

EFEITO MODULATÓRIO DE DIFERENTES INTENSIDADES DE ESFORÇO SOBRE A VIA GLICOLÍTICA DURANTE O EXERCÍCIO CONTÍNUO E INTERMITENTE

Leonardo dos Reis SILVEIRA[†]
Benedito Sérgio DENADAI^{**}

RESUMO

Nós examinamos a influência de diferentes intensidades no comportamento do lactato e glicose sanguínea durante o exercício contínuo e intermitente. Oito sujeitos divididos em dois grupos de quatro foram submetidos a um teste para determinação do limiar anaeróbio (LA) e a cinco sessões de exercício intermitente ou contínuo a 10, 20, 30, 40 e 50% acima do LA. Posteriormente, os voluntários foram submetidos a um exercício contínuo/intermitente com intensidade de 30% acima do LA. Durante o exercício contínuo as amostras de sangue foram coletadas a cada intervalo de 5 min. Ao passo que, durante o exercício intermitente as amostras foram coletadas a cada 6 min, incluindo pausa e atividade. Os valores de frequência cardíaca (FC) e percepção subjetiva de esforço (PSE) foram registrados concomitantemente com as coletas de sangue. Os resultados durante o exercício intermitente mostraram um aumento significativo nas concentrações de lactato para a intensidade de 50% comparado as demais intensidades ($p < 0,05$). A glicemia aumentou significativamente para as intensidades de 20 e 50% comparado as demais intensidades ($p < 0,05$). No exercício contínuo os aumentos nas concentrações de lactato foram significativos para as intensidades de 20, 30, 40 e 50% ($p < 0,05$) comparado a intensidade de 10%, enquanto a glicemia se manteve estável para as diferentes intensidades ($p > 0,05$). Comparados, o exercício intermitente produziu uma concentração de lactato significativamente menor que o exercício contínuo, seguido de uma menor captação de glicose ($p < 0,05$). Os resultados sugerem que o exercício intermitente ao contrário do contínuo, pode ser realizado numa intensidade muito acima do LA por longo período de tempo, mantendo-se estáveis os níveis de lactato e seguido de uma menor utilização da glicose sanguínea.

UNITERMOS: Exercício intermitente; Exercício contínuo; Limiar anaeróbio; Lactato; Glicose.

INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, o desenvolvimento de técnicas e métodos capazes de determinar a performance durante o exercício de alta intensidade possibilitaram a grande expansão nas investigações das respostas fisiológicas durante o exercício intenso. Porém, durante o exercício intermitente de alta intensidade, essas respostas tem sido amplamente variadas em função de um grande número de variáveis capazes de modular essas respostas, como por exemplo o "status" de

treinamento, o modelo de exercício, a dieta e principalmente a intensidade e duração do exercício (Balsom, Sejer, Sjodin & Ekblom, 1992; Essen, 1978; Gollnick, 1977; Wahren, 1977). Atualmente, está bem estabelecido que durante a realização de exercício contínuo de alta intensidade o ATP (adenosina trifosfato) é ressintetizado predominantemente pela glicólise anaeróbia (Ballor & Volovsek, 1992; Balsom, Gaitanos & Ekblom, 1994; Gaitanos, Williams, Boobis &

[†] Instituto de Biologia da Universidade Estadual de Campinas - SP.

^{**} Instituto de Biociências da Universidade Estadual Paulista - Rio Claro - SP.

Brooks, 1993). Nessas condições, a produção de ATP é limitada e a capacidade de sustentar o exercício de alta intensidade tende a diminuir, seguido do aparecimento de fadiga muscular (Endo, 1977; Tesch, 1980) causada pelo acúmulo de metabólitos, tais como ADP (adenosina difosfato), Pi (fosfato inorgânico) e H⁺ (Allen, Lannergren & Westerblad, 1995). Porém, quando este tipo de exercício é realizado de forma intermitente, ou seja, conciliando intervalos de atividade e de recuperação, há um importante aumento da contribuição do metabolismo oxidativo no fornecimento de energia, aumentando o tempo de exaustão (Gaitanos et alii, 1993). Nessas condições, as respostas metabólicas durante o exercício intermitente de alta intensidade parecem ser mais próximas das respostas metabólicas encontradas durante o exercício contínuo de intensidade moderada, com uma menor utilização de glicogênio, menor produção de lactato e um aumento na oxidação de lipídios (Essen, 1978). Em adição, estudos "in vitro" tem estabelecido que a via glicolítica pode ser fortemente atenuada pelo aumento na produção de energia oxidativa proveniente dos lipídios. Nessas condições, há um aumento considerável nos níveis de citrato intramusculares, o qual estaria agindo como um potente efetor alostérico negativo da enzima fosfofrutoquinase (PFK), diminuindo a atividade da via glicolítica (Randle, Newsholme & Garland, 1964). Então, seria lógico admitirmos que durante o exercício intermitente o provável aumento na produção de energia oxidativa estaria exercendo algum efeito inibitório na via glicolítica, contribuindo com um menor acúmulo de metabólitos e com um maior tempo de exaustão. Com base nessas declarações, o objetivo do presente estudo foi testar a hipótese que um provável aumento na produção de energia oxidativa estabelecido durante o exercício intermitente intenso poderia estar induzindo uma redução da via glicolítica, resultando em uma baixa produção de lactato e uma menor utilização da glicose sanguínea. Para testar essa hipótese, nós examinamos o efeito de diferentes intensidades supra-limiárias no comportamento do lactato e glicose sanguínea durante o exercício contínuo e intermitente, e posteriormente no comportamento da FC e PSE durante a realização de um exercício intermitente no ciclo-ergômetro.

MATERIAIS E MÉTODOS

Sujeitos

Participaram como voluntários desse estudo oito estudantes de Educação Física, praticantes regulares de ciclismo, do sexo masculino, com idade média $22,1 \pm 3$ anos, altura 179 ± 11 cm, massa $70,4 \pm 5$ kg e considerados sadios após exame clínico. Todos voluntários foram informados por escrito e verbalmente sobre os objetivos, a metodologia e os riscos desse estudo, assinando posteriormente um termo de consentimento.

Protocolo experimental

Os voluntários foram divididos em dois grupos e compareceram no laboratório em sete ocasiões diferentes, mantendo um intervalo de pelo menos três dias entre os testes. Na primeira ocasião, foram submetidos a uma avaliação física para determinação do LA, nas cinco ocasiões posteriores, realizaram um exercício de forma intermitente ou contínua com diferentes intensidades de esforço e na última ocasião, realizaram um exercício contínuo/intermitente como descrito a seguir.

Testes

Limiar anaeróbio

O teste para determinação do LA realizado no ciclo-ergômetro (Monark) e foi dividido em duas partes. Na primeira parte, após um prévio aquecimento de 10 min, os voluntários foram submetidos a um protocolo de exercício intenso com a intensidade calculada em "Kilo Pounds" (kp), $0,0857 \text{ kg de peso corporal}^{-1}$ e duração de 30 s (Dotan & Bar-Or, 1983). Essa fase, teve como único objetivo aumentar a concentração sanguínea de lactato. A segunda parte do teste foi realizada após um intervalo de 7 min, suficiente para o efluxo do lactato formado nos músculos para o sangue (Juel & Pilegaard, 1999; Tegtbur, Busse & Braumann, 1993). Em seguida, para determinação da concentração de lactato mínimo (LM) os sujeitos realizaram um exercício de intensidades progressivas, partindo de uma carga inicial de 1 kp e com aumentos de 0,5 kp a cada 3 min de exercício até a exaustão (Adaptado de Tegtbur, Busse & Braumann, 1993), definida como a incapacidade de sustentar a velocidade

média previamente estabelecida em 30 km/h. As coletas sanguíneas foram realizadas antes, imediatamente após o exercício intenso (pré-teste) e a cada 3 min após o início do exercício progressivo. A FC (bpm) e o tempo de atividade (min) foram monitorados durante todo o teste. As informações de percepção subjetiva de esforço (PSE) foram coletadas a cada 3 min após o início do exercício progressivo.

Determinação do LA

O limiar anaeróbio foi definido pela concentração de lactato mínimo (LM) durante o exercício de cargas progressivas (FIGURA 1). A concentração de LM foi associada com a intensidade, FC, PSE e concentração de glicose (TABELA 1).

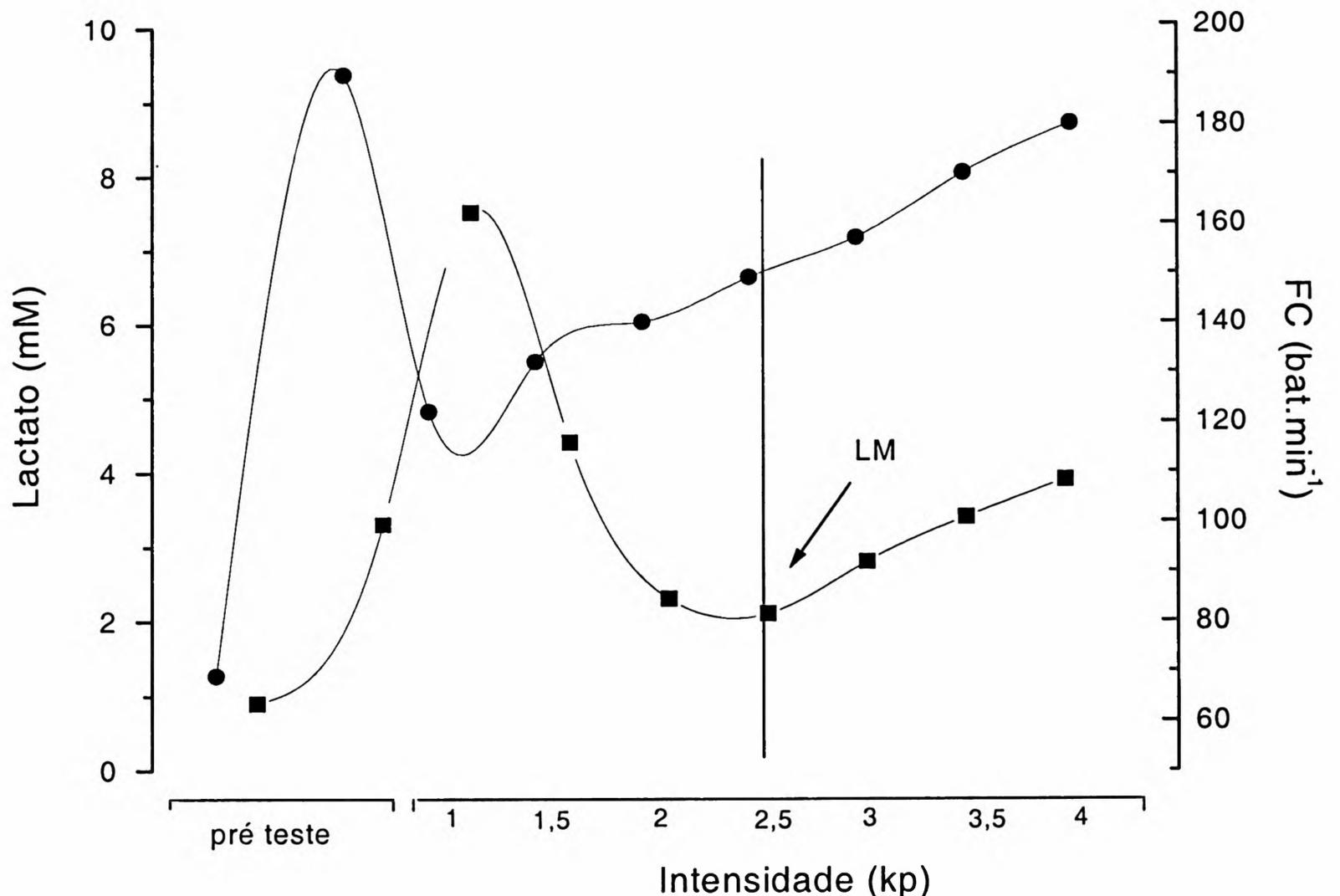


FIGURA 1 - Determinação da intensidade de LA correspondente a concentração de LM (linha vertical) de um típico voluntário. Valores das concentrações de lactato sanguíneo (■) e FC (●) antes e após o pré-teste, após 7 min do período de repouso e a cada 3 min durante o exercício progressivo.

Exercício contínuo

Foram realizadas cinco sessões experimentais no ciclo-ergômetro com intensidades de esforço determinadas em kp e estabelecidas em 10, 20, 30, 40 e 50% acima do LA. Os voluntários foram instruídos para exercitarem até a exaustão voluntária, definida como a incapacidade de manter a velocidade média pré-estabelecida em 30 km/h. As coletas de sangue e registros de FC e PSE foram realizados a cada 5 min de atividade.

Exercício intermitente

Foram realizadas cinco sessões experimentais no ciclo-ergômetro até a exaustão, com uma relação E:P de 2:1 min e velocidade média de 30 km/h (Ballor & Volovsek, 1992). As intensidades de esforço foram determinadas conforme descrito anteriormente para o exercício contínuo. As coletas de sangue e registros de FC e PSE foram realizados a cada 6 min de exercício, incluindo pausa e atividade.

Exercício contínuo/intermitente

Foi realizada apenas uma sessão de exercício com duração total de 30 min, velocidade de 30 km/h e intensidade de 30% acima do LA. Inicialmente, os voluntários exercitaram por 15 min de forma contínua e em seguida na mesma intensidade de forma intermitente com uma relação E:P de 2:1 min durante os 15 min restantes de exercício. As variáveis coletadas neste protocolo e os tempos de coletas foram os mesmos descritos no item anterior, exceto as coletas realizadas no período de recuperação (FIGURA 3).

Determinação da percepção subjetiva do esforço

A determinação dessa variável foi realizada durante o exercício por uma escala de classificação subjetiva das intensidades relativas de esforço (Borg, 1973).

Determinação das concentrações de lactato e glicose em amostras de sangue

As amostras de sangue (25 μ L) para análise das concentrações de lactato (mM) e glicose (mM), foram coletadas após os tempos pré-estabelecidos no protocolo, na região do lóbulo da orelha em tubo capilar heparinizado e armazenadas em tubo Eppendorf contendo 50 μ L de fluoreto de

sódio (1%). As concentrações de lactato e glicose foram determinadas pelo método eletroquímico através do aparelho YSI 2300 STAT (Yellow Spring INC, EUA).

Análise estatística

Os dados obtidos foram inicialmente submetidos ao teste de Bartlett, o qual permitiu a aplicação de análise estatística paramétrica (ANOVA 1 via). As diferenças significativas identificadas pela ANOVA foram detectadas usando o teste Tukey. Em todos os casos o nível de significância mínimo admitido foi de 5% ($p \leq 0,05$). O "software" utilizado foi "STATISTICS FOR WINDOWS". 4.3 (Statsoft, Inc. 1993).

RESULTADOS

Na TABELA 1 estão apresentados as médias \pm DP das intensidades, concentrações de lactato e glicose, FC e PSE correspondentes a concentração de lactato mínimo durante o protocolo de exercício para determinação do LA. Não houve diferença significativa entre as diferentes variáveis, quando o grupo contínuo foi comparado ao grupo intermitente, indicando que a capacidade oxidativa dos dois grupos foram próximas.

TABELA 1 - Os valores apresentados representam o limiar anaeróbio dos voluntários definido pelo ponto de equilíbrio entre a produção e remoção do lactato sanguíneo (Lactato Mínimo).

Grupo	Intensidade (kp)	LIMIAR ANAERÓBIO			
		Lactato (mM)*	Glicose (mg/dL)	FC (bpm)	PSE
Contínuo	2,0 \pm 0,3	4,2 \pm 1,7	70,5 \pm 3,0	147 \pm 7,5	11 \pm 2,7
Intermitente	2,3 \pm 0,6	3,1 \pm 1,5	66,7 \pm 2,4	135 \pm 13	10,5 \pm 3

* Concentração de LM.

A TABELA 2 mostra que o tempo de exaustão para as diferentes intensidades de esforço foi significativamente maior para o grupo que realizou o protocolo de exercício intermitente ($p < 0,05$). Dentro do grupo intermitente, para as intensidades relativas de 10 e 20% foi permitido

que os voluntários cessassem o exercício no 120o. min de exercício. Nessas intensidades houveram apenas ligeiras alterações nas concentrações de lactato com nenhuma alteração da PSE (dados não apresentados), indicando que o exercício poderia ainda ser mantido por um longo período.

TABELA 2 - Valores do tempo de exaustão (TE) durante o exercício contínuo e intermitente expressos como médias \pm DP, para as diferentes intensidades de esforço utilizadas.

Grupos	TEMPO DE EXAUSTÃO (min)				
	Intensidades (%)				
	10%	20%	30%	40%	50%
Contínuo	60,2 \pm 18	38,7 \pm 11	23,7 \pm 7,5	14,2 \pm 4,3	7 \pm 2,4
Intermitente	> 120 *	> 120 *	72 \pm 16 *	59,5 \pm 9 *	16 \pm 4 *

* $p \leq 0,05$ em relação ao grupo contínuo.

Lactato sanguíneo

A FIGURA 2 mostra o efeito das diferentes intensidades utilizadas nas concentrações de lactato sanguíneo durante o exercício contínuo e intermitente. Os valores médios das concentrações de lactato durante o

exercício em ambos os grupos foram maiores com os aumentos nas intensidades de esforço, sendo $p < 0,05$ comparado a intensidade de 10%. Quando comparados o exercício contínuo exibiu uma concentração de lactato significativamente maior que o intermitente para todas as intensidades de esforço estudadas ($p < 0,05$).

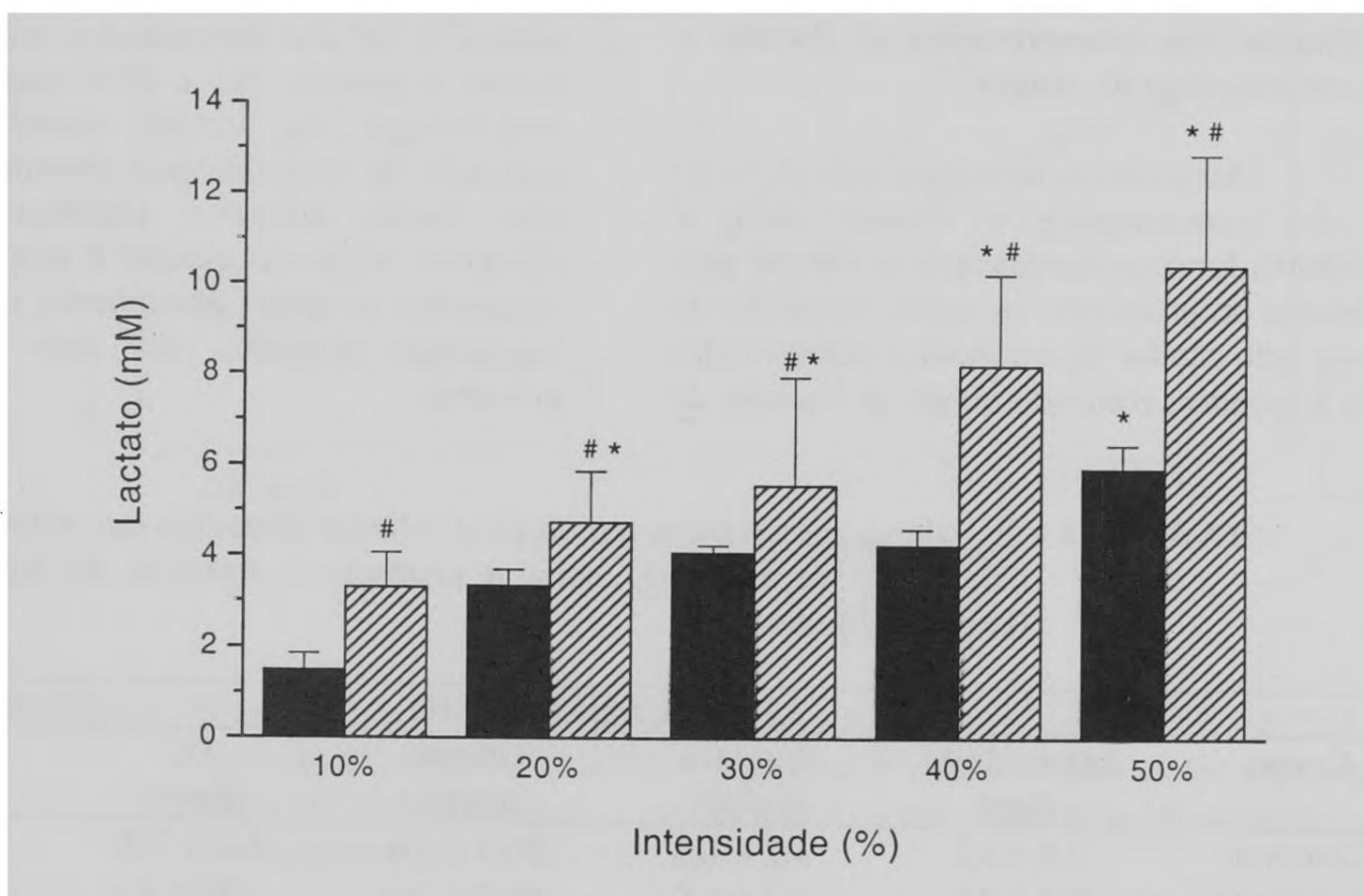


FIGURA 2 - Os valores são médias \pm DP de lactato sanguíneo obtidos durante os cinco protocolos de exercício intermitente (barra fechada) e contínuo (barra listada) com intensidades de 10, 20, 30, 40 e 50% acima do LA. * $p \leq 0,05$ em relação as intensidades de 10, 20, 30 e 40% e # $p < 0,05$ em relação ao grupo intermitente.

Os resultados exibidos na FIGURA 3 confirmam os achados da FIGURA 2, mostrando um forte efeito inibitório do exercício intermitente na produção de lactato sanguíneo. Os valores de

lactato durante os 15 min iniciais do exercício contínuo foram significativamente maiores em relação aos valores apresentados durante os 15 min finais do exercício intermitente ($p < 0,05$).

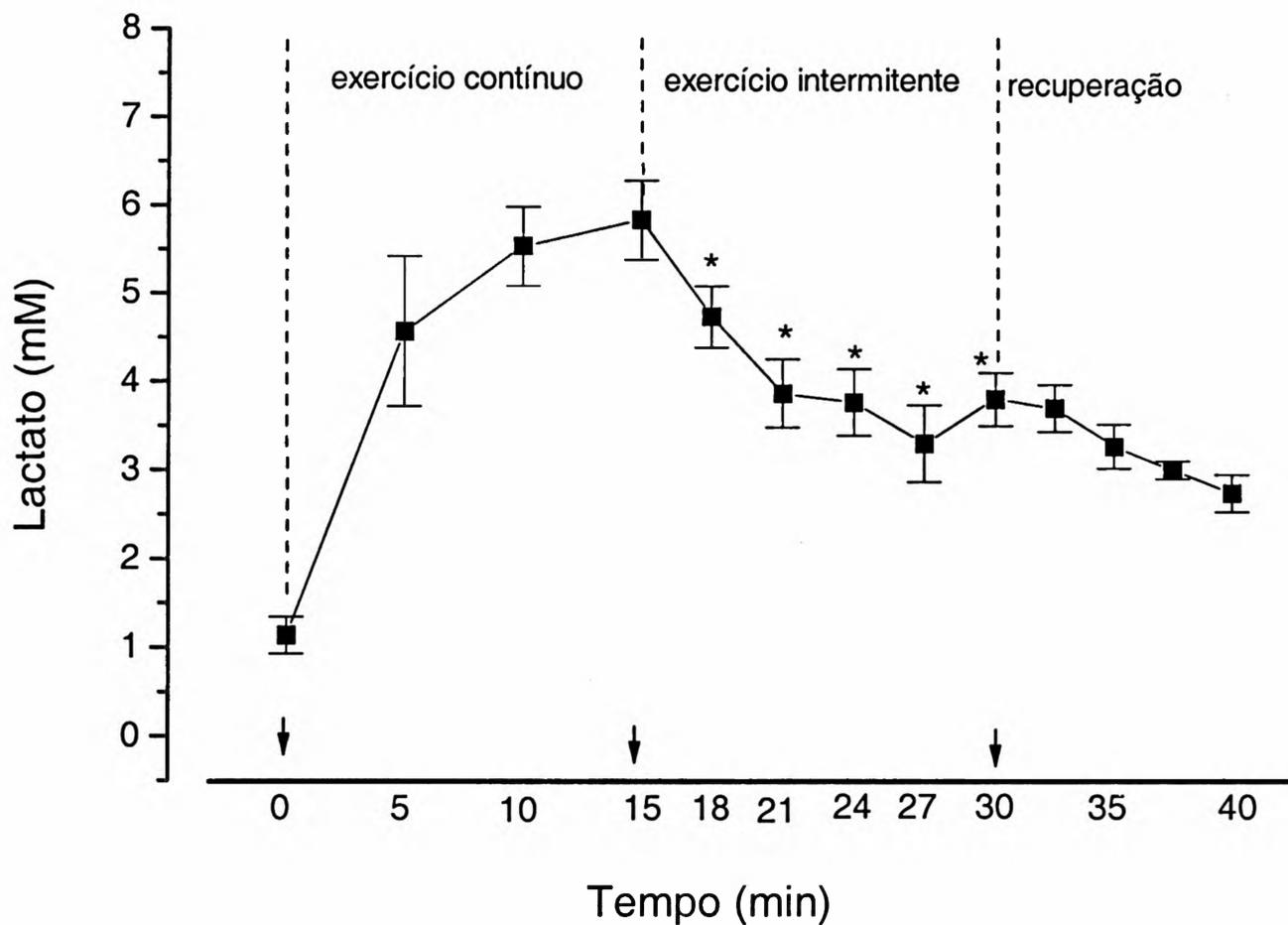


FIGURA 3 Concentrações de lactato durante e após um protocolo de exercício contínuo/intermitente com intensidade de 30% acima do LA e duração de 30 min. Os valores são médias \pm DP ($n = 3$) e * $p < 0,05$ comparado aos valores de lactato durante o exercício contínuo.

Concentração de glicose sanguínea

A FIGURA 4 mostra que as concentrações de glicose aumentaram significativamente durante o exercício intermitente para as intensidades de 20 e 50% comparado as demais intensidades. Ao passo que durante o

exercício contínuo não existiu qualquer alteração significativa nas concentrações de glicose sanguínea. Entre os grupos, houve um aumento significativo nas concentrações de glicose durante o exercício intermitente comparado ao contínuo para as intensidades de 20, 40 e 50% ($p < 0,05$).

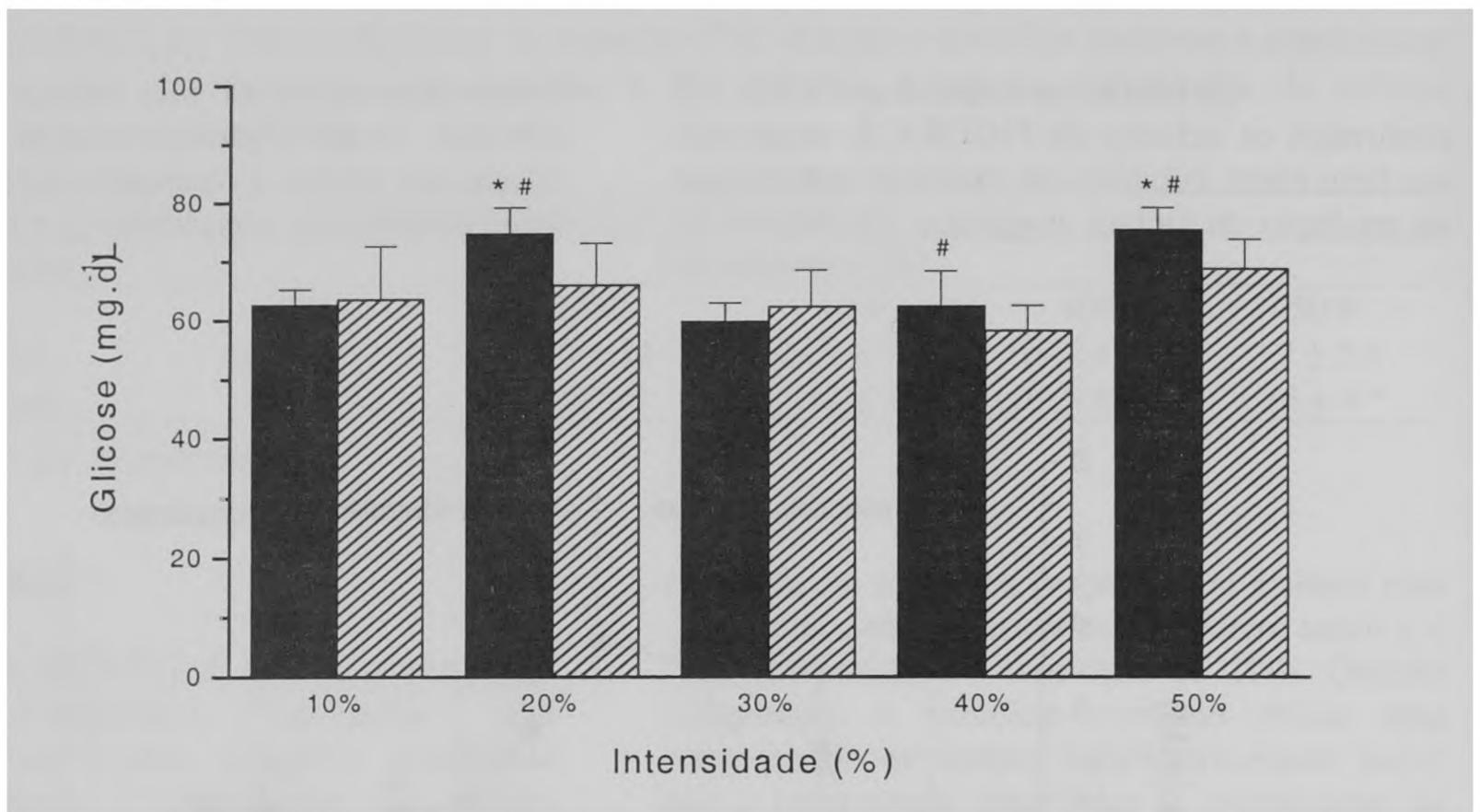


FIGURA 4 - Os valores são médias \pm DP de glicose sanguínea obtidos durante os cinco protocolos de exercício intermitente (barra fechada) e contínuo (barra listada) com intensidades de 10, 20, 30, 40 e 50% acima do LA. * $p \leq 0,05$ em relação a intensidade 10% e # $p < 0,05$ em relação ao grupo intermitente.

Frequência cardíaca

A FIGURA 5 mostra que não existiu nenhuma diferença estatística significativa quando

os valores de FC foram comparados dentro dos grupos ou mesmo entre eles ($p > 0,05$).

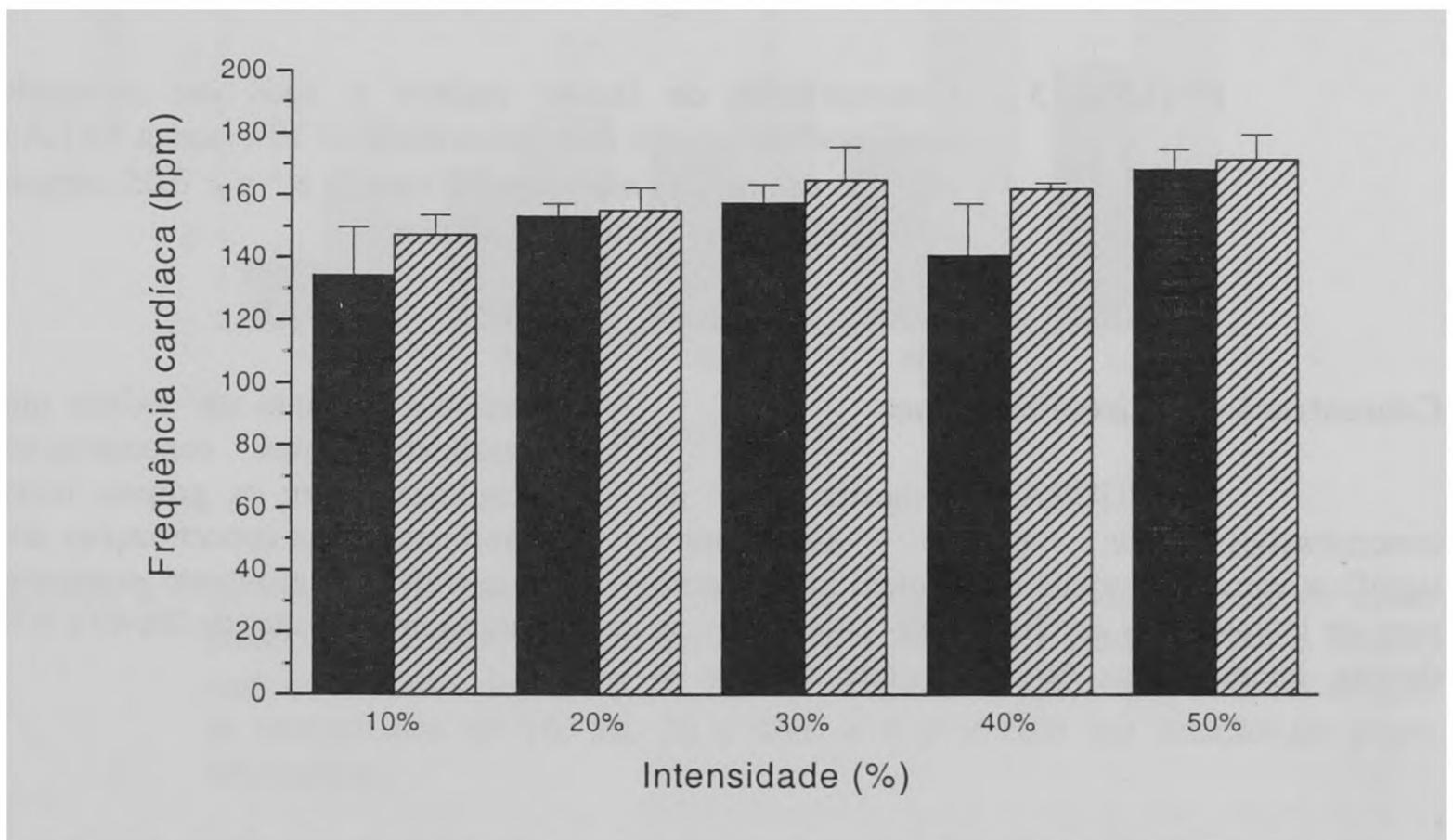


FIGURA 5 - Os valores são médias \pm DP de frequência cardíaca obtidos durante os cinco protocolos de exercício intermitente (barra fechada) e contínuo (barra listada) com intensidades de 10, 20, 30, 40 e 50% acima do LA.

Percepção subjetiva de esforço

A FIGURA 6 mostra que durante o exercício intermitente a PSE aumentou significativamente para a intensidade de 50% comparada a intensidade de 10% ($p < 0,05$). Ao

passo que, durante o exercício contínuo o aumento foi significativo para as intensidades de 40 e 50% comparado as demais intensidades. A análise entre os grupos mostrou que as diferenças nos valores de PSE foram significativos para todos os valores de intensidades.

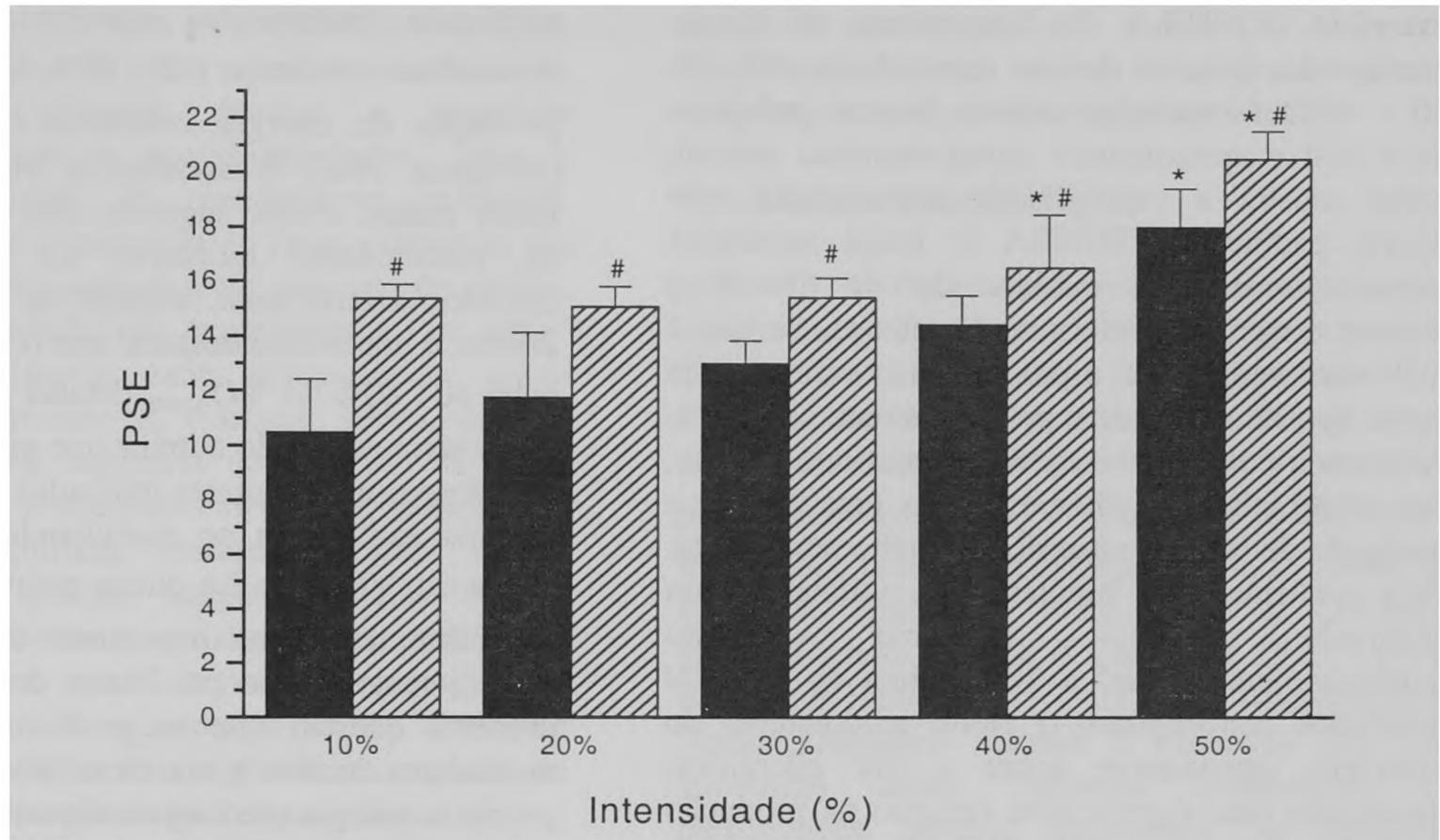


FIGURA 6 - Os valores são médias \pm DP de percepção subjetiva de esforço obtidos durante os cinco protocolos de exercício intermitente (barra fechada) e contínuo (barra listada) com intensidades de 10, 20, 30, 40 e 50% acima do LA. * $p \leq 0,05$ em relação a intensidade 10% e # $p < 0,05$ em relação ao grupo intermitente.

DISCUSSÃO

O principal achado desse estudo foi a menor produção de lactato e o maior TE verificados durante o exercício intermitente quando comparado ao exercício contínuo para as mesmas intensidades de esforço supra-limiar. Isso sugere que o exercício intermitente induz um forte efeito inibitório na via glicolítica, seguido de um provável aumento na produção de energia oxidativa.

Atualmente, alguns estudos tem mostrado evidências que durante o exercício contínuo de intensidade supra-limiar não existe um comportamento estável do lactato sanguíneo ("steady state") e sim um contínuo aumento até a exaustão ser alcançada (Gaesser & Poole, 1996; Pyne, Lee & Swanwick, 2001; Smith, Skelton, Kremer, Pascoe & Gladden, 1998), enquanto no exercício contínuo realizado numa intensidade sub-máxima (60 - 80% $\dot{V}O_{2\text{máx}}$) o lactato se mantém

estável por algum período (30 - 40 min) atingindo uma concentração máxima de aproximadamente 4 mM (Gaesser & Poole, 1996; Ribeiro, Hughes, Fielding, Holden, Evans & Knuttgen, 1986). Nossos resultados estão de acordo com essas afirmações, mostrando que durante o exercício contínuo intenso as concentrações de lactato aumentaram significativamente em função dos aumentos nas intensidades de esforço para valores acima daqueles normalmente encontrados durante o exercício com predominância oxidativa, ou seja, ≤ 4 mM (FIGURA 2). Em adição, quando comparados os resultados das concentrações de lactato durante o exercício contínuo foram significativamente maiores que os resultados das concentrações de lactato durante o exercício intermitente (FIGURA 2).

Em contraste, os valores médios das concentrações de lactato obtidas durante o exercício intermitente de intensidades supra-limiar (FIGURA 2) foram semelhantes, ou

próximos aos valores médios encontrados para as concentrações de lactato mínimo durante o protocolo de exercício para determinação do limiar anaeróbio (TABELA 1). Apenas para a máxima intensidade relativa de esforço a 50% acima do LA houve aumento significativo nas concentrações de lactato, seguido de um menor tempo total de exercício (TABELA 2). Os valores de lactato encontrados para as demais intensidades (10, 20, 30 e 40%) foram relativamente baixos, próximos de 4 mM e apresentando comportamento estável, como mostra a variabilidade representada pelo desvio padrão na FIGURA 2. Esses resultados sugerem uma forte inibição da via glicolítica durante o exercício intermitente intenso. Se isso é realmente verdadeiro, a predominância metabólica nesse tipo de atividade é provavelmente oxidativa. Ao contrário, durante o exercício contínuo intenso, esse efeito inibitório não é esperado, uma vez que a produção de energia anaeróbia é muito aumentada. Para confirmar essa hipótese, nós utilizamos um protocolo de exercício misto (contínuo/intermitente) a 30% acima do LA. Os resultados confirmaram o efeito modulatório do exercício intermitente sobre a via glicolítica, mostrando uma significativa redução na produção do lactato sanguíneo durante os 15 min finais de exercício intermitente (FIGURA 3). Porém, é importante destacar que o lactato sanguíneo em algumas situações não reflete os acontecimentos intramusculares e algum cuidado deve ser tomado na interpretação dos resultados. Considerando o tempo relativamente alto de efluxo do lactato muscular para a corrente sanguínea (~ entre 1- 7 min) (Juel & Pilegaard, 1999; Tegtbur, Busse & Braumann, 1993), poderíamos questionar os valores absolutos de lactato sanguíneo encontrados durante o exercício intermitente, uma vez que esses resultados foram obtidos imediatamente após os períodos de atividade. No entanto, os resultados de lactato obtidos durante a recuperação descartam essa possibilidade, mostrando que não houve qualquer aumento na concentração de lactato durante 10 min pós atividade. Uma outra possibilidade de questionamento, seria um efeito da pausa utilizada entre os períodos de atividade na remoção do lactato. Porém, é pouco provável que em um exercício com uma relação E:P de 2:1 min o lactato seja completamente removido dos músculos ativos para o sangue e do sangue para outros tecidos, incluindo o fígado durante o processo de gliconeogênese, num intervalo de tempo tão baixo. Em adição, o protocolo de determinação do LA mostrou um tempo de

remoção do lactato muscular de ~ 7 min para os voluntários utilizados neste estudo, descartando completamente essa segunda possibilidade.

Então podemos sugerir que o comportamento do lactato sanguíneo durante o exercício intermitente supra-limiar está mais próximo das respostas ao lactato sanguíneo verificado durante o exercício contínuo de intensidade sub-limiar (60-80% $\dot{V}O_{2\text{ máx}}$) onde a produção de energia oxidativa é predominante (Hollman, 1985; Wasserman & McLlory, 1964;). Esses dados, então, sugerem uma predominância de metabolismo oxidativo na realização do exercício intermitente, seguido de um maior TE. Porém, é importante destacar que o LA está situado entre 60-80% do $\dot{V}O_{2\text{ máx}}$ (Mader & Heck, 1986), então seria adequado admitir que para intensidades de esforço supra-limiar utilizadas neste estudo os sujeitos estivessem se exercitando próximos ou acima do $\dot{V}O_{2\text{ máx}}$. Em outras palavras, a glicólise anaeróbia teria uma importante contribuição no fornecimento de energia. Diante desse paradoxo, a primeira questão que surge é como as células musculares durante o exercício intermitente podem produzir energia predominantemente oxidativa em intensidades tão altas de exercício? Essen (1978) mostrou em um estudo usando o exercício intermitente como modelo experimental que altos níveis de ATP, creatina fosfato (CP) e citrato verificados no final dos períodos de recuperação comparados com os períodos de exercício poderiam estar exercendo um importante efeito na regulação do metabolismo dos carboidratos, principalmente na via glicolítica. Foi mostrado que a CP inibe a enzima PFK, que o ATP inibe tanto a enzima PFK quanto a enzima glicogênio fosforilase, enquanto o citrato, aumentado por conta do efeito inibitório do ATP na enzima isocitrato desidrogenase poderia também estar inibindo a PFK e o complexo piruvato desidrogenase. Portanto, o acúmulo desses metabólitos durante os intervalos de pausa, tem sido apontado como importantes inibidores do metabolismo de carboidrato, atenuando fortemente a via glicolítica durante os períodos de atividade no exercício intermitente.

Nossos resultados estão em acordo com os achados de Bangsbo, Graham, Johansen, Strange, Christensen & Saltin (1992), os quais usando o exercício intermitente para examinar os efeitos do exercício intenso nas alterações metabólicas musculares, verificaram uma redução da glicólise anaeróbia durante o exercício. Em

justificativa, estes autores mostraram uma redução na formação de substratos da enzima lactato desidrogenase, NADH e piruvato no citosol das células musculares.

Um aumento nas concentrações de glicose sanguínea foi verificado durante o exercício intermitente comparado ao contínuo para as intensidades de 20, 40 e 50% (FIGURA 4). Uma possibilidade para explicar a maior tendência de aumento na glicemia durante o exercício intermitente para as nossas condições, seria o provável aumento do metabolismo oxidativo, seguido de uma diminuição do fluxo glicolítico via inibição da PFK mediada pelo aumento de citrato, conforme mostrado em experimentos "in vitro" através do clássico ciclo glicose-ácido graxo (Randle, Newsholme & Garland, 1964), onde a inibição da PFK resultaria no aumento da razão G6P/F16P2 e conseqüentemente na inibição da enzima hexoquinase, resultando numa menor captação de glicose sanguínea pelas células musculares. Portanto, as alterações metabólicas induzidas pelos intervalos de recuperação do exercício intermitente parecem ser altamente decisivas na redução da via glicolítica, seguido de uma menor utilização da glicose sanguínea.

Finalmente, a PSE para as condições deste estudo foi mais correlacionada com as alterações do lactato sanguíneo quando comparado com os valores de FC. Enquanto a PSE (FIGURA 5), a exemplo do lactato sanguíneo sofreram aumentos significativos durante o exercício contínuo, o mesmo não foi verificado com a FC (FIGURA 6). É importante observar ainda, que os menores valores de PSE durante o exercício intermitente comparado ao contínuo refletem uma menor sensação de fadiga durante esse tipo de atividade, sugerindo também uma maior predominância de metabolismo oxidativo. Em adição, esses resultados confirmam a hipótese existente na literatura, que as respostas cardiovasculares (FC) e metabólicas (lactato) são controladas por diferentes mecanismos, os quais não estão intimamente associados (Holloszy & Coyle, 1984; Rowell, 1974; Weltman, 1995).

Resumindo, nossos dados suportam a hipótese inicial que o exercício intermitente resulta em uma baixa produção do lactato sanguíneo, em uma menor captação de glicose sanguínea e de um aumento no TE. Essas alterações ocorrem muito provavelmente em função de uma forte redução da via glicolítica. Em adição, as respostas do lactato sanguíneo durante o exercício intermitente de alta intensidade, parecem estar mais próximas as

respostas do exercício contínuo de intensidade moderada (Essen, 1978). Com base nesses resultados obtidos, podemos concluir que o exercício intermitente pode constituir-se de um importante protocolo de treinamento oxidativo, possibilitando trabalhar em uma intensidade de esforço muito acima do LA, mantendo-se um equilíbrio entre a produção e remoção do lactato sanguíneo com uma menor utilização da glicose sanguínea e aumento do tempo de exaustão.

Considerações metodológicas

No presente estudo, nós utilizamos a concentração do "Lactato Mínimo" proposto por Tegtbur, Busse e Braumann (1993) para determinar a intensidade de esforço correspondente ao limiar anaeróbio, embora um grande número de estudos preconizem o uso do $\dot{V}O_{2\text{ máx}}$ para estabelecer a intensidade relativa de esforço, ao invés do lactato sanguíneo (Bangsbo, 2000; Krogh & Lindhard, 1913; Mitchell, Sproule & Chapman, 1985; Taylor, Buskirk & Henschel, 1955). Porém, as respostas do lactato sanguíneo durante o exercício tem sido apontadas como melhores indicadores da performance aeróbia comparada as respostas adquiridas pelo uso do $\dot{V}O_{2\text{ máx}}$ (Weltman, 1995). O uso do $\dot{V}O_{2\text{ máx}}$ parece ser limitado primariamente pelas adaptações cardiovasculares (Rowell, 1974) enquanto as respostas metabólicas causadas pelo exercício físico parecem ser determinadas, em grande parte pelas adaptações metabólicas musculares (Holloszy & Coyle, 1984). Em suporte a essa afirmação, vários estudos tem mostrado significante correlação entre capacidade respiratória muscular e níveis de lactato sanguíneo durante o exercício (Ivy, Withers, Van Handel, Elger & Costill, 1980). Então, o uso do lactato sanguíneo parece ser mais vantajoso quando comparado ao uso do $\dot{V}O_{2\text{ máx}}$. Outro fator importante nos procedimentos desse estudo foi o uso da intensidade relativa de esforço para diminuir a variabilidade apresentada pela capacidade aeróbia dos voluntários dentro de um mesmo grupo, ou mesmo entre os dois diferentes grupos (TABELA 1). Portanto, a utilização do LA através do lactato ao invés do $\dot{V}O_{2\text{ máx}}$ para definir a capacidade aeróbia individual e as diferenças apresentadas na performance aeróbia entre os participantes e entre os grupos parecem não ter influenciado nas respostas obtidas nesse estudo, uma vez que a intensidade relativa ao LA foi

adotada para determinar a intensidade de esforço durante os protocolos de exercício intermitente utilizados.

Finalmente, nossos resultados sugerem a necessidade uma análise posterior mais

detalhada, a respeito das alterações metabólicas intra-musculares durante o exercício intermitente para os nossos futuros estudos sobre esse importante tópico em Fisiologia e Bioquímica do Exercício.

ABSTRACT

EFFECT OF DIFFERENT INTENSITIES OF EFFORT ON ANAEROBIC GLYCOLYSIS DURING CONTINUOUS AND INTERMITTENT EXERCISE

Our major purpose here was investigate different metabolic and physiological responses to different intensities during intermittent and continuous exercise. Eight male subjects, average age 22.1 ± 3 years old, weight 70.4 ± 5 kg and height 179 ± 11 cm volunteered to participate in the study. After anaerobic threshold (AT) test toward the aerobic capacity, the subjects reported to the laboratory on six occasions. They were randomly placed in five different intermittent or continuous exercise bouts separately, with intensities set at 10, 20, 30, 40 and 50% above AT on stationary cycle ergometer at 30 km.h^{-1} . Finally, the volunteers were placed in 1 continuous/intermittent exercise bout at 30% above of AT and 30 km.h^{-1} . The exercise bouts were performed on six occasions separated by at least 72 h. Blood samples were took each 5 min out of exercise to further glucose and lactate analysis. The results showed an marked increase of blood lactate during continuous exercise followed by a lowest endurance time compared with intermittent exercise ($p < 0.05$). In addition, blood glucose values showed statistical differences just for intensities of 20, 40 and 50% when continuous was compared with intermittent exercise ($p < 0.05$). Our results suggest that intermittent exercise may be an important method to improve the oxidative capacity due its strong inhibitory effect on glycolysis followed by a large increase on oxidative metabolism and endurance time.

UNITERMS: Intermittent exercise; Continuous exercise; Anaerobic threshold; Lactate; Glucose.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, D.G.; LANNERGREN, J.; WESTERBLAD, H. Muscle cell function during prolonged activity: cellular mechanisms of fatigue. *Experimental Physiology*, Cambridge, v.80, p.497-527, 1995.

BALLOR, D.L.; VOLOVSEK, A.J. Effect of exercise to rest ratio on plasma lactate concentration at work rates above and below maximum oxygen uptake. *European Journal of Applied Physiology*, Berlin, v.65, p.365-9, 1992.

BALSOM, P.D.; GAITANOS, G.C.; EKBLÖM, B.; SJODIN, B. Reduced oxygen availability during high intensity intermittent exercise impairs performance. *Acta Physiologica Scandinavica*, Stockholm, v.152, p.279-85, 1994.

BALSOM, P.D.; SEJER, J.Y.; SJODIN, B.; EKBLÖM, B. Physiological responses to maximal intensity intermittent exercise. *European Journal of Applied Physiology*, Berlin, v.65, p.144-9, 1992.

BANGSBO, J. Muscle oxygen uptake in humans at onset of and during intense exercise. *Acta Physiologica Scandinavica*, Stockholm, v.168, p.457-64, 2000.

BANGSBO, J.; GRAHAM, T.E.; JOHANSEN, L.; STRANGE, S.; CHRISTENSEN, C.; SALTIN, B. Elevated muscle acidity and energy production during exhaustive exercise in man. *American Journal Physiology*, Washington, v.263, p.R891-9, 1992.

BORG, G.A. Perceived exertion: a note on history and methods. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, Madison, v.5, p.90-3, 1973.

DOTAN, R.; BAR-OR, O. Load optimization for the wingate anaerobic test. *European Journal of Applied Physiology*, Berlin, v.51, p.409-17, 1983.

ENDO, M. Calcium release from sarcoplasmic reticulum. *Physiology Reviews*, Washginton, v.57, p.71-108, 1977.

ESSEN, B. Studies on the regulation of metabolism in human skeletal muscle using intermittent exercise as an experimental model. *Acta Physiologica Scandinavica*, Stockholm, p.1-32, 1978. Supplementum 454.

GAESSER, G.A.; POOLE, D.C. The slow of oxygen uptake kinetics in human. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, Baltimore, v.24, p.35-70, 1996.

GAITANOS, G.C.; WILLIAMS, C.; BOOBIS, L.H.; BROOKS, S. Human muscle metabolism during intermittent maximal exercise. *Journal of Applied Physiology*, Bethesda, v.75, n.2, p.712-9, 1993.

- GOLLNICK, P.D. Free fatty acid turnover and availability of substrates as a limiting factor in prolonged exercise. In: MILVY, P. (Ed.). **The marathon: physiological, medical, epidemiological and psychological studies**. New York: New York Academy of Sciences, 1977. p.64-72.
- HOLLMAN, W. Historical remarks on the development of the aerobic-anaerobic threshold up to 1966. **International Journal of Medicine**, Stuttgart, v.6, p.109-16; 1985.
- HOLLOSZY, J.O.; COYLE, E.F. Adaptations of skeletal muscle to endurance exercise and their metabolic consequences. **Journal of Applied Physiology**, Bethesda, v.56, p.831-8, 1984.
- IVY, J.L.; WITHERS, R.T.; VAN HANDEL, P.J.; ELGER, D.H.; COSTILL, D.L. Muscle respiratory capacity and fiber type as determinates of the lactate threshold. **Journal of Applied Physiology**, Bethesda, v.48, p.523-7, 1980.
- JUEL, K.; PILEGAARD, H. Lactate exchange and pH regulation in skeletal muscle. In: M. HARGREAVES, M.; THOMPSON, M. (Eds.). **Biochemistry of exercise X**. Champaign: Human Kinetics, 1999. p.185-200.
- KROGH, A.; LINDHARD, J. The regulation of respiration and circulation during the initial stages of muscular work. **Journal of Physiology**, London, v.47, p.112-36, 1913.
- MADER, A.; HECK, H. A theory of the metabolic origin of "anaerobic threshold". **International Journal of Sports Medicine**, Stuttgart, v.7, p.45-65, 1986.
- MITCHELL, J.H.; SPROULE, B.J.; CHAPMAN, C.B. The physiological meaning of the maximal oxygen intake test. **Journal of Clinical Investigation**, New Haven, v.37, p.538-47, 1985.
- PYNE, D.B.; LEE, H.; SWANWICK, K.M. Monitoring the lactate threshold in world-ranked swimmers. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v.33, p.291-7, 2001.
- RANDLE, P.J.; NEWSHOLME, E.A.; GARLAND, P. B. Regulation of glucose uptake by muscle: effect of fatty acids, ketone bodies and pyruvate, and of alloxan diabetes starvation, on the uptake and metabolic fate of glucose in rat heart and diaphragm muscles. **Biochemistry Journal**, London, v.93, p.652-65, 1964.
- RIBEIRO, J.P.; HUGHES, V.; FIELDING, R.A.; HOLDEN, W.; EVANS, W.; KNUTTGEN, H.G. Metabolic and ventilatory responses to steady state exercise relative to lactate threshold. **European Journal of Applied Physiology**, Berlin, v.55, p.215-21, 1986.
- ROWELL, L.B. Human cardiovascular adjustments to exercise and thermal stress. **Physiology Reviews**, Washington, v.54, p.75-159, 1974.
- SMITH, E.W.; SKELTON, M.S.; KREMER, D.E.; PASCOE, D.D.; GLADDEN, L.B. Lactate distribution in the blood during steady-state exercise. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v.30, p.1424-9, 1998.
- TAYLOR, H.L.; BUSKIRK, E.R.; HENSCHEL, A. Maximal oxygen intake as an objective measure of cardiorespiratory performance. **Journal of Applied Physiology**, Bethesda, v.8, p.73-80, 1955.
- TEGTBUR, U.; BUSSE, M.W.; BRAUMANN, K.M. Estimation of an individual equilibrium between lactate production and catabolism during exercise. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v.25, p.620-7, 1993.
- TESCH, P.A. Muscle fatigue in man. **Acta Physiologica Scandinavica**, Stockholm, p.1-40, 1980. supplementum 480.
- WAHREN, J. Glucose turnover during exercise in man. In: MILVY, P. (Ed.). **The marathon: physiological, medical, epidemiological and psychological studies**. New York: New York Academy of Sciences, 1977. p.45-55.
- WASSERMAN, K.; McLLORY, M.B. Detecting the threshold of anaerobic metabolism in cardiac patients during exercise. **American Journal of Cardiology**, New York, v.14, p.844-52, 1964.
- WELTMAN, A. Introduction and terminology associated with the blood lactate response to exercise. In: WELTMAN, A. (Ed.). **The blood lactate response to exercise**. Champaign: Human Kinetics, 1995. p.1-5.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a CAPES pelo suporte financeiro, a todos os voluntários participantes, a excelente assistência técnica de José R.R. da Silva e Eduardo Custódio e ao Prof.Dr. Luiz Eduardo Barreto da Faculdade de Educação Física UNICAMP por gentilmente ter nos cedido o ciclo-ergômetro utilizado neste estudo.

Recebido para publicação em: 06 nov. 2001

Revisado em: 29 out. 2002

Aceito em: 28 mar. 2003

ENDEREÇO: Leonardo dos Reis Silveira
 Departamento de Bioquímica - IB - UNICAMP
 Cidade Universitária Zeferino Vaz s/n. - Caixa Postal 6109
 13083-970 Campinas - SP BRASIL
 e-mail: leooss@hotmail.com