

# Efeito da cadência de pedalada sobre as respostas metabólica e cardiovascular durante o exercício incremental e de carga constante em indivíduos ativos\*

Benedito Sérgio Denadai, Vinicius Daniel de Araújo Ruas e Tiago Rezende Figueira

## RESUMO

O objetivo central deste estudo foi analisar o efeito da cadência de pedalada (50 x 100rpm) sobre a frequência cardíaca (FC) e a resposta de lactato sanguíneo durante o exercício incremental e de carga constante em indivíduos ativos. Nove indivíduos ativos do sexo masculino (20,9 ± 2,9 anos; 73,9 ± 6,5kg; 1,79 ± 0,9m) submeteram-se a dois testes incrementais e a 6-8 testes de carga constante para determinação da intensidade correspondente à máxima fase estável de lactato sanguíneo (MLSS<sub>intens</sub>) nas duas cadências. A potência máxima (Pmax) atingida no teste incremental e a MLSS<sub>intens</sub> foram significativamente menores a 100rpm (240,9 ± 12,6W; 148,1 ± 15,4W) quando comparada a 50rpm (263,9 ± 18,6W; 186,1 ± 21,2W), respectivamente. A FCmax não se alterou em função da cadência (50rpm = 191,1 ± 8,8bpm; 100rpm = 192,6 ± 9,9bpm). Independentemente da cadência, os percentuais da FCmax (70, 80, 90 e 100%) determinaram as mesmas concentrações de lactato durante o teste incremental. Entretanto, quando a intensidade foi expressa em percentuais da Pmax ou da potência absoluta, os valores de lactato e FC foram sempre maiores na cadência mais alta. A FC correspondente a MLSS<sub>intens</sub> foi semelhante para as duas cadências analisadas (50rpm = 162,5 ± 9,1bpm; 100rpm = 160,4 ± 9,2bpm). Com base nestes resultados, podemos concluir que, independente da cadência empregada (50 x 100rpm), a utilização da FC na individualização da intensidade de esforço indica respostas semelhantes do lactato sanguíneo, e que esta relação também se mantém no exercício de intensidade constante realizado na MLSS<sub>intens</sub>. Por outro lado, a utilização de percentuais da Pmax apresenta dependência da cadência utilizada, indicando diferentes respostas fisiológicas para um mesmo percentual.

## ABSTRACT

### Effects of the pedaling cadence on metabolic and cardiovascular responses during incremental and constant workload exercises in active individuals

The main purpose of this study was to analyze the effect of the pedaling cadence (50 x 100 rpm) on the heart rate (HR) and the blood lactate response during incremental and constant workload exercises in active individuals. Nine active male individuals (20.9 ± 2.9 years old; 73.9 ± 6.5 kg; 1.79 ± 0.9 m) were submitted to two incremental tests, and to 6-8 constant workload tests to determine the intensity corresponding to the maximal lactate steady state (MLSS<sub>intens</sub>) in both cadences. The maximal power (Pmax) attained during the incremental test, and the MLSS<sub>intens</sub> were significantly

\* Laboratório de Avaliação da Performance Humana – Unesp, Rio Claro – SP.

Recebido em 25/1/05. 2ª versão recebida em 27/4/05. Aceito em 19/6/05.

**Endereço para correspondência:** B.S. Denadai, Laboratório de Avaliação da Performance Humana, IB – Unesp, Av. 24A, 1.515, Bela Vista – 13506-900 – Rio Claro, SP, Brasil. E-mail: bdenadai@rc.unesp.br

Apoio: CNPq e Fapesp

**Palavras-chave:** Frequência cardíaca. Lactato. Intensidade de esforço. Cadência. Ciclismo.

**Keywords:** Heart rate. Lactate. Exercise intensity. Cadence. Cycling.

**Palabras-clave:** Frecuencia cardiaca. Lactato. Intensidad de esfuerzo. Cadencia. Ciclismo.

lower at 100 rpm (240.9 ± 12.6 W; 148.1 ± 15.4 W) compared to 50 rpm (263.9 ± 18.6 W; 186.1 ± 21.2 W), respectively. The HRmax did not change between cadences (50 rpm = 191.1 ± 8.8 bpm; 100 rpm = 192.6 ± 9.9 bpm). Regardless the cadence, the HRmax percentage (70, 80, 90, and 100%) determined the same lactate concentrations during the incremental test. However, when the intensity was expressed in Pmax percentage or in absolute power, the lactate and the HR values were always higher at highest cadences. The HR corresponding to MLSS<sub>intens</sub> was similar between cadences (50 rpm = 162.5 ± 9.1 bpm; 100 rpm = 160.4 ± 9.2 bpm). Based on these results, it can be conclude that regardless the cadence employed (50 x 100 rpm), the use of the HR to individualize the exercise intensity indicates similar blood lactate responses, and this relationship is also kept in the exercise of constant intensity performed at MLSS<sub>intens</sub>. On the other hand, the use of the Pmax percentages depend on the cadence used, indicating different physiological responses to a same percentage.

## RESUMEN

### Efecto de la cadencia de pedaleo sobre las respuestas metabólica y cardiovascular durante el ejercicio incrementado y de carga constante en individuos activos

El objetivo central de este estudio fué el de analizar el efecto de la cadencia de pedaleo (50 x 100 rpm) sobre la frecuencia cardiaca (FC) y la respuesta de lactato sanguíneo durante el ejercicio incremental y de carga constante en individuos activos. Nueve individuos activos del sexo masculino (20,9 ± 2,9 años; 73,9 ± 6,5 kg; 1,79 ± 0,9 m) se sometieron a dos tests incrementales y a 6-8 tests de carga constante para determinación de la intensidad correspondiente a la máxima fase estable de lactato sanguíneo (MLSS<sub>intens</sub>) en las dos cadencias. La potencia máxima (Pmax) utilizada en el test incremental y la MLSS<sub>intens</sub> fueron significativamente menores a 100 rpm (240,9 ± 12,6 W; 148,1 ± 15,4 W) cuando comparada a 50 rpm (263,9 ± 18,6 W; 186,1 ± 21,2 W), respectivamente. La FCmax no se alteró en función de la cadencia (50 rpm = 191,1 ± 8,8 bpm; 100 rpm = 192,6 ± 9,9 bpm). Independentemente de la cadencia, los percentuales de la FCmax (70, 80, 90 y 100%) determinaron las mismas concentraciones de lactato durante el test incremental. Entre tanto, cuando la intensidad fué expresa en los percentuales de la Pmax o de la potencia absoluta, los valores de lactato y de FC fueron siempre mayores en la cadencia mas alta. La FC correspondiente a MLSS<sub>intens</sub> fué semejante para las dos cadencias analizadas (50 rpm = 162,5 ± 9,1 bpm; 100 rpm = 160,4 ± 9,2 bpm). Con la base en estos resultados, podemos concluir que independiente de la cadencia empleada (50 x 100 rpm), la utilización de la FC en la individualización de la intensidad de es-

fuero indica respuestas semejantes del lactato sanguíneo, y que esta relación también se mantiene en el ejercicio de intensidad constante realizado en la  $MLSS_{intens}$ . Por otro lado, la utilización de porcentajes de la  $P_{max}$  presenta dependencia de la cadencia utilizada, indicando diferentes respuestas fisiológicas para un mismo porcentual.

## INTRODUÇÃO

A cadência de pedalada é uma variável do gesto motor no ciclismo, que sabidamente influencia a performance e diversas respostas fisiológicas ao esforço para uma dada potência gerada<sup>(1,2)</sup>. Uma variável fisiológica que tem sido amplamente analisada em função da cadência é a eficiência (custo energético para uma determinada potência submáxima). Os estudos têm verificado que para uma mesma variação na cadência, podemos encontrar melhora da eficiência delta (determinada pelo quociente entre variação do gasto energético e variação da potência gerada) e piora na eficiência bruta (gasto energético total para uma determinada potência)<sup>(3)</sup>. A cadência preferida por ciclistas (80 a 100rpm) geralmente é próxima daquela de maior eficiência neuromuscular (menor aplicação de força no pedal e menor fadiga eletromiográfica)<sup>(4)</sup> e maior eficiência delta<sup>(5)</sup>. Porém, esta certamente não é a cadência de melhor eficiência bruta ou a que indica menor gasto energético caso fosse mantida sem resistência externa<sup>(6)</sup>, sendo que indivíduos não treinados talvez escolham cadências menores, com menor demanda aeróbia para uma dada potência<sup>(2)</sup>. Outras respostas fisiológicas, como a ventilação pulmonar, o quociente respiratório, a produção de gás carbônico, o recrutamento das fibras musculares e a concentração de lactato sanguíneo ( $[Lac]_{sang}$ ), parecem depender também da cadência de pedalada e da intensidade escolhida para analisar esta influência<sup>(3,7)</sup>. Deste modo, a cadência escolhida para avaliação, treinamento ou competição, tem potencial interferência sobre as respostas fisiológicas obtidas e a performance propriamente dita.

Em especial, a resposta do lactato sanguíneo ao exercício tem sido bastante utilizada na prescrição da intensidade de esforço<sup>(8)</sup> e no estabelecimento dos limites de domínios da intensidade de exercício (moderado, pesado e severo)<sup>(9)</sup>. Exercícios de carga constante realizados em intensidades compreendidas dentro de um mesmo domínio, apresentam respostas fisiológicas semelhantes, como por exemplo a estabilidade da  $[Lac]_{sang}$  e do pH, o desenvolvimento ou não do componente lento do consumo de oxigênio, o atingimento do consumo máximo de oxigênio ( $\dot{V}O_{2max}$ ) ainda em intensidades consideradas submáximas, entre outras<sup>(9-11)</sup>. Diferentemente de outras abordagens utilizadas na relativização da intensidade do exercício, a resposta do lactato tem se mostrado válida para indicar intensidades de esforço semelhantes, tanto para indivíduos ativos quanto para treinados<sup>(12)</sup>. Porém, índices baseados na resposta do lactato, como o limiar anaeróbio (LAN) expresso em valores absolutos (Watts), claramente sofrem influência da cadência de pedalada<sup>(13)</sup>. Alternativas a mensuração do lactato sanguíneo é a prescrição ou a caracterização da intensidade de esforço em função de percentuais do  $\dot{V}O_{2max}$ , da frequência cardíaca máxima (FCmax) e da potência máxima atingida em um teste incremental ( $P_{max}$ ). Os potenciais efeitos da cadência sobre a utilização destes índices na prescrição e caracterização da intensidade de esforço ainda não são totalmente conhecidos, principalmente em indivíduos não treinados no ciclismo.

Particularmente, na prática de ciclismo em academias, uma das estratégias utilizadas para variar a intensidade de esforço é a alteração da cadência de pedalada. Como geralmente o equipamento utilizado não possui indicador de carga ou potência gerada, o meio frequentemente utilizado para prescrever e controlar a intensidade de esforço é a FC. Entretanto, pouco ainda se conhece sobre as possíveis influências que a cadência de pedalada pode apresentar sobre a FC e a resposta de lactato, particularmente durante o exer-

cício de carga constante. Estas informações são potencialmente importantes na escolha do protocolo incremental utilizado para a avaliação da aptidão aeróbia, e principalmente, para a utilização da FC no controle da intensidade do esforço, que é o componente mais importante da carga do treinamento e conseqüentemente das adaptações que podem ser determinadas pelo exercício aeróbio. Desta forma, o objetivo deste estudo foi analisar o efeito da cadência de pedalada sobre a FC e a resposta de lactato sanguíneo durante o exercício incremental e de carga constante em indivíduos não treinados no ciclismo.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Sujeitos

Participaram deste estudo nove indivíduos ativos do sexo masculino ( $20,9 \pm 2,9$  anos;  $73,9 \pm 6,5$ kg;  $1,79 \pm 0,9$ m), sem experiência prévia em treinamento aeróbio no ciclismo. Cada voluntário foi informado sobre os procedimentos do experimento e suas implicações, tendo assinado um termo de consentimento para a participação no estudo. O protocolo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da instituição onde o experimento foi realizado (Protocolo 2427).

### Procedimentos experimentais

Cada voluntário realizou inicialmente em ordem aleatória, dois testes incrementais (50 e 100rpm) em uma bicicleta de frenagem mecânica (*Monark*), onde foram determinados o LAN e a  $P_{max}$ . Posteriormente, também em ordem aleatória, realizaram de dois a quatro testes de carga constante em cada cadência (50 e 100rpm), para determinar a intensidade correspondente à máxima fase estável de lactato ( $MLSS_{intens}$ ). O intervalo entre os testes foi de no mínimo 48 horas, com o protocolo todo durando de 15-20 dias. Os sujeitos foram orientados a virem para os testes descansados, alimentados e hidratados e a não realizarem esforços intensos nas últimas 48 horas. Em relação a cada voluntário, os testes foram realizados no mesmo local e horário do dia ( $\pm$  duas horas).

### Teste incremental

Os indivíduos foram submetidos aos dois testes incrementais, com carga inicial de 83W e incrementos de 33W a cada três minutos, até a exaustão voluntária. A FC foi anotada no final de cada carga e as amostras de sangue foram coletadas nos 20 segundos finais de cada estágio. A  $P_{max}$  foi definida como a maior intensidade obtida no teste incremental mantida por pelo menos um minuto<sup>(14)</sup>. O LAN foi determinado por interpolação linear utilizando a concentração fixa de 3,5mM de lactato sanguíneo<sup>(12)</sup>.

### Testes de carga constante

Primeiramente os sujeitos foram submetidos à intensidade do LAN por 30 minutos ou até a exaustão voluntária. Quando os indivíduos entraram em exaustão antes dos 30 minutos ou apresentaram aumento maior que um mM na  $[Lac]_{sang}$  entre o 10º e o 30º minuto, um novo teste foi realizado na intensidade LAN – 16,5W. Se ainda assim a fase estável de lactato sanguíneo não fosse encontrada, o teste era novamente repetido na intensidade LAN – 33W. Se durante a intensidade do LAN o sujeito apresentou fase estável de lactato sanguíneo, o teste foi repetido na intensidade de LAN + 16,5W, e se novamente apresentasse fase estável o teste era repetido na intensidade LAN + 33W. Nestes testes foram coletadas a FC e amostras de sangue do lóbulo da orelha a cada cinco minutos para análise do lactato sanguíneo. A  $MLSS_{intens}$  foi definida como sendo a maior carga na qual a  $[Lac]_{sang}$  não aumentou mais do que um mM entre o 10º e o 30º minuto do teste de carga constante<sup>(15)</sup>. Todos estes testes foram realizados para as cadências de 50 e 100rpm.

## Mensuração do lactato sanguíneo e da frequência cardíaca

Foram coletados 25ml de sangue arterializado do lóbulo da orelha, sem hiperemia, para a determinação do lactato sanguíneo. O sangue foi imediatamente transferido para microtúbulos de polietileno com tampa tipo Eppendorff de 1,5ml, contendo 50ml de NaF 1% e este foi armazenado em gelo. A mensuração da concentração do lactato foi realizada através de um analisador eletroquímico (YSL 2300 STAT). A FC foi monitorada através de um freqüencímetro (*Polar Vantage NV*).

## Comparações dos valores de FC e $[Lac]_{sang}$ durante o exercício incremental realizado nas duas cadências

O efeito da cadência sobre a FC durante o exercício incremental foi analisado expressando os valores desta variável em função da potência absoluta e do percentual da Pmax. Do mesmo modo, a concentração do lactato sanguíneo foi analisada em função da potência absoluta, do percentual da Pmax e do percentual da FCmax.

## Análise estatística

Os dados estão expressos como média  $\pm$  DP. Os dados foram analisados pelo teste *t* de Student para dados repetidos. Em todos os testes foi adotado um nível de significância de  $p \leq 0,05$ .

## RESULTADOS

Os valores de Pmax, FCmax,  $MLSS_{intens}$ , percentual da  $MLSS_{intens}$  em relação a Pmax ( $\%MLSS_{intens}$ ), FC na  $MLSS_{intens}$  (MLSS-FC) e percentual da MLSS-FC em relação a FCmax ( $\%MLSS-FC$ ) estão expressos na tabela 1. Não houve diferença significativa da FCmax, MLSS-FC e  $\%MLSS-FC$  entre as duas cadências analisadas. Os valores de Pmax,  $MLSS_{intens}$  e  $\%MLSS_{intens}$  foram significativamente menores a 100rpm.

TABELA 1

Valores médios  $\pm$  DP da potência máxima (Pmax) e da frequência cardíaca máxima (FCmax) obtidos durante o teste incremental, da intensidade correspondente a máxima fase estável de lactato expressa em valores absolutos ( $MLSS_{intens}$ ) e relativos a Pmax ( $\%MLSS_{intens}$ ), e da frequência cardíaca na intensidade de  $MLSS$  expressa em valores absolutos (MLSS - FC) e relativos a frequência cardíaca máxima ( $\%MLSS-FC$ ). N = 9

	Pmax (W)	FCmax (bpm)	$MLSS_{intens}$ (W)	$\% MLSS_{intens}$	MLSS - FC (bpm)	$\%MLSS-FC$
50rpm	263,9 $\pm$ 18,6	191,1 $\pm$ 8,8	186,1 $\pm$ 21,2	70,7 $\pm$ 6,2	162,5 $\pm$ 9,1	85,4 $\pm$ 6,3
100rpm	240,9 $\pm$ 12,6*	192,6 $\pm$ 9,9	148,1 $\pm$ 15,4*	61,6 $\pm$ 5,7*	160,4 $\pm$ 9,2	83,6 $\pm$ 4,2

\*  $p \leq 0,05$  em relação a 50rpm.

Os valores obtidos de FC e  $[Lac]_{sang}$  em função das potências absolutas do teste incremental realizado a 50 e 100rpm estão expressos nas figuras 1 e 2. Nota-se que não houve diferença significativa entre as cadências apenas para o último estágio analisado, tanto para a FC quanto para a  $[Lac]_{sang}$ .

Os valores de FC e  $[Lac]_{sang}$  obtidos no teste incremental também estão expressos em função de percentuais da Pmax (50, 60, 70, 80, 90 e 100%) para as duas cadências nas figuras 3 e 4. Para a FC só não houve diferença entre as cadências a 90 e 100% Pmax. Para a  $[Lac]_{sang}$  só não houve diferença entre as cadências a 100% Pmax.

Quando a  $[Lac]_{sang}$  obtida no teste incremental é expressa em função dos percentuais da FCmax (70, 80, 90 e 100%), não foi verificada diferença significativa entre nenhum destes pontos quando comparamos as duas cadências (figura 5).

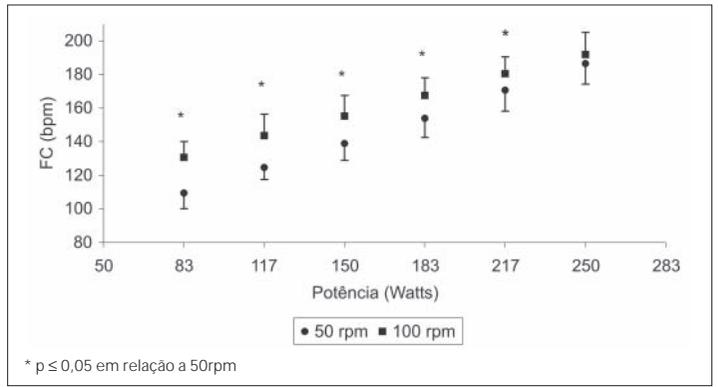


Fig. 1 – Valores médios  $\pm$  DP da frequência cardíaca (FC) em função da potência absoluta obtida durante o teste incremental realizado a 50 e 100rpm. N = 9.

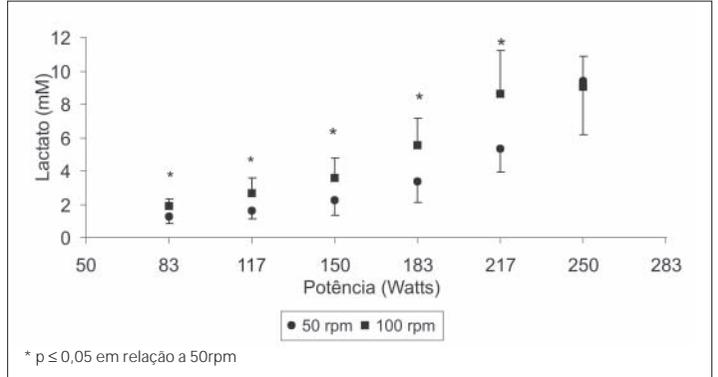


Fig. 2 – Valores médios  $\pm$  DP da concentração de lactato sanguíneo em função da potência absoluta obtida durante o teste incremental realizado a 50 e 100rpm. N = 9.

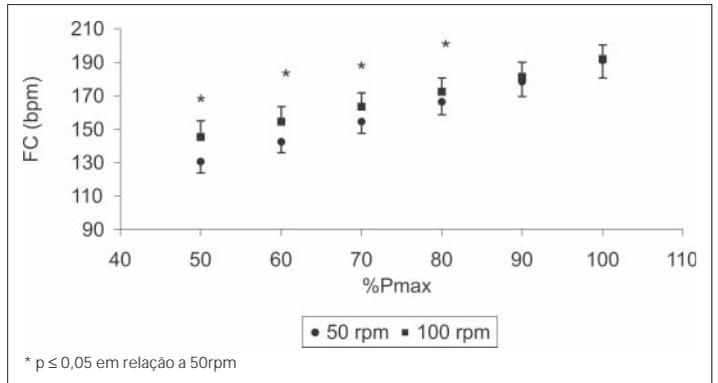


Fig. 3 – Valores médios  $\pm$  DP da frequência cardíaca (FC) em função do percentual da potência máxima (%Pmax) obtida durante o teste incremental realizado a 50 e 100rpm. N = 9.

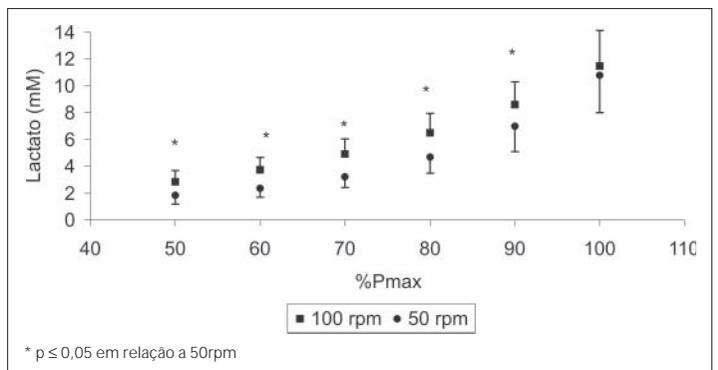
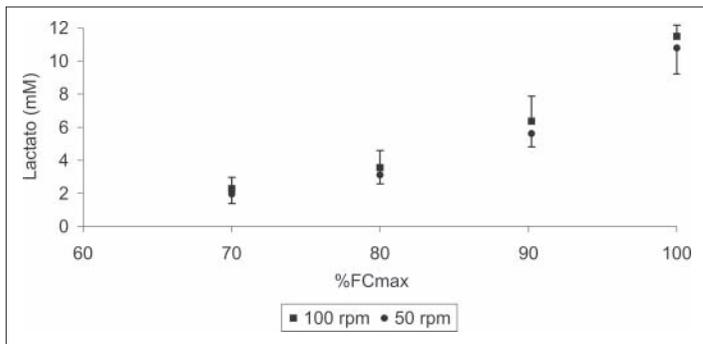


Fig. 4 – Valores médios  $\pm$  DP da concentração de lactato sanguíneo em função do percentual da potência máxima (%Pmax) obtida durante o teste incremental realizado a 50 e 100rpm. N = 9.



**Fig. 5** – Valores médios  $\pm$  DP da concentração de lactato sanguíneo em função do percentual da frequência cardíaca máxima (%FCmax) obtida durante o teste incremental realizado a 50 e 100rpm. N = 9.

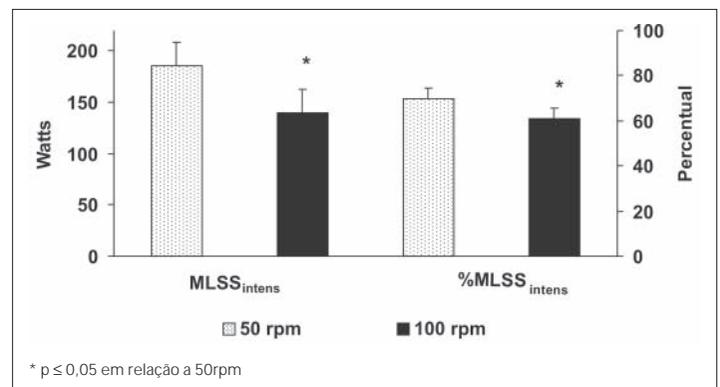
## DISCUSSÃO

O objetivo central deste estudo foi analisar o efeito da cadência de pedalada sobre a FC e a resposta de lactato sanguíneo durante o exercício incremental e de carga constante em indivíduos não treinados no ciclismo. O resultado mais importante do nosso estudo foi que a  $[\text{Lac}]_{\text{sang}}$  durante o exercício incremental expressa em função dos percentuais da FCmax (70, 80, 90 e 100%) e a FC correspondente a  $\text{MLSS}_{\text{intens}}$  são independentes da cadência analisada. É importante ressaltar que este comportamento ocorreu apesar de a cadência ter modificado a FC expressa em função da potência (absoluta e %Pmax) durante o exercício incremental e a potência (absoluta e %Pmax) correspondente à  $\text{MLSS}_{\text{intens}}$ .

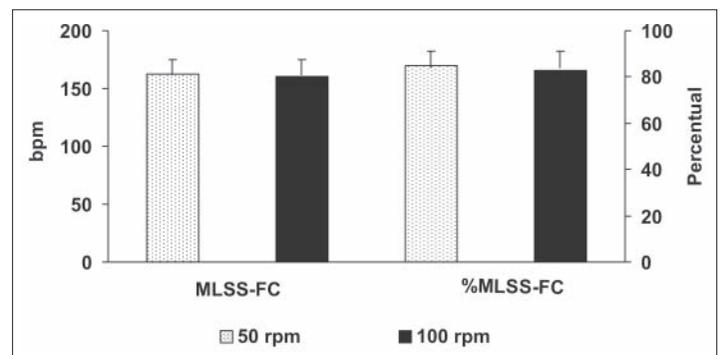
As alterações que a FC apresentou, em função da cadência para uma dada potência submáxima absoluta (figura 1), já foi reportada anteriormente<sup>(3)</sup>, e possivelmente está relacionada às diferenças na demanda aeróbia ( $\dot{V}\text{O}_2$ ), visto que outras alterações hemodinâmicas (volume de ejeção e débito cardíaco) também acontecem no sentido de atender a este aumento da demanda energética que ocorre nas cadências mais elevadas<sup>(16)</sup>. Confirmando esta hipótese, Chavarren *et al.*<sup>(3)</sup> verificaram que os valores de FC, para um dado  $\dot{V}\text{O}_2$  durante o exercício incremental, são independentes da cadência empregada. Interessantemente, as diferenças na FC durante o exercício incremental continuam existindo mesmo quando as comparações são feitas em relação aos percentuais da Pmax (figura 3). Este comportamento ocorre, provavelmente, pelo menor efeito da cadência no índice máximo (Pmax = 8%) do que no índice submáximo ( $\text{MLSS}_{\text{intens}}$  = 20%) (tabela 1), como demonstrado também por Woolford *et al.*<sup>(13)</sup>. Estes efeitos que a intensidade analisada tem sobre as alterações fisiológicas encontradas, em função da manipulação da cadência, já são bem conhecidos para as eficiências bruta e delta, as quais aumentam com o incremento da intensidade para uma dada cadência<sup>(3,7)</sup>. Ou seja, quanto maior a potência absoluta realizada na bicicleta, menor é a influência da cadência sobre os índices fisiológicos analisados.

Assim como a FC, a  $[\text{Lac}]_{\text{sang}}$  (figuras 2 e 4), tanto para as potências absolutas quanto para as relativas (%Pmax), foi dependente da cadência analisada. Este mesmo comportamento foi encontrado durante o exercício de carga constante, quando a potência correspondente a  $\text{MLSS}_{\text{intens}}$  expressa também em valores absolutos e relativos foi menor a 100rpm. Porém, quando a intensidade analisada aproxima-se da Pmax, os valores de lactato tendem a valores máximos e não se mostram dependentes da cadência (figuras 1, 2, 3 e 4). Os mecanismos determinantes destas diferenças na  $[\text{Lac}]_{\text{sang}}$  ainda não são bem entendidos. O padrão de recrutamento das fibras musculares, que é sabidamente influenciado pela cadência, talvez possa ser afastado, tendo em vista que o maior recrutamento de fibras musculares tipo II, que potencialmente proporcionaria maiores concentrações de lactato, ocorreria nas cadências mais baixas<sup>(17)</sup>. Por outro lado, as alterações hemodinâmicas,

principalmente o aumento no fluxo intramuscular provocado pelo aumento da cadência<sup>(18)</sup>, tem potencial efeito sobre a liberação de lactato pela musculatura ativa<sup>(19)</sup>. Dessa forma, a  $[\text{Lac}]_{\text{sang}}$  estaria aumentada em função de um transporte mais rápido entre o compartimento de produção (músculo) e o compartimento de análise (vasculatura), não significando necessariamente maior taxa de formação de lactato. No entanto, isso só explicaria parte das diferenças, pois, embora a  $\text{MLSS}_{\text{intens}}$  seja determinada a partir de exercícios com durações suficientes para equilibrar o gradiente de concentração entre os compartimentos, a mesma também foi significativamente alterada pela cadência empregada. Com isso, pode-se hipotetizar que o aumento da  $[\text{Lac}]_{\text{sang}}$  estaria simplesmente ligado ao aumento da demanda energética, com os valores de lactato sanguíneo para um dado  $\dot{V}\text{O}_2$  não sendo provavelmente influenciados pela cadência de pedalada. Esta hipótese pode ser parcialmente fundamentada nos dados de Woolford *et al.*<sup>(13)</sup>, que verificaram que o LAn expresso em percentual do  $\dot{V}\text{O}_2\text{max}$  é independente da cadência analisada.



**Fig. 6** – Valores médios  $\pm$  DP da intensidade correspondente à máxima fase estável de lactato expressa em valores absolutos ( $\text{MLSS}_{\text{intens}}$ ) e relativos a Pmax (% $\text{MLSS}_{\text{intens}}$ ), determinados durante o exercício de carga constante realizado a 50 e 100rpm. N = 9.



**Fig. 7** – Valores médios  $\pm$  DP da frequência cardíaca na intensidade de máxima fase estável de lactato expressa em valores absolutos (MLSS – FC) e relativos à frequência cardíaca máxima (%MLSS–FC), determinada durante o exercício de carga constante realizado a 50 e 100rpm. N = 9.

Por outro lado, a relação entre FC e a resposta de lactato sanguíneo, tanto durante o exercício incremental (figura 5) quanto no exercício retangular (figuras 6 e 7), não é influenciada significativamente pelas cadências analisadas em nosso estudo. Como já apontado anteriormente, a relação FC x  $\dot{V}\text{O}_2$  também não é modificada<sup>(13)</sup>, reforçando que validade da FC para selecionar determinadas intensidades submáximas de exercício ( $< \dot{V}\text{O}_2\text{max}$ ) no ciclismo, é independente da cadência de pedalada. Assim, quando o objetivo da determinação da FC durante o teste incremental é encontrar determinados % $\dot{V}\text{O}_2\text{max}$ , como o proposto por diversas regres-

sões<sup>(20)</sup>, ou determinadas concentrações de lactato, não parece ser necessária a escolha de uma cadência de pedalada específica quando da elaboração do protocolo. Do mesmo modo, o controle da intensidade durante o exercício retangular prescrito com base na  $MLSS_{intens}$  pode ser realizado pela resposta da FC correspondente a esta intensidade, mesmo quando as cadências de pedalada são modificadas.

Embora não tenha sido o objetivo deste estudo, é interessante que se analisem os valores de  $MLSS - FC$  e  $\%MLSS - FC$  aqui encontrados, pois a determinação da resposta de lactato para a prescrição da intensidade do exercício ainda é restrita a alguns laboratórios. Nossos valores de FC ( $MLSS - FC = 161\text{bpm}$ ;  $\%MLSS - FC = 84\%$ ) são muito próximos aos encontrados em outro estudo ( $MLSS - FC = 163\text{bpm}$ ;  $\%MLSS - FC = 87\%$ ), conduzido em nosso laboratório em indivíduos com características físicas e de estado de treinamento bem semelhantes ao analisado neste estudo (dados não publicados). Com isso, na impossibilidade da determinação direta da resposta de lactato, sugere-se que a prescrição da intensidade de treinamento aeróbio no ciclismo com base na  $MLSS_{intens}$  possa ser feita a partir dos percentuais da  $FC_{max}$  aqui encontrados (75 a 90 %  $FC_{max}$ ). A  $MLSS_{intens}$  tem sido considerada o limite superior para a prescrição do treino aeróbio, particular-

mente aquele realizado de modo contínuo por indivíduos sedentários/ativos. Deve-se atentar, entretanto, que além da variabilidade individual, estes percentuais deveriam ser utilizados por indivíduos que possuam as mesmas características dos nossos voluntários, pois a  $\%MLSS - FC$  depende da aptidão aeróbia dos indivíduos<sup>(21)</sup>. Finalmente, é necessário lembrar também das limitações que o uso da FC tem para o controle do exercício de longa duração, como o desvio cardiovascular e as variações diárias<sup>(22,23)</sup>.

## CONCLUSÃO

Com base nos resultados encontrados, podemos concluir que, independente da cadência empregada (50 x 100rpm), a utilização da FC na relativização da intensidade de esforço indica respostas semelhantes do lactato sanguíneo, tanto no exercício incremental quanto no exercício de carga constante realizado na  $MLSS_{intens}$ . Por outro lado, a utilização de percentuais da  $P_{max}$  apresenta dependência da cadência utilizada, indicando diferentes respostas fisiológicas para um mesmo percentual.

---

*Todos os autores declararam não haver qualquer potencial conflito de interesses referente a este artigo.*

---

## REFERÊNCIAS

1. Lepers R, Millet G, Maffiuletti N, Hausswirth C, Brisswalter J. Effect of pedaling rates on physiological response during endurance cycling. *Eur J Appl Physiol* 2001;85:392-5.
2. Marsh A, Martin P. Effect of cycling experience, aerobic power, and power output on preferred and most economical cycling cadences. *Med Sci Sports Exerc* 1997;29:1225-32.
3. Chavarren J, Calbet J. Cycling efficiency and pedaling frequency in road cyclists. *Eur J Appl Physiol* 1999;80:555-63.
4. Takaishi T, Yasuda Y, Ono T, Moritani T. Optimal pedaling rate estimated from neuromuscular fatigue for cyclists. *Med Sci Sports Exerc* 1996;28:1492-7.
5. Hagberg J, Mullin J, Giese M, Spitznagel E. Effect of pedaling rate on submaximal exercise responses of competitive cyclists. *J Appl Physiol* 1981;51:447-51.
6. Suzuki Y. Mechanical efficiency of fast- and slow-twitch muscle fibers in man during cycling. *J Appl Physiol* 1979;47:263-7.
7. Foss O, Hallen J. The most economical cadence increases with increasing workload. *Eur J Appl Physiol* 2004;92:443-51.
8. Denadai BS. Avaliação aeróbia: consumo máximo de oxigênio ou resposta do lactato sanguíneo. In: Avaliação aeróbia: determinação indireta da resposta do lactato sanguíneo. Denadai BS (Org.). Rio Claro: Motrix, 2000;1-24.
9. Denadai BS, Caputo F. Efeitos do treinamento sobre a cinética do consumo de oxigênio durante o exercício realizado nos diferentes domínios de intensidade de esforço. *Motriz* 2003;9:supl S1-S9.
10. Baron B, Dekerle J, Robin S, Nevier R, Dupont L, Matran R, et al. Maximal lactate steady state does not correspond to a complete physiological steady state. *Int J Sports Med* 2003;24:582-7.
11. Gaesser G, Poole D. The slow component of oxygen uptake kinetics in humans. *Exerc Sport Sci Rev* 1996;24:35-71.
12. Denadai BS, Figueira T, Favaro O, Gonçalves M. Effect of the aerobic capacity on the validity of the anaerobic threshold for determination of the maximal lactate steady state in cycling. *Braz J Med Biol Res* 2004;37:1551-6.
13. Woolford SM, Withers RT, Craig NP, Bourdon PC, Stanef T, McKenzie I. Effect of pedal cadence on the accumulated oxygen deficit, maximal aerobic power and blood lactate transition thresholds of high-performance junior endurance cyclists. *Eur J Appl Physiol* 1999;80:285-91.
14. Noakes T, Myburgh K, Schall R. Peak treadmill running velocity during the  $\dot{V}O_{2max}$  test predicts running performance. *J Sports Sci* 1990;8:35-45.
15. Beneke R. Methodological aspects of maximal lactate steady state-implications for performance testing. *Eur J Appl Physiol* 2003;89:95-9.
16. Gotshall R, Bauer T, Fahmer S. Cycling cadence alters exercise hemodynamics. *Int J Sports Med* 1996;17:17-21.
17. Ahlquist LE, Basset Jr DR, Sufit R, Nagle FJ, Thomas DP. The effect of pedaling frequency on glycogen depletion rates in type I and type II quadriceps muscle fibers during submaximal cycling exercise. *Eur J Appl Physiol* 1992;65:360-4.
18. Takaishi T, Ishida K, Katayama K, Yamazaki K, Yamamoto T, Moritani T. Effect of cycling experience and pedal cadence on the near-infrared spectroscopy parameters. *Med Sci Sports Exerc* 2002;34:2062-71.
19. Gladden L. Muscle as a consumer of lactate. *Med Sci Sports Exerc* 2000;32:764-71.
20. Caputo F, Greco CC, Denadai BS. Efeitos do estado e especificidade do treinamento aeróbio na relação  $\% \dot{V}O_{2max}$  versus  $\%FC_{max}$  durante o ciclismo. *Arq Bras Cardiol* 2005;84:22-3.
21. Caputo F, Stella S, Mello MT, Denadai BS. Índices de potência e capacidade aeróbia obtidos em cicloergômetro e esteira rolante: comparações entre corredores, ciclistas, triatletas e sedentários. *Rev Bras Med Esporte* 2003;9:1-8.
22. Denadai BS. Variabilidade da frequência cardíaca durante o exercício de carga constante realizado abaixo e acima do limiar anaeróbio. *Rev Bras Cien Esporte* 1994;16:36-41.
23. Coyle E, Alonso J. Cardiovascular drift during prolonged exercise: new perspectives. *Exerc Sports Sci Rev* 2001;29:88-92.