

Solicitação Fisiológica e Metabólica do Exercício Intermitente Anaeróbio com Membros Superiores

Emerson Franchini ^{1 2}

Monica Yuri Takito ³

¹Faculdade de Ed.Física da Universidade Presbiteriana Mackenzie, ²UNAERP – Guarujá e

³Faculdade de Saúde Pública da USP

Rômulo Cássio Moraes Bertuzzi

Maria Augusta Peduti Dal’Molin Kiss

Escola de Ed.Física e Esporte da USP

Resumo - Este estudo investigou o consumo de oxigênio (VO₂), o lactado sanguíneo (LA), a frequência cardíaca (FC), a contribuição aeróbia (CA), a potência média relativa (PM) e a potência de pico relativa (PP) durante quatro testes de Wingate para membros superiores com três minutos de intervalo, em 15 judocas. A comparação entre os testes foi feita utilizando ANOVA a um fator com medidas repetidas. Houve diminuição da PM com o decorrer dos testes, exceto do teste três para o quatro, enquanto a PP não diferia apenas entre os testes um e dois e entre os testes três e quatro. A CA era menor no teste um em relação aos demais e o LA aumentava com o decorrer dos testes. A queda da PM durante os testes parece estar relacionada à diminuição da ativação da via glicolítica. O aumento da CA não foi suficiente para manter o desempenho nos testes subsequentes.

Palavras-chave: Wingate, membros superiores, lactato, contribuição aeróbia.

Physiological and Metabolic Solicitation of Upper Boddy Intermittente Anaerobic Exercise

Abstract - This study investigated oxygen uptake (VO₂), blood lactate (LA), heart rate (HR), aerobic contribution (AC), relative mean power (MP) and relative peak power (PP) during four upper body Wingate tests with three minutes of rest among them, performed by 15 judo athletes. The comparison among tests was made through an one-way ANOVA with repeated measures. There was a MP decrease during the tests, except from test three to test four, whereas PP did not differ between tests one and two and between tests three and four. The AC was lower in test one compared to the others and LA increased during the tests. The MP decrease during the tests seems to be related to a lower glycolytic pathway activation. The increase in AC was not enough to maintain the performance in the subsequent tests.

Key Words - Wingate, upper body, lactate, aerobic contribution.

1. Introdução

A solicitação dos sistemas energéticos durante o exercício intermitente supramáximo apresenta-se de maneira bastante diferente da solicitação dos sistemas energéticos durante um único estímulo supramáximo (BOGDANIS; NEVILL; BOOBIS; LAKOMY, 1996). Durante um único estímulo de exercício de máxima intensidade de curta duração (menor que trinta segundos), o ATP é resintetizado predominantemente pelas vias anaeróbias. No entanto, quando o mesmo tipo de exercício é realizado intermitentemente com intervalos pequenos, tem sido sugerido existir um aumento na contribuição do sistema aeróbio (GAITANOS; WILLIAMS; BOOBIS; BROOKS, 1993), mesmo quando a recuperação entre os estímulos é passiva (BALSOM; SEGER; SJÖDIN; EKBLÖM, 1992b).

A solicitação do metabolismo aeróbio no exercício intermitente parece ter um papel importante no fornecimento de energia em atividades com maior duração (BALSOM et al., 1992b) e em estímulos nos quais o tempo de intervalo é insuficiente para a ressíntese completa de CP (BALSOM; SEGER; SJÖDIN; EKBLÖM, 1992a; WOOTTON; WILLIAMS, 1983). Segundo GAITANOS et al. (1993), um terceiro fator que contribui para o aumento da solicitação do metabolismo aeróbio seria a somatória de estímulos. A importância do metabolismo aeróbio para o exercício intermitente supramáximo também tem sido evidenciada através de protocolos comparando situações de hipóxia e normoxia (BALSOM; GAITANOS; EKBLÖM; SJÖDIN, 1994b) e de estudos com infusão de eritropoetina humana (rhEPO) (BALSOM; EKBLÖM; SJÖDIN, 1994a). O maior desempenho em exercício supramáximo

intermitente na situação de normoxia comparada com situação de hipóxia (BALSOM et al., 1994b), assim como com a infusão de rhEPO (BALSOM et al., 1994a), parece estar associado à maior disponibilidade de oxigênio nos músculos, o que resultaria em maior ressíntese de CP durante os períodos de recuperação e conseqüentemente em menor acúmulo de lactato.

A explicação para a contribuição aeróbia em exercícios intermitentes de elevada intensidade está relacionada à correlação entre elevadas concentrações de H^+ e o aumento da atividade da enzima piruvato desidrogenase (GAITANOS et al., 1993). Esta mudança para o metabolismo aeróbio nos estágios finais do exercício intermitente de elevada intensidade, em decorrência da diminuição da energia pelas vias anaeróbias, parece ser o principal fator para o decréscimo na potência gerada durante os últimos estágios de exercício (GAITANOS et al., 1993).

Portanto, a partir desses estudos, a utilização de substratos durante o exercício intermitente de elevada intensidade parece ser afetada pela disponibilidade de oxigênio. A diferença na utilização de substratos estaria relacionada à maior ressíntese de CP e à maior contribuição aeróbia no fornecimento de energia.

A compreensão da solicitação fisiológica ao exercício anaeróbio pode auxiliar na prescrição do exercício. Os membros superiores são extremamente solicitados em modalidades esportivas intermitentes como o judô, a luta olímpica e o pólo aquático, por exemplo. Contudo, esse tipo de exercício tem sido menos investigado que o exercício com os membros inferiores, especialmente no que diz respeito à contribuição aeróbia. Em um estudo (FRANCHINI et al., 1999), foi constatado que indivíduos com maior aptidão aeróbia apresentavam maior desempenho anaeróbio intermitente com membros superiores em comparação com indivíduos com menor aptidão aeróbia. Contudo, é importante notar que no estudo supracitado, a avaliação das características aeróbias foi feita através de testes para membros inferiores (corrida), enquanto o desempenho anaeróbio foi mensurado em exercício para membros superiores. Portanto, não há garantia que o maior desempenho no exercício com membros superiores tenha sido conseqüência da maior aptidão aeróbia, especialmente em decorrência da ausência de mensuração da contribuição aeróbia no exercício intermitente.

Assim, o objetivo geral desse estudo foi verificar a contribuição aeróbia no exercício intermitente de alta intensidade para membros superiores (quatro testes de Wingate com três minutos de intervalo entre eles) e a associação dessa variável com o desempenho. Os objetivos específicos foram analisar o consumo de oxigênio, o lactato

sanguíneo, a frequência cardíaca e o desempenho no decorrer da tarefa.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Amostra

Participaram deste estudo 15 atletas de judô do sexo masculino, voluntários (após leitura e assinatura do termo de consentimento informado).

2.2. Procedimentos

Para caracterização da amostra, foram medidos/determinados: (1) estatura, (2) massa corporal; (3) idade; (4) tempo de prática do judô.

Os atletas foram submetidos a quatro testes de Wingate em um cicloergômetro Monark adaptado para membros superiores, com intervalo de três minutos entre os testes (semelhante ao adotado por GAIGA; DOCHERTY, 1995; GREER, MCLEAN; GRAHAM 1998; MACDOUGALL et al., 1998). Durante os intervalos entre os testes de Wingate, os atletas permaneceram sentados (recuperação passiva) e eram notificados a cada minuto sobre o tempo de intervalo para garantir o início do próximo teste no período previsto. Foi utilizada a carga de $0,05 \text{ kg.kg}^{-1}$ de massa corporal.

A potência foi determinada pelo programa computadorizado *Wingate Test*, comercializado pela *Skill Equipamentos Esportivos (CEFISE, Brasil)*. Esse programa permite a determinação da potência gerada a cada segundo durante o teste. A partir disso, para cada um dos testes, foram determinadas a potência média relativa (PMr - média aritmética da potência gerada durante os trinta segundos dividida pela massa corporal do atleta; W.kg^{-1}) e a potência de pico relativa (PPr - maior potência atingida durante os trinta segundos dividida pela massa corporal do atleta; W.kg^{-1}). Além dessas variáveis, foram consideradas: (1) a frequência cardíaca a cada cinco segundos (FCWT; bpm); (2) a concentração de lactato antes do primeiro e um minuto após cada teste de Wingate (LAWT; mmol.l^{-1}); (3) a contribuição aeróbia em cada um dos testes de Wingate foi determinada conforme proposto por Bediz et al. (1998) e por Kavanagh e Jacobs (1988). A contribuição aeróbia, assumindo 16 ou 20% de eficiência mecânica, era determinada como um percentual da energia necessária para realizar o trabalho em cada teste de Wingate; (4) para cada variável em que foi verificada diferença significativa com o decorrer dos testes, foi calculado o delta percentual de modificação de um teste para outro.

O VO_2 e a FC foram mensurados continuamente pelo equipamento *K4 b² (Cosmed, Itália)* e pelo *Polar Vantage NV (Polar, Finlândia)*, respectivamente. A [LA] foi medida no aparelho *Yellow Springs 1500 Sport (Yellow Springs, EUA)*.

Houve perda do valor do VO_2 pico de um dos sujeitos no quarto teste de Wingate e perda do valor da FC de três sujeitos (um no teste 1, um no teste 2 e outro no teste 4).

2.3. Análise Estatística

Após a constatação dos pressupostos para a utilização da análise de variância com medidas repetidas (normalidade e esfericidade; ZAR, 1999), as seguintes variáveis foram comparadas, utilizando esse teste: contribuição aeróbia, frequência cardíaca de pico, consumo de oxigênio de pico, potência de pico relativa, potência média relativa e concentração de lactato, assim como o delta de modificação das variáveis que diferiram entre os testes de Wingate. Quando encontrada diferença significativa, foram utilizados os testes de Tukey ou de Bonferroni. As correlações entre as variáveis e entre os deltas de modificação foram calculadas pelo coeficiente de correlação de Pearson. Em todas as análises, foi estabelecido 5% como nível de significância. Os valores apresentados são média \pm desvio padrão.

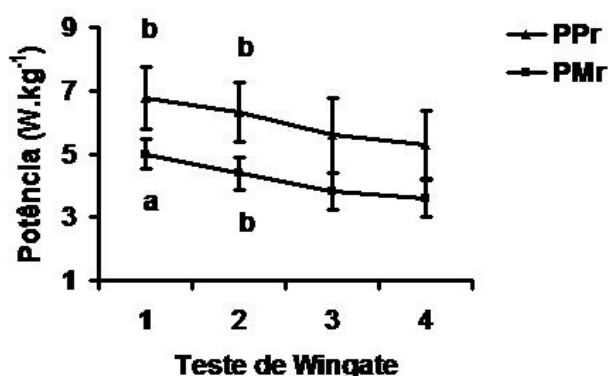


Figura 1. Potência de pico relativa (PPr; $W.kg^{-1}$) e potência média relativa (PMr; $W.kg^{-1}$) no decorrer dos quatro testes de Wingate para membros superiores a = diferença significativa em relação aos testes 2, 3 e 4 ($p < 0,05$); b = diferença significativa em relação aos testes 3 e 4 ($p < 0,05$).

A tabela 1 apresenta os resultados do consumo de oxigênio de pico, da frequência cardíaca pico e da contribuição aeróbia no decorrer dos testes de Wingate.

Tabela 1. Consumo de oxigênio de pico ($mL.kg^{-1}.min^{-1}$), frequência cardíaca (bpm) e contribuição aeróbia (%) nos quatro testes de Wingate para membros superiores.

	Wingate 1	Wingate 2	Wingate 3	Wingate 4
VO_2 pico ($mL.kg^{-1}.min^{-1}$)	$48,2 \pm 9,9$	$48,5 \pm 6,8$	$47,5 \pm 8,5$	$49,8 \pm 9,2$
FC pico (bpm)	172 ± 13	173 ± 10	172 ± 9	173 ± 12
CA (%) 16% EM	$22,2 \pm 7,8^a$	$34,5 \pm 9,1$	$38,4 \pm 12,9$	$40,1 \pm 12,1$
20% EM	$27,7 \pm 9,7^a$	$43,1 \pm 11,4$	$48,0 \pm 16,1$	$50,1 \pm 15,2$

FC = frequência cardíaca; CA = contribuição aeróbia; EM 16 e 20% = cálculos da contribuição aeróbia assumindo 16 e 20% de eficiência mecânica, respectivamente; a = diferença significativa em relação aos testes 2, 3 e 4.

Resultados

A figura 2 apresenta concentração de lactato em repouso e um minuto após cada teste de Wingate.

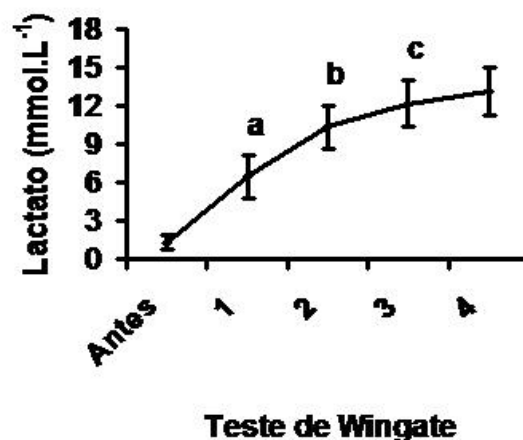


Figura 2. Concentração de lactato ($mmol.L^{-1}$) antes e um minuto após cada teste de Wingate para membros superiores. a = diferença significativa em relação aos testes 2, 3 e 4 ($p < 0,05$); b = diferença significativa em relação aos testes 3 e 4 ($p < 0,05$); c = diferença significativa em relação ao teste 4 ($p < 0,05$).

Foi constatada diferença na potência de pico ($F_{3,42} = 17,60$; $p = 0,000$) e na potência média ($F_{3,42} = 62,79$; $p = 0,000$) com o decorrer dos testes. Para a potência de pico, os resultados dos testes um e dois eram superiores aos dos testes três e quatro ($p < 0,05$), mas não houve diferença significativa entre os testes um e dois e entre os testes três e quatro. A potência média era menor a cada teste ($p < 0,01$), exceto para os testes três e quatro, que não diferiam entre si ($p = 0,169$).

A concentração de lactato em repouso não foi comparada com as demais. A concentração de lactato diferia entre os testes ($F_{3,42} = 125,72$; $p = 0,000$), com aumento progressivo com o decorrer dos testes.

A tabela 2 apresenta os deltas percentuais de mudança da potência de pico relativa, potência média relativa e contribuição aeróbia com o decorrer dos testes.

Tabela 2. Modificação percentual da potência de pico relativa, potência média relativa e contribuição aeróbia com o decorrer dos testes de Wingate.

	W1-W2	W2-W3	W3-W4
PPr (%)	-5,9 ± 13,6	-11,7 ± 13,5	-4,2 ± 11,8
PMr (%)	-11,6 ± 9,4	-13,0 ± 7,0	-6,2 ± 7,6
CA (%)	64,0 ± 39,0	11,9 ± 18,3	-2,5 ± 31,0

PPr = potência de pico relativa; PMr = potência média relativa; CA = contribuição aeróbia.

Não houve diferença significativa no percentual de queda da potência de pico com o decorrer dos testes ($F_{1,14} = 0,35$; $p = 0,565$). Para a potência média, foi detectada diferença entre as quedas percentuais com o decorrer dos testes ($F_{1,14} = 8,62$; $p = 0,011$). A queda do primeiro para o segundo teste foi maior do que do terceiro para o quarto teste ($p = 0,033$).

A contribuição aeróbia apresentou diferença significativa na modificação entre os testes ($F_{1,13} = 23,10$; $p = 0,000$). O aumento da contribuição aeróbia do primeiro para o segundo teste foi superior ao observado do segundo para o terceiro ($p = 0,001$) e do terceiro para o quarto teste ($p = 0,001$).

Também foi observada diferença significativa com o decorrer dos testes para o percentual de mudança da concentração de lactato ($F_{1,14} = 40,14$; $p = 0,000$). O aumento percentual da concentração de lactato foi progressivamente menor com o decorrer dos testes. O lactato apresentou um aumento médio de 500% do repouso até o final do primeiro teste, 66% do primeiro para o segundo teste, 18% do segundo para o terceiro e de 8% do terceiro para o quarto teste.

As principais correlações entre as respostas fisiológicas e as variáveis de desempenho, foram as seguintes: potência média no teste três e contribuição aeróbia nesse teste ($r = -0,564$; $p = 0,029$; $n = 15$); delta de lactato do primeiro para o segundo teste e delta da potência média do primeiro para o segundo ($r = 0,618$; $p = 0,014$; $n = 15$).

4. Discussão

A queda da potência de pico e da potência média com o decorrer dos testes de Wingate observada no presente estudo foi similar ao encontrado em outros estudos que adotaram três a quatro estímulos supramáximos, com trinta segundos de duração e três a quatro minutos de intervalo (GREER et al., 1998; MCCARTENEY et al., 1986; SPRIET, LINDINGER, MCKELVIE, HEIGENHAUSER; JONES, 1989). Nesses estudos, a potência de pico e a potência média também não apresentaram queda adicional

nos testes três e quatro. Spriet et al. (1989) realizaram três testes de trinta segundos em cicloergômetro isocinético, com quatro minutos de intervalo entre eles, e observaram a diminuição no desempenho estava associada ao aumento na concentração de H^+ de 195 ± 12 para 274 ± 19 $mmol.L^{-1}$ durante os trinta segundos do segundo estímulo. Com os quatro minutos de recuperação, esses valores retornaram para 226 ± 8 $mmol.L^{-1}$ antes do terceiro estímulo e aumentaram para 315 ± 24 $mmol.L^{-1}$ após esse último estímulo. A concentração de glicogênio muscular diminuiu $47,2$ $mmol.kg^{-1}$ de músculo seco durante o estímulo dois e $15,1$ $mmol.kg^{-1}$ de músculo seco (não significativa) durante o estímulo três. Considerando que o trabalho total no estímulo três foi 82% do realizado no estímulo dois e que a utilização de glicogênio durante o terceiro estímulo foi apenas 32% menor do que no segundo, pode-se inferir que a manutenção do trabalho ocorreu em um nível mais elevado do que poderia ser esperado, ao se considerar a menor produção de energia pela glicólise. A diminuição da ativação da glicogenólise pode ter sido ocasionada por um aumento da concentração de H^+ e conseqüente (1) inibição da atividade do glicogênio fosforilase e (2) redução na excitação-contracção das proteínas contráteis ao nível da ativação de Ca^{2+} . Considerando a diminuição da atividade glicolítica, a manutenção do trabalho pode ser explicada por: (1) recrutamento de diferentes fibras musculares nos últimos estímulos; (2) aumento da eficiência da contracção muscular; (3) maior ativação do metabolismo aeróbio. Dessas três alternativas, a mais provável é a maior ativação do metabolismo aeróbio.

No presente estudo, o acúmulo de lactato aumentou com o decorrer dos testes de Wingate para membros superiores, mas o percentual de aumento foi cada vez menor. McCartney et al. (1986) observaram que a concentração de lactato sanguíneo após quatro estímulos de trinta segundos em cicloergômetro isocinético para membros inferiores ficou entre 21 e 23 $mmol.L^{-1}$, permanecendo acima de 20 $mmol.L^{-1}$ durante os primeiros dez minutos, chegando a $17,3 \pm 1,0$ $mmol.L^{-1}$ no vigésimo minuto. O maior acúmulo de lactato sanguíneo após o teste

com membros inferiores em relação ao observado no presente estudo parece ser consequência do envolvimento de maiores grupos musculares no primeiro caso em relação ao último, uma vez que o acúmulo de lactato sangüíneo é maior à medida que aumenta a massa muscular envolvida no exercício. Contudo, no estudo de McCartney et al. (1986), a concentração de lactato muscular aumentou apenas nos estímulos um (29 mmol.kg^{-1}) e dois (5 mmol.kg^{-1}). Com a elevação prévia da concentração de lactato muscular e sangüíneo, a ativação da via glicolítica era menor e, conseqüentemente, o mesmo ocorria com a potência de pico nos estímulos três e quatro. No estudo de Greer et al. (1998), com quatro testes de Wingate para membros inferiores, com quatro minutos de intervalo entre eles, a concentração de lactato sangüíneo aumentou após o teste um em relação ao repouso e continuou a aumentar até o final do teste três. Com o aumento na concentração de lactato sangüíneo, o desempenho diminuiu com o decorrer dos testes. Resultado similar também foi encontrado por Spriet et al. (1989). Segundo Greer et al. (1998), com a diminuição da contribuição da via glicolítica, a contribuição aeróbia aumentou significativamente nos testes dois, três e quatro em relação ao teste um.

A hipótese de maior contribuição aeróbia durante os últimos estímulos é confirmada pelos resultados observados nos testes de Wingate para membros superiores em nosso estudo. A contribuição aeróbia no primeiro teste de Wingate era menor do que a contribuição aeróbia nos testes dois, três e quatro. É importante notar que, ao assumir a eficiência mecânica de 20% para o cálculo da contribuição aeróbia, a maior parte da energia para executar o quarto teste foi proveniente do sistema oxidativo. Esses resultados são similares ao observado por Gaitanos et al. (1993) e por Bogdanis et al. (1996), os quais constataram aumento da participação do sistema oxidativo nos estágios finais de exercícios intermitentes de elevada intensidade para membros inferiores.

Greer et al. (1998) também observaram que, com a diminuição da contribuição da via glicolítica, a contribuição aeróbia aumentava significativamente nos testes de wingate dois ($49,8 \pm 2,2\%$), três ($48,6 \pm 1,9\%$) e quatro ($47,2 \pm 2,0\%$) em relação ao teste um ($38,4 \pm 2,8\%$).

Os estudos realizados para estimar a contribuição dos sistemas ATP-CP, glicolítico e aeróbio durante o teste de Wingate adotaram a execução na versão para membros inferiores (GRANIER; MERCIER; MERCIER; ANSELME; PRÉFAUT, 1995; KAVANAGH; JACOBS, 1988; SERRESSE, LORTIE, BOUCHARD; BOULAY 1988; SMITH; HILL, 1991), impedindo uma comparação mais direta dos valores observados com os do presente estudo. Hill; Smith (1992) realizaram cálculos da contribuição aeróbia durante o teste de Wingate assumindo

pressupostos diferentes no que diz respeito à eficiência (22% ou 25% de eficiência muscular), com e sem consideração do tempo de atraso entre o consumo de O_2 nos tecidos e o mensurado na boca e utilização dos estoques de O_2 (desconsiderando os estoques de O_2 , considerando reserva de $2,3 \text{ mL de O}_2.\text{kg}^{-1}$ de massa corporal ou $6,0 \text{ mL de O}_2.\text{kg}^{-1}$ de massa corporal). A combinação desses pressupostos, todos eles justificáveis de acordo com a literatura, levou a 12 estimativas diferentes da contribuição aeróbia. Assim, a comparação de diferentes estudos, quanto à contribuição aeróbia deve ser feita com precaução.

Os valores observados nos últimos estímulos supramáximos de trinta segundos são bastante diferentes do verificado em um primeiro estímulo de trinta segundos: degradação de CP (23-28%), glicogenólise (50-55%) e metabolismo aeróbio (16-28%)(TRUMP; HEIGENHAUSER; PUTMAN; SPRIET, 1996). As estimativas têm apresentado contribuições de 18,5 a 30% para o sistema aeróbio, de 28% para o sistema ATP-CP, e de 49,0 a 56% para o sistema glicolítico em um único teste de Wingate para membros inferiores (GRANIER et al., 1995; KAVANAGH; JACOBS, 1988; SERRESSE et al., 1988; SMITH; HILL, 1991). Os valores de contribuição aeróbia apresentada nesses estudos são semelhantes ao observado no primeiro teste de Wingate para membros superiores nos atletas do presente estudo.

Além disso, a contribuição aeróbia parece diferir conforme a especificidade de treinamento do atleta, ou seja, atletas treinados aerobiamente teriam maior contribuição aeróbia ($46 \pm 3\%$) em relação a atletas treinados anaerobiamente ($29 \pm 2\%$) e vice-versa (GRANIER et al., 1995). Esse aspecto pode ser um fator a explicar a variação por nós encontrada, especialmente no terceiro e no quarto estímulos, os quais apresentaram os maiores desvios padrão. Contudo, seria necessário ter uma estimativa do $\text{VO}_{2\text{pico}}$ para membros superiores dos atletas estudados para que fosse possível uma associação entre a aptidão aeróbia e a contribuição aeróbia no decorrer dos testes de Wingate. Indiretamente, o estudo de Franchini et al. (1999) demonstrou que atletas com maior aptidão aeróbia apresentavam maior manutenção do exercício intermitente de alta intensidade com membros superiores. No entanto, com base nas correlações observadas no presente estudo, a maior contribuição aeróbia no terceiro teste esteve significativamente associada a uma menor potência média nesse teste ($r = -0,564$). É importante notar também que os atletas que conseguiram manter uma alta ativação do metabolismo glicolítico (inferido pela concentração de lactato sangüíneo) no segundo teste de Wingate, apesar da ativação dessa via no primeiro teste de Wingate, foram os

que apresentaram maior manutenção do desempenho ($r = 0,618$). Assim, nos primeiros dois estágios desse tipo de exercício intermitente, a capacidade de aumentar percentualmente a atividade glicolítica parece estar associada com maior manutenção do desempenho.

A potência de pico apresentou queda constante com o decorrer dos testes, enquanto a potência média apresentou maior queda no estágio inicial do exercício intermitente em relação aos demais estágios. Esse padrão diferenciado de decréscimo da potência de pico e da potência média pode estar relacionado ao fato do intervalo de três minutos ter sido suficiente para uma recuperação parcial da potência de pico, a qual parece depender essencialmente da ressíntese dos estoques de creatina fosfato (BOGDANIS et al., 1996). No estudo de McCartney et al. (1986) foi constatada uma redução de 96% da concentração de CP após o estímulo quatro em relação à concentração de repouso, indicando a associação da depleção da CP com a queda no desempenho. É importante notar que os quatro minutos de intervalo permitiram ressíntese significativa, porém incompleta, da concentração de CP (94,6%) no estudo de Spriet et al. (1989). Esses resultados ajudam a explicar porque a potência de pico não diferia entre os testes um e dois e entre os testes três e quatro em nosso estudo, isto é, o intervalo de três minutos parece ter sido suficiente para que ocorresse ressíntese de CP em quantidade adequada para manter parte da potência de pico. Trump et al. (1996) adotaram estímulos de trinta segundos em cicloergômetro isocinético com quatro minutos de intervalo entre os estímulos. Nesse estudo, mediante a obstrução da circulação de uma das pernas foi possível impedir a ressíntese de CP e detectar que, no terceiro estímulo, a degradação de CP contribuiu apenas 15% para a provisão de energia, a glicogenólise, resultando em produção de lactato, contribuiu muito pouco (10-15%) e o metabolismo aeróbio contribuiu com cerca de 70% da energia total para realizar o trabalho. Esse valor de contribuição aeróbia é superior ao encontrado durante os Wingate para membros superiores do presente estudo e em outros estudos (MCCARTNEY et al., 1986; SPRIET et al., 1989), provavelmente em função da obstrução da circulação impedir a ressíntese de CP e a remoção de metabólitos da região, o que reforça a importância do metabolismo oxidativo nos períodos de recuperação. Esse resultado é reforçado pelo resultado encontrado por Bogdanis et al. (1996) de que a ressíntese de CP estava correlacionada com o percentual do VO_2 máx na intensidade de quatro $mmol.L^{-1}$ (limiar anaeróbio) ($r = 0,94$; $n = 7$; $p < 0,01$) em indivíduos que realizavam dois testes de Wingate com quatro minutos de intervalo entre eles.

Para a potência média, a potência do metabolismo glicolítico no primeiro teste de Wingate não pôde ser repetida em nenhum dos outros testes, resultando em uma grande queda de desempenho do primeiro para o segundo teste, mas uma queda menos acentuada nos demais testes. Essa menor ativação do metabolismo glicolítico pode ser inferida pelo delta da concentração de lactato progressivamente menor com o decorrer dos testes. Essa maior queda inicial da potência média também pode ter sido afetada pelo grande aumento da contribuição aeróbia do primeiro para o segundo teste de Wingate. Contudo, segundo os cálculos de Bogdanis et al. (1996), O decréscimo de 41% na produção de ATP por vias anaeróbias do teste um para o teste dois parece ser resultado do decréscimo de 45% na glicólise. No entanto, a PM no segundo Wingate foi apenas 18% menor no teste dois em relação ao teste um. Essa diferença entre a liberação de energia pelas vias anaeróbias e a potência gerada durante o teste dois parece ter sido compensada pela maior contribuição do metabolismo aeróbio. Algo similar pode ter ocorrido em nosso estudo, especialmente se considerada a menor queda percentual (11,9%) da potência média do teste um para o teste dois. No estudo de Bogdanis et al. (1996), a ressíntese de CP também estava associada à PM no segundo teste de Wingate ($r = 0,84$; $p < 0,05$), indicando sua importância para o desempenho.

A correlação negativa entre a contribuição aeróbia no terceiro teste de Wingate com a potência média ($r = -0,564$) nesse teste, indica que os indivíduos com maior contribuição aeróbia foram aqueles com menor capacidade para realizar trabalho nesse teste. Essa correlação negativa pode ser explicada pelo fato de que o metabolismo aeróbio possui menor potência do que o sistema glicolítico e, nesse sentido, resulta em menor transferência de energia no período do teste e assim em menor desempenho. Contudo, deve-se considerar que a correlação foi moderada e ocorreu apenas no terceiro teste.

A despeito dos problemas relacionados aos pressupostos teóricos envolvidos no cálculo da contribuição aeróbia, é importante notar que houve aumento da contribuição aeróbia com o decorrer dos testes. Esse aumento seria detectado ao adotar quaisquer dos pressupostos teóricos citados por Hill; Smith (1992). A contribuição aeróbia parece ser maior em atividades com maior duração (BALSOM et al., 1992b) e em estímulos nos quais o tempo de intervalo é insuficiente para a ressíntese completa de CP (BALSOM et al., 1992a; WOOTTON; WILLIAMS, 1983). Segundo Gaitanos et al. (1993), um terceiro fator a contribuir para o aumento da solicitação do metabolismo aeróbio seria a somatória de estímulos, o que faria com que o sistema oxidativo estivesse mais ativado a partir do segundo estímulo em relação ao primeiro

estímulo. A explicação para o aumento da contribuição aeróbia em exercícios intermitentes de elevada intensidade está relacionada à correlação entre elevadas concentrações de H^+ e o aumento da atividade da enzima piruvato desidrogenase, indicando maior conversão de piruvato para acetil-CoA (GAITANOS et al., 1993).

Apesar da maior contribuição aeróbia nos testes dois, três e quatro em relação ao teste um, o VO_{2pico} foi similar no decorrer dos testes, indicando que a taxa máxima de ativação do sistema oxidativo não mudou com o decorrer do teste, o mesmo ocorrendo para a frequência cardíaca de pico. Esse resultado é diferente do observado por Bogdanis et al. (1996). Esses autores, ao determinarem o consumo de oxigênio mais elevado em dois testes de Wingate para membros inferiores, com quatro minutos de intervalo entre eles, constataram aumento do primeiro ($VO_2 = 2,68 \pm 0,10$ L.min⁻¹; $61 \pm 2\%$ do $VO_{2máx}$) para o segundo teste ($VO_{2pico} = 3,17 \pm 0,13$ L.min⁻¹; $72 \pm 3\%$ do $VO_{2máx}$). Embora a maior contribuição aeróbia com o decorrer dos testes não seja suficiente para compensar a queda da atividade glicolítica, uma melhor condição aeróbia parece estar associada com uma melhor recuperação no período de intervalo, especialmente se considerado que a ressíntese de CP é um processo dependente do metabolismo aeróbio.

Houve diminuição da PM com o decorrer dos testes, exceto do teste três para o teste quatro. Para a PP, não havia diferença apenas entre os testes um e dois e entre os testes três e quatro. O VO_{2pico} e a maior FC não diferiam entre os testes. Contudo, a contribuição aeróbia era menor no teste um em relação aos demais. A concentração de lactato sanguíneo aumentava com o decorrer dos testes, mas em proporção cada vez menor. Assim, a diminuição da PM com o decorrer dos testes parece estar relacionada à diminuição da ativação da via glicolítica, ocasionada pela elevação da concentração de lactato e íons H^+ . O aumento da contribuição aeróbia não foi suficiente para manter o desempenho nos testes subsequentes. Além disso, pode-se observar que o estímulo intermitente de elevada intensidade solicita tanto o metabolismo anaeróbio quanto o metabolismo aeróbio de forma bastante intensa. Este fato é comprovado pelas elevadas concentrações de lactato após o quarto estímulo ($13,14 \pm 1,88$ mmol.L⁻¹) e a elevada contribuição aeróbia nos testes três e quatro (48-50%, ao assumir 20% de eficiência mecânica). Portanto, pode-se concluir que este tipo de exercício pode resultar em adaptações a ambos os metabolismos, as quais parecem ser necessárias para modalidades de característica intermitente.

Referências

- BALSOM, P. D.; SEGER, J. Y.; SJÖDIN, B.; EKBLÖM, B. Maximal-intensity intermittent exercise: effect of recovery duration. **International Journal of Sports Medicine**, Stuttgart, Alemanha, DE: Thieme, v. 13, n. 7, p. 528-533, 1992a.
- BALSOM, P. D.; SEGER, J. Y.; SJÖDIN, B.; EKBLÖM, B. Physiological responses to maximal intensity intermittent exercise. **European Journal of Applied Physiology**, Heidelberg, Alemanha, DE : Springer Verlag , v. 65, p. 144-149, 1992b.
- BALSOM, P. D.; EKBLÖM, B.; SJÖDIN, B. Enhanced oxygen availability during high intensity intermittent exercise decreases anaerobic metabolite concentrations in blood. **Acta Physiologica Scandinavia**, v. 150, p. 455-456, 1994a.
- BALSOM, P. D.; GAITANOS, G. C.; EKBLÖM, B.; SJÖDIN, B. Reduced oxygen availability during high intensity intermittent exercise impairs performance. **Acta Physiologica Scandinavia**, v. 152, p. 279-285, 1994b.
- BEDIZ, C. S.; GÖKBEL, H.; KARA, M.; ÜÇOK, K.; ÇIKRIKÇI, E.; ERGENE, N. Comparison of the aerobic contributions to Wingate anaerobic tests performed with two different loads. **Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, Turin, Italia, IT : Minerva Medica , v. 38, n. 1, p. 30-34, 1998.
- BOGDANIS, G. C.; NEVILL, M. E.; BOOBIS, L. H.; LAKOMY, H. K. A. Contribution of phosphocreatine and aerobic metabolism to energy supply during repeated sprint exercise. **Journal of Applied Physiology**, Bethesda, Md., US : American Physiological Society, v. 80, n. 03, p. 876-884, 1996.
- FRANCHINI, E.; TAKITO, M. Y.; NAKAMURA, F. Y.; REGAZZINI, M.; MATSUSHIGUE, K. A.; KISS, M. A. P. D. M. Influência da aptidão aeróbia sobre o desempenho em uma tarefa anaeróbia láctica intermitente. **Motriz**, Rio Claro, SP: Unesp, v. 5, n. 1, p. 58-66, 1999.
- GAIGA, M. C.; DOCHERTY, D. The effect of an aerobic interval training program on intermittent anaerobic performance. **Canadian Journal of Applied Physiology**, Champaign, Ill., US : Human Kinetics Publishers, v. 20, n. 04, p. 452-464, 1995.
- GAITANOS, G. C.; WILLIAMS, C.; BOOBIS, L. H.; BROOKS, S. Human muscle metabolism during intermittent maximal exercise. **Journal of Applied Physiology**, Bethesda, Md., US : American Physiological Society, v. 75, n. 2, p. 712-719, 1993.

GRANIER, P.; MERCIER, B.; MERCIER, J.; ANSELME, F.; PRÉFAUT, C. Aerobic and anaerobic contribution of Wingate test performance in sprint and middle-distance runners. **European Journal of Applied Physiology**, Heidelberg, Alemanha, DE : Springer Verlag, v. 70, p. 58-65, 1995.

GREER, F.; MCLEAN, C.; GRAHAM, T. E. Caffeine, performance, and metabolism during repeated Wingate exercise tests. **Journal of Applied Physiology**, Bethesda, Md., US: American Physiological Society, v. 85, n. 4, p. 1502-1508, 1998.

HILL, D. W.; SMITH, J. C. Calculation of aerobic contribution during high intensity exercise. **Research Quarterly for Exercise and Sport**, Reston, Va., US: American Alliance For Health, Physical Education, Recreation And Dance, v. 63, n. 1, p. 85-88, 1992.

KAVANAGH, M. F.; JACOBS, I. Breath-by-breath oxygen consumption during performance of the Wingate test. **Canadian Journal of Sports Science**, Ottawa, CA: Canadian Association Of Sports Sciences, v. 13, n. 1, p. 91-93, 1988.

MCCARTNEY, N.; SPRIET, L. L.; HEIGENHAUSER, J. F.; KOWALCHUK, J. M.; SUTTON, J. R.; JONES, N. L. Muscle power and metabolism in maximal intermittent exercise. **Journal of Applied Physiology**, Bethesda, Md., US : American Physiological Society, v. 60, n. 4, p. 1164-1169, 1986.

MACDOUGALL, J. D.; HICKS, A. L.; MACDONALD, J. R.; MCKELVIE, R. S.; GREEN, H. J.; SMITH, K. M. Muscle performance and enzymatic adaptations to sprint interval training. **Journal of Applied Physiology**, Bethesda, Md., US : American Physiological Society, v. 84, n. 6, p. 2138-2142, 1998.

SERRESSE, O.; LORTIE, G.; BOUCHARD, C.; BOULAY, M. R. Estimation of the contribution of the various energy systems during maximal work of short duration. **International Journal of Sports Medicine**, Stuttgart, Alemanha, DE: Thieme, v. 9, n. 6, p. 456-460, 1988.

SMITH, J. C.; HILL, D. W. Contribution of energy systems during a Wingate power test. **British Journal of Sports Medicine**, Loughborough, Inglaterra, GB : British Association Of Sports And Medicine, v. 25, n. 4, p. 196-199, 1991.

SPRIET, L. L.; LINDINGER, M. I.; MCKELVIE, R. S.; HEIGENHAUSER, G. J. F.; JONES, N. L. Muscle glycogenolysis and H⁺ concentration during maximal intermittent cycling. **Journal of Applied Physiology**, Bethesda, Md., US : American Physiological Society, v. 66, n. 1, p. 8-13, 1989.

TRUMP, M. E.; HEIGENHAUSER, J. F.; PUTMAN, C. T.; SPRIET, L. L. Importance of muscle phosphocreatine during intermittent maximal cycling. **Journal of Applied Physiology**, Bethesda, Md., US : American Physiological Society, v. 80, n. 5, p. 1574-1580, 1996.

WOOTTON, S. A.; WILLIAMS, C. The influence of recovery duration on repeated maximal sprints. In: KNUTTGEN, H. G.; VOGEL, J. A.; POORTMANS, J., (Ed.) **Biochemistry of exercise**. Champaign: Human Kinetics, 1983. p. 269-273. (International Series on Sports Sciences).

ZAR, J. H. **Biostatistical analysis**. New Jersey, Prentice Hall, 1999.

Endereço:

Emerson Franchini

R. José Alves Cunha Lima, 159, bl 3, apto. 102

Vila Butantã, São Paulo SP

CEP: 05360-050

e-mail: emersonfranchini@hotmail.com

Projeto financiado parcialmente pela FAPESP, processo n. 99/06408-2. Dados derivados da Tese de Doutorado (EEFE-USP) de Emerson Franchini.

Manuscrito recebido em 30 de outubro de 2003.

Manuscrito aceito em 11 de fevereiro de 2003.