLDIERS OF THE BRAZILIAN ARMY DURING THE 12 MINUTE TEST

Regular physical exercise represents an important factor in reducing the indices of cardiovascular morbi-mortality. Wasserman and

McLlory (1964) introduced the term threshold anaerobic as the intensity of exercise in which an exponential increase of blood lactate occurs. At present, the importance of the increase in levels of glucose is being researched. In this transversal study, 15 male brazilian soldiers were analyzed, between 22 and 41 years of age, who achieved the mark of "E" (excellent) in the 12 minute test, during the Physical Evaluation Test. Blood samples (digital pulp) were collected in five stages during the test (repose, 3, 9, 12 and 13 1/2 minutes). The KS test was applied for normality of sample,

Recebido em 20/06/2005. Aceito em 10/08/2005

the correlations of Pearson and Spearman and ANOVA one Way and Tukey were applied, as statistical procedures. The sample presented average lactate levels (mMol l-1) of 2.32 ± 0.73 ; 3.65 ± 1.08 ; 7.9 ± 3.05 ; 10.44 ± 5.14 and 7.12 ± 4.57 . The levels of glucose (mg/dl) found were: 77.53 ± 13.11 ; 78.06 ± 12.73 ; 84.20 ± 16.93 ; $98.93 \pm$

25.49 and 142.46 ± 23.10 . It can be inferred that a moderate correlation exists between the lactate and glucemic curves during the 12 minute test, principally after the anaerobic threshold is reached.

Key words: Sub-maximum Test, Aerobic Potency, Lactate, Blood Glucose, Soldiers.

INTRODUÇÃO

O exercício físico regular representa um importante fator para reduzir os índices de morbimortalidade cardiovascular e de outras causas diversas. Entretanto, parece haver benefícios adicionais e independentes da prática regular de exercício físico e da melhora no nível de condição aeróbica, justificando a sua prática cada vez mais freqüente e regular. A American Heart Association recomenda que os indivíduos realizem exercícios físicos, se possível todos os dias, com intensidade variando de moderada a intensa, de acordo com o seu condicionamento físico, por um tempo de no mínimo trinta minutos.

Sobre a formação do ácido láctico durante a contração muscular, muito se tem pesquisado sobre os prováveis mecanismos que controlam sua produção e remoção durante o exercício (Fletcher e Hopkins, 1997). No final dos anos 50, autores como Andrés, Carder e Zierler (1956) introduziram o conceito do início do metabolismo anaeróbico para medir a performance cardio-respiratória. Em seus estudos, eles perceberam que as mudanças na ventilação pulmonar e no lactato sanguíneo eram coincidentes e que se atingia um ponto onde a ventilação pulmonar aumentava em maior grau do que o consumo de oxigênio. Estes pesquisadores definiram este momento como ponto de "ótima eficiência ventilatória". Mais tarde, Wasserman e McLlory (1964) introduziram o termo "limiar anaeróbico", propondo que os parâmetros ventilatórios poderiam ser utilizados para estimar o ponto de inflexão da curva do ácido láctico sanguíneo.

McArdle e Katch (2003) relatam que existe um grande número de terminologias e referências utilizadas para determinar os limiares (limiar anaeróbico, limiar de lactato, limiar ventilatório, etc).

Dentre as mais utilizadas estão o OBLA (Onset Blood Lactate Accumulation) que corresponde à intensidade do exercício anterior ao aumento exponencial do ácido láctico no sangue. Simões et al. (1998) definem o limiar de lactato como sendo a intensidade do exercício que determina o aumento de 1 mMol no ácido láctico sanguíneo.

A insulina, por sua vez, regula a entrada de glicose na célula (principalmente as musculares) através da difusão facilitada, controlando o metabolismo da glicose. A glicose que não for catabolizada imediatamente para energia, acaba sendo armazenada como glicogênio para utilização subsequente. A insulina exerce, portanto, um efeito hipoglicemiante por reduzir a concentração sérica de glicose. Durante o exercício de intensidade variada, ocorre uma redução na concentração de insulina, à medida que o exercício se prolonga ou que a intensidade aumenta. Este comportamento se deve, principalmente, aos efeitos inibitórios sobre as atividades das células Beta pancreáticas em virtude da liberação de catecolaminas, induzida pelo exercício. Esta redução pode explicar porque não ocorre uma liberação excessiva de insulina, com possível hipoglicemia de rebote. Um outro hormônio importante durante o exercício é o glucagon, responsável pelo antagonismo da insulina, já que estimula tanto a gliconeogênese, como a glicogenólise pelo fígado, aumentando, assim, a concentração sérica da glicose.

Durante o exercício de moderada e alta intensidade, parece existir um limiar de descarga adrenérgica que leva a essa ativação glicogenolítica, resultando em um aumento dos níveis glicêmicos. Exton (1979) procurou estabelecer uma correlação entre os aumentos da glicemia e do lactato, durante o exercício. Entretanto, a resposta da glicemia como possibilidade de determinação do limiar de lactato ainda demanda novos estudos.

Durante as últimas décadas, as estratégias dos pesquisadores foram no sentido de desenvolver testes que apresentassem uma relação custo/benefício eficaz, bem como permitissem uma aplicação em grandes contingentes. Dentre as instituições interessadas, encontram-se as Forças Armadas, pela razão precípua de que um militar necessita ter como condição fundamental, o condicionamento físico que permita atender às necessidades e interesses da Força (Brasil, 2000). O condicionamento físico dentro das organizações militares é alcançado através da periodização do Treinamento Físico Militar (TFM) e posterior avaliação nos Testes de Avaliação Física (TAF).

O teste de 12 minutos faz parte do TAF, por permitir não só a avaliação de grandes contingentes, como também a avaliação da capacidade aeróbica destes militares, qualidade física considerada fundamental para diversas faixas etárias.

Durante a aplicação do teste, é possível o estabelecimento, por meio de medidas indiretas, dos níveis de lactato sanguíneo e sua extrapolação para o limiar anaeróbio. Este auxilia na elaboração de um planejamento para o treinamento no processo de recuperação, manutenção ou ganho do condicionamento físico militar.

Entretanto, o custo da dosagem de lactato sanguíneo é elevado, o que torna sua aplicação em grandes amostras inviável. A utilização dos níveis de glicemia sanguínea como forma indireta de se estabelecer o limiar anaeróbio, reduz os custos, permitindo uma aplicação em larga escala deste teste e de suas conseqüentes vantagens no programa de treinamento físico militar.

Desta forma, o objetivo da presente pesquisa é analisar o comportamento das curvas de lactato e glicemia sanguíneas em um teste de 12 minutos, realizado em militares do Exército Brasileiro, avaliando a existência de uma correlação entre estes dois índices, o que permitiria a utilização das concentrações séricas de glicose na equivalência do limiar anaeróbico durante o exercício, reduzindo o custo final destas avaliações.

METODOLOGIA

Modelo do Estudo

Trata-se de um estudo observacional, tipo transversal, no qual foi analisado um grupo de militares do Exército Brasileiro, sem a utilização de grupo controle.

Seleção dos sujeitos

A população estudada incluiu os militares do Exército Brasileiro, servindo na Escola de Educação Física do Exército e na Fortaleza de São João, no Rio de Janeiro. A amostra escolhida de maneira intencional foi composta de 15 militares do sexo masculino, independentes da graduação ou posto.

Os critérios de inclusão utilizados foram:

- 1 - Militares com idade superior a 22 anos.
- 2 - Militares do sexo masculino.
- 3 - Militares com conceito E (excelente) no TAF.

Como critérios de exclusão foram utilizados:

- 1 - Incapacidade ortopédica surgida após o TAF que impedisse a realização da corrida.
- 2 - Doença cardiovascular constatada após a realização do último TAF.
- 3 - Doença endócrina surgida após o último TAF.

Procedimentos previamente ao teste de 12 minutos

Os militares foram informados sobre o conteúdo do teste, sendo lido e assinado o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. Procedeu-se ao exame médico, sendo, então, submetidos ao teste de 12 minutos e as medições de lactato e da glicemia, com avaliação simultânea da percepção subjetiva de esforço e da frequência cardíaca.

Instrumentação

O teste de 12 minutos foi realizado em laboratório, em esteira rolante da marca Imbramed Super ATL, com temperatura ambiente (21º) e umidade controladas.

Foram realizadas mensurações do lactato sanguíneo e da glicemia por punção da polpa digital, utilizando respectivamente os aparelhos Accutrend Lactate and Accusport e Accuchek Active, nos seguintes tempos: repouso (zero minuto), três minutos, nove minutos, 12 minutos e 13 e 1/2 minutos (durante a recuperação). Ainda no que concerne ao procedimento de punção da polpa digital, desprezou-se a primeira gota de sangue para minimizar uma possível contaminação

pelo suor. Foram avaliadas, também, nos mesmos intervalos, a percepção subjetiva de esforço, medida pela escala de BORG modificada, e a frequência cardíaca por um freqüencímetro da marca Polar.

Tratamento Estatístico

Para a análise estatística, foram utilizadas técnicas de estatística descritiva para caracterizar o universo amostral estudado. O teste de Kolmogorov-Smirnov foi utilizado para caracterização da amostra quanto à normalidade.

Os parâmetros de natureza discreta foram analisados por meio da distribuição de frequência e, os de natureza contínua, com as principais estatísticas relativas ao tamanho amostral: média, mediana, desvio-padrão, mínimo e máximo.

Quanto às técnicas de estatística inferencial utilizadas, as correlações de Pearson e Spearman analisaram os graus de correlação entre as variáveis analíticas de conteúdo contínuo.

Foi utilizada, ainda, ANOVA One Way para análise de variância e para determinar as diferenças entre as médias dos dados obtidos. Posteriormente, foram aplicados os testes de Levene para homogeneidade e o teste de Tukey Post Hoc, em médias com diferença significativa, com o objetivo de se detectar aonde se encontram estas diferenças.

Limitações do Estudo

As seguintes limitações são assumidas neste estudo:

- 1 - A impossibilidade de se determinar de modo direto o limiar anaeróbio;
- 2 - A suposição de que cada militar realizou o máximo esforço durante o teste;
- 3 - A não inclusão de militares que não estavam condicionados fisicamente;
- 4 - A impossibilidade de verificar ou estabelecer a dieta do dia anterior, no que se refere ao consumo de carboidratos;
- 5 - A realização do teste em laboratório, com condições climáticas controladas e ideais.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da análise desta investigação são apresentados e discutidos separadamente, iniciando-se pela análise descritiva da amostra, seguindo-se a

análise das correlações encontradas e de suas significâncias estatísticas, terminando por fazer uma inferência sobre a possibilidade de ser realizada uma extrapolação entre os níveis de lactato e glicemia para o estabelecimento do limiar anaeróbio para militares do Exército Brasileiro.

Análise Estatística Descritiva

A população estudada foi de 15 militares. Apresentavam média de idade de $31,86 \pm 4,7$ anos e mediana de 30 anos. Todos os militares eram do sexo masculino. A média de altura foi de $177,53 \pm 6,5$ cm, com mediana de 176 cm. Em relação ao peso corporal, a média foi de $72,65 \pm 6,1$ kg, com mediana de 73,33 Kg.

A análise estatística descritiva para idade, peso, altura e dos níveis de lactato e glicemia nos diversos estágios encontram-se nas TABELAS 1 e 2.

TABELA 1
Média, Mediana e Desvio-Padrão em Relação à Idade, Peso e Estatura

	Média	Mediana	Desvio-padrão
Idade (anos)	31,8	30,0	4,7
Peso (Kg)	72,6	73,3	6,1
Estatura (cm)	177,5	176,0	6,3

TABELA 2
Média e Desvio-Padrão Para Lactato e Glicemia nos Diferentes Estágios do Teste

	Repouso	3 min	9 min	12 min	13 e 1/2 min
Lactato	$2,32 \pm 0,73$	$3,65 \pm 1,08$	$7,9 \pm 3,05$	$10,44 \pm 5,14$	$7,12 \pm 4,57$
Glicemia	$77,53 \pm 13,11$	$78,06 \pm 12,73$	$84,20 \pm 16,93$	$98,93 \pm 25,49$	$142,46 \pm 23,1$

Coefficientes de Correlação

Não foi possível observar a presença de uma correlação estatisticamente significativa entre os níveis de lactato e da glicemia sanguínea nos diferentes estágios de coleta durante o teste de 12 minutos.

Os gráficos abaixo representam o comportamento médio das curvas de lactato, glicemia e da frequência cardíaca.

GRÁFICO 1

Comportamento das Médias de Lactato nos Diferentes Estágios do Teste

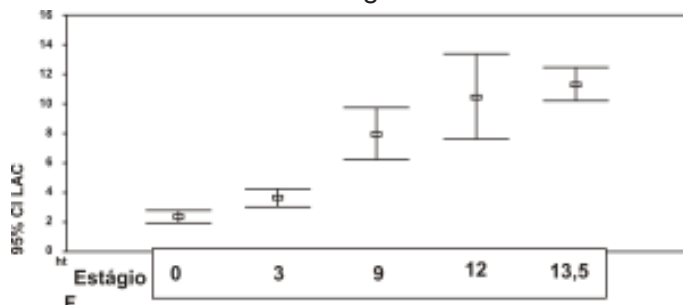


GRÁFICO 2

Comportamento das Médias da Glicemia nos Diferentes Estágios do Teste

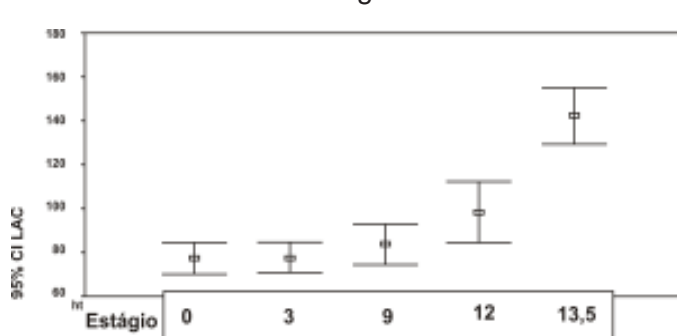
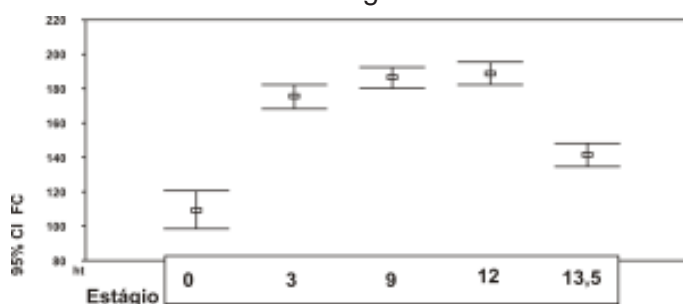


GRÁFICO 3

Comportamento das Médias da FC nos Diferentes Estágios do Teste



Também não foi observada a presença de correlação significativa entre os níveis de lactato e da frequência cardíaca.

Não houve correlação quando foram analisados os níveis de glicemia com a frequência cardíaca nos diferentes tempos do teste de 12 minutos.

A TABELA 3 correlaciona os níveis agrupados do lactato com a glicemia e a frequência cardíaca nos estágios a partir do qual o limiar anaeróbico é alcançado (3, 9 e 12 minutos), excluindo os níveis de repouso e de recuperação. Percebe-se a presença de correlação estatisticamente significativa entre essas variáveis. Ao ser aplicado o teste de Tukey, TABELA 4, evidencia-se a presença de diferença estatisticamente significativa entre os diferentes estágios do teste, mais precisamente quando há a mudança para o limiar anaeróbico pelo lactato.

TABELA 3

Correlação Entre os Níveis de Lactato, Glicose e FC nos Estágios 2,3 e 4

		GLICISE	FC
LACTATO	PEARSON	0,504**	0,233*
	IND. SIGNIFICÂNCIA	0,000	0,124
	N	45	45
	SPEARMAN	0,433**	0,312*
	IND. SIGNIFICÂNCIA	0,000	0,037
	N	45	45

** correlação significativa em 0.01

* correlação significativa em 0.05

TABELA 4
Análise de Tukey

variável	(I)	(J)	Média (I-J)	Std. Error	Sig.
LACTATO	2,00	3,00	-4,2733*	1,2827	,005
		4,00	-6,7933*	1,2827	,000
	3,00	2,00	4,2733*	1,2827	,005
		4,00	-2,5200	1,2827	,134
GLICEMIA	4,00	2,00	6,7933*	1,2827	,000
		3,00	2,5200	1,2827	,134
	2,00	3,00	-6,1333	6,9889	,657
		4,00	-20,8667*	6,9889	,013
	3,00	2,00	6,1333	6,9889	,657
		4,00	-14,7333	6,9889	,100
	4,00	2,00	20,8667*	6,9889	,013
	3,00	14,7333	6,9889	,100	

* correlação significativa em 0.05

Não foi possível estabelecer uma correlação estatisticamente significativa quando foram analisadas de modo independente as curvas de lactato e glicemia, bem como as curvas de lactato e frequência cardíaca e as curvas de glicemia e da frequência cardíaca, nos diferentes estágios entre si.

No entanto, quando se procurou correlacionar os níveis de lactato, glicemia e frequência cardíaca, após o limiar anaeróbio, de uma maneira agrupada, obteve-se uma correlação estatística significativa, principalmente entre os níveis de lactato e de glicemia. Ao ser aplicado o teste de Tukey para verificação da diferença estatística intra-grupos, observou-se importância significativa nos níveis de lactato a partir do segundo estágio, em relação ao terceiro e quarto estágios, enquanto na curva glicêmica, esta diferença só vai ocorrer do terceiro para o quarto estágio.

DISCUSSÃO

Ribeiro e De Rose (1980) postularam que, quando em um trabalho físico, de qualquer intensidade, os sistemas respiratório e circulatório são capazes de suprir adequadamente o oxigênio necessário para o metabolismo muscular, os requerimentos energéticos são assegurados pelo metabolismo aeróbico, pois o suprimento de oxigênio ao músculo é, no mínimo, igual à demanda exigida. Quando o suprimento de oxigênio aos tecidos não alcançar os requerimentos energéticos exigidos pelo metabolismo muscular, ocorrerá um aumento da participação do sistema anaeróbico, com conseqüente aumento da produção e acúmulo de ácido láctico ao nível do sistema circulatório.

Hoogeveen e Schep (1997) e Nichols, Phares e Buono (1997) referiram que o lactato sanguíneo não se acumula para todos os níveis de exercício e, quando o metabolismo glicolítico predomina, a produção de nicotinamida adenina nucleotídeo (NADH) ultrapassa a capacidade da célula de utilizar hidrogênios, através da cadeia respiratória, uma vez que existe uma quantidade insuficiente de oxigênio ao nível tecidual (hipóxia tecidual relativa). Billat et al. (2003) e Levin et al. (2003) corroboraram estudos anteriores e referiram que o desequilíbrio na liberação do oxigênio e a subsequente oxidação (relação $NAD^+/NADH$) provocavam a inversão da equação piruvato-lactato para a direção do lactato, uma vez que o piruvato passa a aceitar o excesso de hidrogênio, resultando no acúmulo do lactato.

De acordo com Andrew et al. (2003), outra explicação para o acúmulo de lactato poderia estar relacionada com a enzima desidrogenase láctica (LDH) nas fibras musculares de contração rápida em

favorecer a conversão do piruvato para o lactato, enquanto o tipo de LDH, encontrado nas fibras de contração lenta, favorece a conversão do lactato para piruvato.

O presente estudo utiliza o método metabólico de coleta do lactato pela punção da polpa digital. Como já foi anteriormente discutido, o ácido láctico aumenta no momento em que se torna mais significativa a participação do sistema anaeróbico láctico na produção de energia. Andrew et al. (2003) e Levine et al. (2003), observando o comportamento do ácido láctico durante atividades físicas intensas, relataram que, abaixo da concentração de 4 mMol.L⁻¹, o ácido láctico, inicialmente produzido, era metabolizado, e que, em níveis superiores, iniciava um processo de acúmulo, com posterior aparecimento da fadiga. Este ponto foi escolhido para representar o equivalente do limiar anaeróbico.

No presente estudo, foi observado um aumento das concentrações séricas de lactato, desde a medida em repouso até o final do teste, incluindo os 90 segundos após o término (desaceleração). Conforme as TABELAS 3, 4 e o GRÁFICO 1, o maior aumento ocorreu após o terceiro minuto de teste, quando o lactato atingiu a concentração média de $3,65 \pm 1,08$ mMol L⁻¹, o que corresponde ao início do acúmulo de lactato e, provavelmente, à extrapolação do equivalente do limiar anaeróbico. Nos estágios seguintes, observa-se um grande acúmulo de lactato, concentrações médias de $7,92 \pm 3,05$ mMol L⁻¹; $10,44 \pm 5,1$ mMol L⁻¹ e $11,28 \pm 2,07$ mMol L⁻¹ respectivamente. O teste de Tukey, utilizado para analisar as diferenças dentro do grupo, evidenciou uma diferença significativa a partir do segundo estágio (terceiro minuto) dos níveis de lactato. Estes achados estão consistentes com a literatura científica, na qual exercícios intensos provocam uma hipóxia tecidual relativa e um desequilíbrio entre a oferta e a utilização de oxigênio durante a atividade física.

Os dados encontrados neste estudo podem originar uma questão sobre o tipo de atividade a que corresponde o teste de Cooper, tradicionalmente considerado como teste de predomínio aeróbico, sendo inclusive esta a razão da sua inclusão no TAF para avaliação da potência aeróbica. Entretanto, o que pode ser inferido pela observação das altas concentrações séricas de lactato é que este teste, quando realizado por militares do Exército Brasileiro,

apresenta um componente anaeróbico importante. Estendendo esta análise para o manual de TFM, pode-se observar que uma das formas de melhorar a aptidão física dos militares é a aplicação do treinamento intervalado que, entre outras funções, permite um melhor manejo do acúmulo de lactato sanguíneo.

Chmura et al. (1994) relatam a existência de uma relação entre os pontos de deflexão nos níveis de lactato sanguíneo e de alguns hormônios metabólitos durante o exercício crescente, especialmente das catecolaminas, exercendo um potente efeito glicogenolítico, com conseqüente aumento dos níveis glicêmicos.

Simões et al. (1998) descrevem um limiar de descarga adrenérgica que leva a esta ativação glicogenolítica, uma vez que haveria um aumento da atividade enzimática neste processo, resultando, desta forma, em um aumento tanto da glicemia, quanto da produção de lactato em exercício. Esta teoria suporta a semelhança encontrada neste estudo do comportamento das curvas glicêmicas e de lactato em intensidades acima do limiar anaeróbico. O aumento da descarga adrenérgica, desencadeando uma forte ativação dos Beta receptores, ocasionam um aumento da glicogenólise hepática, com conseqüente elevação da glicemia sanguínea.

No presente estudo, conforme demonstrado no GRÁFICO 2, foi possível observar uma estabilização inicial (nos dois primeiros estágios), com um aumento após se atingir o limiar anaeróbico (quando o nível de lactato ultrapassa os 4 mMol). Entretanto, o teste de Tukey demonstra a existência de uma diferença significativa apenas entre o segundo e o quarto estágio, embora a curva comece a se elevar já a partir do segundo estágio (terceiro minuto), corroborando os estudos de Winder (1985) e Wasserman et al. (1991) que observaram uma queda dos níveis glicêmicos iniciais até ser atingido o limiar anaeróbico, quando, então, os níveis começam a aumentar. Uma provável explicação para tal comportamento seria o fato de que, em exercícios de baixa intensidade (abaixo do limiar anaeróbico), o consumo de glicose pelas células é maior do que a produção (glicogenólise), que será estimulada nos exercícios de alta intensidade, devido a descarga adrenérgica, bem como uma maior liberação de glucagon.

Analisando os estudos de Edwards e Hopkins (1993), encontrou-se um maior aumento da glicemia em teste máximos e sub-máximos, principalmente em atletas treinados, quando comparados com pessoas sedentárias, tendo sido sugerido a importância, mais uma vez, das catecolaminas e da relação glucagon/insulina. No presente estudo, no que concerne à curva glicêmica, observa-se um aumento nos 90 segundos seguintes ao término do exercício (TABELA 2 e GRÁFICO 2), estando consistente com a literatura. Estes dados permitem inferir a importância do papel do glucagon e das catecolaminas (hormônios contra-reguladores de insulina) na fase imediata de recuperação, evitando uma hipoglicemia de rebote, que poderia ser deletéria para o atleta.

Embora não tenha sido encontrada uma correlação significativa entre os diferentes estágios das curvas de lactato e glicemia, o que em certo ponto difere da literatura científica, na qual é possível uma extrapolação para determinação do limiar a partir dos níveis de lactato, esta pesquisa demonstrou a presença de uma correlação entre os níveis de lactato e de glicemia a partir do estágio 2, que corresponde ao início de acúmulo do lactato - limiar anaeróbico.

Segundo as classificações de Levin (1987) e Safrit e Wood (1995), as correlações encontradas neste estudo - 0,504 (Pearson) e 0,433 (Spearman) - podem ser consideradas como apresentando importância significativa moderada, sendo ainda questionáveis para estabelecer critérios de confiança e de objetividade (Barrow, 1971).

Realizando uma análise mais detalhada da evolução das curvas, pode-se inferir que a curva de lactato tende a se elevar de maneira mais precoce. A partir do segundo estágio (terceiro minuto), se inicia o acúmulo de lactato no sangue (4 mMol l⁻¹), enquanto a curva de glicemia, após permanecer estabilizada nos dois primeiros estágios, apresenta a elevação ao final do segundo estágio, embora só venha a ser significativa após o terceiro estágio.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo resultou nas seguintes considerações:

1. Existe uma correlação moderada entre as curvas de lactato sanguíneo e de glicose no teste de

12 minutos, principalmente após o limiar anaeróbio ter sido alcançado;

2. O lactato começa a se acumular no sangue principalmente após o terceiro minuto de um exercício intenso e, com ritmo constante, durante o teste de 12 minutos;

3. O aumento da glicemia, após uma estabilização inicial, tende a acontecer mais tardiamente do que o aumento de lactato e a permanecer elevada durante o período de recuperação imediato ao teste de 12 minutos e

4. O teste de 12 minutos nas Forças Armadas apresenta um componente anaeróbico maior do que o esperado.

Endereço para correspondência:

Rafael Soares Pinheiro-DaCunha
Av João Luiz Alves, s/n (Forte São João)
Urca - Rio de Janeiro - RJ - Brasil
CEP 22291-090
Tel 55 21 25433323
e-mail: rafaelpinheiro@click21.com.br

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMENT W, HUIZENGA JR, MOOK GA, VERKERKE GJ. Lactate and ammonia concentration in blood and sweat during incremental cycle ergometer exercise. *Int J Sports Med* 1997;18: 35-9.

ANDRES R, CADER G, ZIERLER KL. The quantitatively minor role of carbohydrate in oxidative metabolism by skeletal muscle in intact man in the basal state. Measurements of oxygen and glucose uptake and carbon dioxide and lactate production in the forearm. *Am J Physical Med* 1956; 671- 82.

AOKI MS, PONTES FL, NAVARRO F, UCHIDA MC, BACURAU RFP. Suplementação de carboidrato não reverte o efeito deletério do exercício de endurance sobre o subsequente desempenho de força. *Rev Bras Med Esporte* 2003;9(5):282 -7.

BILLAT VL, SIRVENT P, GUILLAUME P, MERCIER J. The concept of maximal lactate steady state: a bridge between biochemistry, physiology and sports science. *Sports Med* 2003;33(6):417-26.

BRASIL. Manual de Campanha - C 20 -20 : Treinamento Físico Militar. 3. ed. Brasília: EGGCF, 2002.

BRYNER RW, HORNSBY R, ULLRICH IH, YEATER AR. Effect of lactate consumption on exercise performance. *J Sports Med Phys Fitness* 1998;38: 116-23.

CHICHARRO JL, CALVO F, ALVAREZ J, VAQUERO AF, BANDRÉS F, LEGIDO JC. Anaerobic threshold in children: determination from saliva analysis in field tests. *Eur J Appl Physiol* 1995;70:541-4.

CHMURA J, NAZAR K, KACIUBA H. Choice reaction time during graded exercise in relation to blood lactate and plasma catecholamine thresholds. *Int J Sports Med* 1994;15:172-6.

CLEMENTA, PHILIP DG, HLASTALAMP, MILLER LR, MACKLER B. Lactic acidosis as a result of iron deficiency. *J Clin Invest* 1979;64(1)129-37.

COLE CR, BLACKSTONE EH, PASHKOW FJ, SNADER CE, LAUER MS. Heart rate recovery immediately after exercise as a predictor of mortality. *N Eng J Med* 1999;341:1351-7.

DENADAI BS, BALIKAN JR. Relação entre limiar anaeróbico e performance no short triathlon. *Rev Paul Educ Fis* 1995;9(1):10-5.

EDWARDS MR, HOPKINS WG. Blood glucose following training sessions in runners. *Int J Sports Med* 1993;14: 9 -12.

FELL JW, RAYFIELD JM, GUBBIN JP, GAFFNEY PT. Evaluation of the accusport lactate analyser. *Int J Sports Med* 1998;19:199 - 204.

FUJIMOTO T, KEMPAINNEN J, NUUTILA P, KNUUTI J. Skeletal muscle glucose uptake response to exercise in trained and untrained men. *Med Sci Sports Exerc* 2003;35(5):777-83.

GLADDEN LB. Lactic acid: new roles in a new millennium. *Proc Natl Acad Sci USA* 2001;16(98): 395-7.

GLASS C, KNOWLTON RG, SANJABI PB, SULLIVAN JJ. The effect of exercise induced glycogen depletion on the lactate, ventilatory and electromyographic thresholds. *J Sports Med Phys Fitness* 1997;37:32-40.

HERDY AH, FAY CES, BORNSCHEIN C, STEIN R. Importância da análise de frequência cardíaca no teste de esforço . *Rev Bras Med Esporte* 2003;9(4): 247-51.

HILL DW. effect of storage on measured blood lactate concentration. *Int J Sports Med* 1995;16:88-90.

HOOGEVEEN AR, SCHEP G. The plasma lactate response to exercise and endurance performance: relationships in elite triathletes. *Int J Sports Med* 1997;18:526-30.

JONES A, KOPPO K, BURNLEY M. effects of prior exercise on metabolic and gas exchange responses to exercise. *Sports Med* 2003;33 (13):949-71.

LEVIN M, LEPPANEN LM, EVALDSSON M, WIKLUD O, BJORNHEDEN E. Mapping of atp, glucose, glycogen, and lactate concentrations within the arterial wall. *J Am Heart Assoc* 2003;23(10):1801-7.

McARDLE MD, KATCH FI, KATCH VL. *Fisiologia do exercício: energia, nutrição e desempenho humano*. 5 ed. Rio de Janeiro: Guanabara-Koogan, 2003.

MATTERN CO, GUTTILA MJ, BRIGHT DL, KIRBY TE, DEVOR ST. Maximal lactate state declines during the age process. *J Appl Physiol* 2003;95(6): 2576-82.

NICHOLS JF, PHARES MJ, BUONO MJ. Relationship between blood lactate response to exercise and endurance performance in competitive female master cyclists. *Int J Sports Med* 1997;18: 458-463.

RIBEIRO JP, DE ROSE EH. Limiar Anaeróbico: uma alternativa no diagnóstico da capacidade para realizar exercícios físicos de longa duração. *Rev Bras Cien Esportes* 1980; 2:10-9.

RODRIGUEZ FA, BANQUELS M, GALILEA PA. A comparative study of blood lactate analytic methods. *Int J Sports Med* 1992;13: 462 -6.

SCHULMAN RG, ROTHMAN DL. The glycogen shunt in exercising muscle: A role for glycogen in muscle energetics and fatigue. *Proc Natl Acad Sci USA* 2001;16(98): 457-61.

SIMÕES HG, CAMPBELL CS, BALDISSERA V, DENADAI BS, KOKUBUN E. Determinação do limiar anaeróbico por meio de dosagens glicêmicas e lactacidêmicas em teste de pista para corredores. *Rev Paul Educ Fis* 1998;12:17- 30.

SOUZA FB, PACHECO MT, VILAVERDE AB, SILVEIRA L, MARCOS RL, MARTINS RAB. Avaliação do ácido láctico intramuscular através da espectroscopia Raman: novas perspectivas em medicina do esporte. *Rev Bras Med Esporte* 2003;9(6):388 -95.

THOMAS DE, BROTHERHOOD JR, BRAND JC. Carbohydrate feeding before exercise: effect of glycemic index. *Int J Sports Med* 1991;12:180-6.

VICENT S, BERTHON P, ZOUBAL H, MOUSSA E, GRATAS-DELMARCHE A. Plasma glucose, insulin and catecholamine response to a Wingate test in physically active women and men. *Eur J Appl Physiol* 2004;91(1):15-21.

WASSERMAN DH, CONNOLLY CC, PAGLIASSOTI MJ. Regulation of hepatic lactate balance during exercise. *Med Sci Sports Exerc* 1991;23: 912-9.

WINDER WW. Control of hepatic glucose production during exercise. *Med Sci Sports Exerc* 1985;17:2 -5.