



Frequência cardíaca máxima em esteira ergométrica em diferentes horários

Leandro dos Santos Afonso^{1,2,3,4}, João Fernando Brinkmann dos Santos², José Ricardo Lopes⁴, Rodrigo Tambelli⁴, Eduardo Henrique Rosa Santos⁴, Flavio Augustino Back⁴, Luiz Menna-Barreto⁴ e Jorge Roberto Perrout de Lima^{1,2}

RESUMO

Como muitas medidas do desempenho humano apresentam variações circadianas que parecem acompanhar o ritmo da temperatura corporal, o objetivo deste estudo foi comparar a frequência cardíaca máxima (FCmax) no teste de Bruce (TBruce) em diferentes horários do dia. Foram estudados 11 indivíduos do gênero masculino, com $22,0 \pm 1,6$ anos, fisicamente ativos e do cronotipo intermediário. Observaram-se FC de repouso (FCrep), FC máxima (FCmax), percepção de esforço (PE) e tempo até a exaustão (TBruce). Para medir a FC, foi utilizado o cardiofrequencímetro *Polar Vantage NV*. A PE foi obtida pela escala de Borg (6-20). Aplicou-se o protocolo de Bruce para esteira ergométrica, até a exaustão, em seis horários distintos: 9:00, 12:00, 15:00, 18:00, 21:00 e 24:00 horas. Os resultados foram submetidos à análise de variância para medidas repetidas, seguida do teste de Tukey ($p < 0,05$) e ao ajuste Cosinor para identificação de padrões rítmicos. Houve diferença significativa entre a FCrep das 15:00 e 24:00 horas ($67,2 \pm 6,9$ e $60,4 \pm 6,4$ bpm) e na FCmax das 12:00 e 24:00 horas ($197,4 \pm 7,9$ e $191,3 \pm 5,8$ bpm). Não foi observada diferença na PE e no TBruce. Foi encontrada ritmicidade em um indivíduo na FCrep, um na FCmax e dois no TBruce. Concluiu-se que, em condições não controladas, mantendo-se as atividades diárias, tanto a FCrep quanto a FCmax apresentam valores mais baixos por volta das 24:00 horas, sem perda no desempenho aeróbio máximo e sem alteração da PE. Esses achados devem ser considerados na avaliação aeróbia e na prescrição de exercícios em horários mais tardios.

ABSTRACT

Maximal heart rate on treadmill at different times

The aim of this study was to compare the maximal heart rate (HRmax) in the Bruce test (TBruce) at different times of the day, since several measurements of the human performance present circadian variations which seem to follow the body temperature rhythm. Eleven male individuals, with 22.0 ± 1.6 years, physically active and from the intermediate chronotype were studied. The resting HR (HRres), maximal HR (HRmax), perceived exertion (PE) and time until exhaustion (TBruce) were observed. The Polar Vantage NV cardiofrequencymeter was used in order to measure the

1. Laboratório de Avaliação Motora – LAM, Faculdade de Educação Física e Desportos, Universidade Federal de Juiz de Fora – UFJF.
2. Laboratório de Fisiologia do Exercício e Cineantropometria – LAFEC, Universidade Bandeirante de São Paulo – UNIBAN.
3. Departamento de Educação Física, Universidade Ibirapuera – UNIB.
4. Grupo Multidisciplinar de Desenvolvimento e Ritmos Biológicos – GMDRB, Instituto de Ciências Biomédicas – ICB, Universidade de São Paulo – USP.

Recebido em 29/11/05. Versão final recebida em 5/5/06. Aceito em 19/7/06.

Endereço para correspondência: Leandro dos Santos Afonso, Rua Marili, 53, Vila Guilherme – 02071-070 – São Paulo, SP. E-mail: afonso-leandro@ig.com.br

Palavras-chave: Avaliação aeróbia. Prescrição de treinamento. Percepção de esforço. Frequência cardíaca de repouso.

Keywords: Aerobic evaluation. Training prescription. Perceived exertion. Resting heart rate.

Palabras-clave: Evaluación aeróbica. Prescripción de entrenamiento. Percepción de esfuerzo. Frecuencia cardíaca de reposo.

HR. The PE was obtained through the Borg's scale (6-20). The protocol by Bruce for treadmill was applied until exhaustion, at 6 different times: 9:00; 12:00; 15:00; 18:00; 21:00 and 24:00 hours. The results were submitted to the variance analysis for repeated measurements, followed by Tukey test ($p < 0.05$) and the Cosinor adjustment for identification of rhythmic patterns. There was significant difference between the HRres of the 15:00 and 24:00 h (67.2 ± 6.9 and 60.4 bpm) and in the HR max of the 12:00 and 24:00 hours (197.4 ± 7.9 and 191.3 ± 5.8 bpm). No difference was identified in the PE and in the TBruce. Rhythmicity was found in 1 individual in the HRres, 1 in the HRmax and 2 in the TBruce. It was concluded that in uncontrolled conditions, whenever daily activities are kept, both HRres and HRmax present lower indices around 24:00 hours, with no loss in the maximal aerobic performance and no PE alteration. These findings should be considered in the aerobic evaluation and in the exercises prescription at later times.

RESUMEN

Frecuencia cardíaca máxima en cinta ergométrica a diferentes horarios

Debido a que muchas medidas de desempeño humano presentan variaciones circadianas que parecen acompañar el ritmo de la temperatura corporal, el objetivo de este estudio ha sido el de comparar la frecuencia cardíaca máxima (FCmax) en el test de Bruce (TBruce) en diferentes horarios del día. Fueron estudiados 11 individuos del género masculino, con $22,0 \pm 1,6$ años, físicamente activos y de cronotipo intermedio. Se observó la FC de reposo (FCrep), FC máxima (FCmax), percepción de esfuerzo (PE) y tiempo hasta la extenuación (TBruce). Para medir la FC se usó el cardiofrecuencímetro *Polar Vantage NV*. La PE se obtuvo por la escala de Borg (6-20). Se aplicó el protocolo de Bruce para cinta ergométrica, hasta la extenuación, en 6 horarios distintos: 9:00, 12:00, 15:00, 18:00, 21:00 y 24:00 horas. Los resultados fueron sometidos a análisis de varianza para medidas repetidas, seguida del test de Tukey ($p < 0,05$) y al ajuste Cosinor para identificación de los padrones rítmicos. Hubo diferencia significativa entre la FCrep de las 15:00 y 24:00 h ($67,2 \pm 6,9$ y $60,4 \pm 6,4$ bpm) y en la FCmax de las 12:00 y 24:00 horas ($197,4 \pm 7,9$ y $191,3 \pm 5,8$ bpm). No fue observada diferencia en la PE y en el TBruce. Se encontró ritmo en 1 individuo en la FCrep, 1 en la FCmax y 2 en el TBruce. A partir de esto se concluyó que, en condiciones no controladas, manteniéndose las actividades diarias, tanto la FCrep, como la FCmax, presentan valores más bajos alrededor de las 24:00 horas, sin pérdida en el desempeño aeróbio máximo y sin alteración de PE. Estos resultados deben ser considerados en la evaluación aeróbica y en la prescripción de ejercicios en horarios más tardíos.

INTRODUÇÃO

As funções fisiológicas e o desempenho, tanto físico quanto psicológico, quando estudados em função do tempo apresentam ritmicidade em seu comportamento. O período de tais oscilações pode estender-se de segundos a anos. Ritmos com períodos de aproximadamente 24 horas são denominados ritmos circadianos e se expressam por oscilações dos sistemas fisiológicos, sincronizadas principalmente pelo ciclo claro/escuro e pelas interações sociais⁽¹⁻⁴⁾.

Muitas medidas do desempenho humano apresentam variações circadianas. Essas oscilações parecem acompanhar o ritmo da temperatura corporal^(1,3,5-7). A temperatura corporal frequentemente é usada como um marcador do ritmo, pela facilidade de mensuração e pelo seu forte componente endógeno. O valor mínimo na curva da temperatura corporal ocorre durante o sono, em torno das 4:00h^(2,8). Desse ponto, inicia-se um aumento que se acentua ao despertar. Após o meio-dia, ocorre ligeira queda, fenômeno denominado *post-lunch dip*, seguida de novo aumento, que leva à ocorrência de valores mais elevados por volta das 18:00h^(2,9). Levando em consideração as 24 horas do dia, há uma variação em torno de 0,5°C ao longo do dia^(1,4,7,10-11).

Semelhante à temperatura corporal, a função cardíaca também apresenta alterações de acordo com a hora do dia, sendo consistentemente mais baixa à noite, independente da carga de trabalho, com uma diferença entre o dia e a noite de 5-10bpm. A frequência cardíaca (FC) no exercício físico máximo (FCmax) varia com a hora do dia, entretanto, com variação de menor amplitude se comparada com a FC de repouso⁽²⁻³⁾.

A FCmax tem sido objeto de estudo de diferentes pesquisadores. Reilly e Books⁽¹²⁾ aplicaram exercício físico no cicloergômetro nos horários 2:00, 6:00, 10:00, 14:00, 18:00 e 22:00h e encontraram variação circadiana significativa na FCmax. Reilly *et al.*⁽¹³⁾ empregaram teste máximo em cicloergômetro, em quatro horários (3:00, 9:00, 15:00 e 21:00h) e também observaram ritmo circadiano na FCmax. Por outro lado, também com a utilização de cicloergômetro, Cohen⁽¹⁴⁾, nos horários 4:00, 8:00, 12:00, 15:00, 18:00, 21:00 e 24:00h, e Deschenes *et al.*⁽¹⁵⁾ em quatro horários (8:00, 12:00, 16:00 e 20:00h) não encontraram diferenças significativas entre os diferentes períodos.

A revisão da literatura mostra que, nos estudos da FCmax, tem sido usado o exercício físico máximo em cicloergômetro, que não é o ergômetro mais adequado para isso, visto que, com a sua utilização, observam-se FC de pico de 5 a 10% inferiores às obtidas em esteira ergométrica, pois, no cicloergômetro a exaustão em indivíduos não-ciclistas é causada pela ocorrência de fadiga periférica antes que se alcance a FCmax⁽¹⁶⁾. Além disso, os resultados dos estudos ainda não são conclusivos quanto às diferenças na FCmax em diferentes horários do dia. Dessa forma, o objetivo deste estudo foi comparar a FCmax no teste de Bruce realizado em diferentes horários do dia.

MÉTODO

Sujeitos – Após a aprovação pelo Comitê de Ética da Universidade Bandeirante de São Paulo (protocolo 11/2004), foram iniciados os procedimentos para a seleção dos participantes do experimento. A amostra foi constituída por 11 indivíduos jovens, do gênero masculino, estudantes de Educação Física, saudáveis, não engajados em programas de treinamento físico regular com fins competitivos e cronotipo intermediário, identificados pelo questionário de matutuidade-vespertinidade de Horne e Östberg⁽¹⁷⁾, adaptado para o Brasil por Benedito-Silva *et al.*⁽¹⁸⁾. Os indivíduos apresentaram as seguintes características: idade – $22,0 \pm 1,6$ anos; massa corporal – $74,6 \pm 8,9$ kg; estatura – $177,4 \pm 7,3$ cm; índice de massa corporal (IMC) – $23,7 \pm 1,7$ kg/m²; e percentual de gordura corporal – $9,2 \pm 3,7$ %. Os sujeitos assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, apresentaram o PAR-Q nega-

tivo e não faziam uso de nenhum medicamento que pudesse alterar o comportamento da FC.

Avaliação antropométrica – Para caracterização dos indivíduos realizou-se uma avaliação antropométrica em que se identificaram a massa corporal e a estatura, por meio de uma balança antropométrica (*Filizola ID 1500*) e um estadiômetro (*Cardiomed*), respectivamente. Mediram-se as dobras cutâneas do tórax, abdômen e coxa (adipômetro *Lange*). Estimou-se o percentual de gordura com a utilização da equação de Jackson e Pollock⁽¹⁹⁾.

Preparação para a realização do teste ergométrico – Os participantes foram orientados a manter sua rotina alimentar nas 24h anteriores à realização do teste ergométrico, não consumir alimentos e bebidas alcoólicas que contivessem cafeína nas 12h anteriores e não ingerir nenhum alimento nas 3h anteriores ao teste. Foi solicitado, também, não realizar atividade física adicional a sua rotina acadêmica no dia anterior ao teste. Em relação às vestimentas foi indicado o uso de calção, camisa e meias de algodão. Os participantes utilizaram o mesmo calçado em todos os testes, uma vez que existem evidências de que o tipo e modelo do calçado podem influenciar na demanda aeróbia da corrida⁽²⁰⁻²¹⁾.

Teste ergométrico – Antes da realização de cada teste ergométrico, os sujeitos permaneciam deitados em decúbito dorsal por 30 min para o registro da FCrep, feita pelo cardiofrequencímetro *Polar Vantage NV*, batimento-a-batimento. Considerava-se como FCrep a média dos 10 min finais do período de repouso.

Após breve retomada das recomendações a serem observadas pelo indivíduo em relação ao teste e para a utilização da escala percepção de esforço (PE) de Borg 6-20⁽²²⁾, realizou-se o teste de Bruce⁽²³⁾ em esteira ergométrica multiprogramável da marca *Inbramed*, modelo *KT 10200 ATL*. A FC foi registrada continuamente, por meio do cardiofrequencímetro *Polar Vantage NV*. A FCmax foi identificada utilizando a média dos cinco últimos ciclos cardíacos anteriores à interrupção do teste. Nos 15s finais de cada estágio, era solicitado ao participante que relatasse sua PE.

Para motivação dos participantes utilizaram-se estímulos verbais de encorajamento. Como estímulo visual, era fixado um painel à frente da esteira ergométrica com o maior tempo de duração no teste (TBruce) obtida pelo grupo até o momento, ou seja, o recorde do grupo; e o melhor tempo obtido pelo indivíduo nos testes anteriores, isto é, seu recorde pessoal.

Os testes foram realizados em seis horários distintos: 9:00, 12:00, 15:00, 18:00, 21:00 e 24:00h. A ordem de realização dos testes foi aleatorizada e respeitou-se um intervalo entre um teste e outro de no mínimo 24 e no máximo de 48h. A administração dos testes em relação ao dia da semana não foi duplicada, com o objetivo de balancear possíveis influências circasseptanas de acordo com Reilly e Brooks⁽¹²⁾. Os indivíduos completaram todos os testes ergométricos entre nove e 14 dias. A temperatura ambiente no laboratório variou entre 19^o e 23^oC e a umidade relativa do ar, entre 68% e 88%.

Tratamento estatístico – Para todas as variáveis, utilizaram-se estatística descritiva e análise de variância (ANOVA) de um fator para medidas repetidas, seguida do teste de Tukey ($p < 0,05$), com o intuito de identificar diferenças significativas entre os resultados observados nos diferentes horários. Para identificar a associação entre as variáveis, foi calculada a correlação de Pearson para as médias dos diferentes horários. Para identificar ritmicidade no comportamento das variáveis, aplicou-se o Cosinor, que é um método de análise de ritmos biológicos que consiste no ajuste da curva cosseno aos dados, o que possibilita descrever as séries temporais de indivíduos por meio de parâmetros rítmicos estimados pelo método dos mínimos quadrados, identificando parâmetros como acrofase e mesor, por exemplo. O método Cosinor também verifica se a série temporal apresenta algum tipo de recorrência periódica, através de um teste de hipóteses⁽²⁴⁾.

Foi utilizado o programa *Cosana* para análise ritmométrica de séries temporais individuais versão 3.1. Para o processamento dos dados, foram utilizados os programas estatísticos *BioEstat 3.0* e o *Statistica 6.0*.

RESULTADOS

A tabela 1 mostra que não foram observadas diferenças estatisticamente significativas entre os diferentes horários no TBruce e na PE. Houve diferença estatisticamente significativa entre a FCrep dos horários 15:00 e 24:00h ($67,2 \pm 6,9$ e $60,4 \pm 6,4$ bpm) e na FCmax nos horários das 12:00 e 24:00h ($197,4 \pm 7,9$ e $191,3 \pm 5,8$ bpm). As curvas da FCmax individuais e a média aritmética são apresentadas nas figuras 1 e 2. Na correlação de Pearson observou-se que a PE tem comportamento independente e que há correlação positiva entre FCrep x FCmax ($r = 0,77$), FCmax x TBruce ($r = 0,78$) e FCrep x TBruce ($r = 0,58$).

TABELA 1
Frequência cardíaca de repouso e máxima, tempo Bruce e percepção do esforço, em diferentes horários

Horário	FC repouso (bpm)		FC máxima (bpm)		Tempo Bruce (s)		Percepção de esforço (Borg 6-20)	
	Média	DP	Média	DP	Média	DP	Média	DP
9:00	64,6	8,1	195,7	7,1	876,6	42,0	18,8	0,8
12:00	64,9	7,8	197,4*	7,9	871,3	58,3	18,9	0,3
15:00	67,2*	6,9	196,0	7,8	867,5	50,3	18,8	0,6
18:00	63,7	9,7	194,0	6,4	871,9	64,8	18,8	0,6
21:00	61,7	5,3	194,9	7,8	869,5	52,8	18,9	0,3
24:00	60,4	6,4	191,3	5,8	851,7	52,1	18,8	0,4

* diferença significativa ($p < 0,05$) em relação aos valores obtidos no ponto das 24:00h.

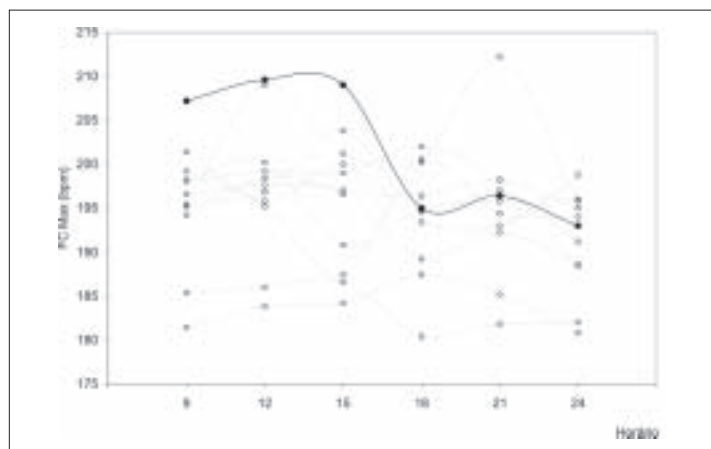


Figura 1 – Curvas individuais da frequência cardíaca máxima, com destaque para o indivíduo 5, cujos dados se ajustaram ao Cosinor (—)

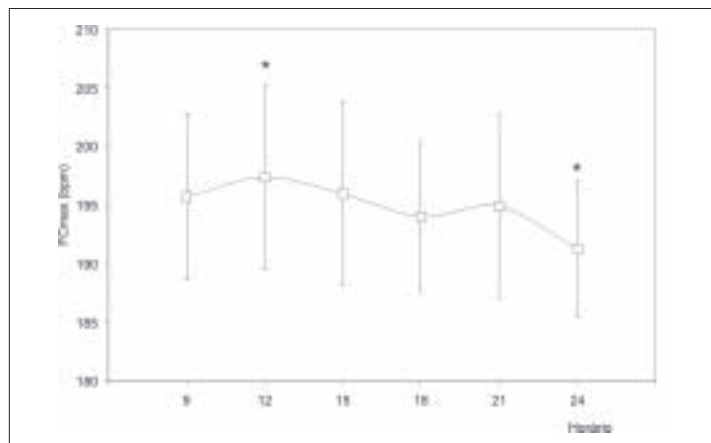


Figura 2 – Média aritmética e desvio-padrão da frequência cardíaca máxima
* Diferença significativa $p < 0,05$

Na análise dos dados, utilizando o método do Cosinor individual, para identificação dos padrões rítmicos dos indivíduos em relação à FCrep, FCmax e TBruce, observaram-se resultados significativos, para o indivíduo 3 na FCrep, para o indivíduo 5 na FCmax e para os indivíduos 1 e 2 no TBruce. Nos demais indivíduos o Cosinor não foi significativo (tabela 2).

TABELA 2
Resultados do Cosinor individual

Ind	Probabilidade		
	FCrep	FCmax	TBruce
1	0,792	0,885	0,042*
2	0,082	0,449	0,005*
3	0,010*	0,102	0,198
4	0,831	0,163	0,318
5	0,114	0,043*	0,084
6	0,591	0,166	0,361
7	0,291	0,281	0,795
8	0,696	0,710	0,409
9	0,292	0,462	0,052
10	0,496	0,371	0,095
11	0,558	0,086	0,942

* $p < 0,05$.

DISCUSSÃO

O número de indivíduos deste experimento mostrou-se compatível com estudos previamente realizados por outros pesquisadores⁽¹²⁻¹⁵⁾. A faixa etária também encontrou respaldo na literatura com a opção por indivíduos jovens, saudáveis e ativos fisicamente^(12-15,25-29), o que contribuiu para diminuir a possibilidade de o fator idade influenciar nos resultados⁽³⁰⁻³⁴⁾. Para evitar que sujeitos de cronotipo matutino obtivessem melhores resultados pela manhã e vespertinos em horários mais avançados, foram incluídos na amostra apenas indivíduos do cronotipo intermediário, cuidado não observado em outros estudos⁽¹²⁻¹⁵⁾.

Como ergômetro optou-se pela esteira ergométrica, pois, de acordo com o estudo de Araujo *et al.*⁽²⁸⁾ no qual se compararam a FCmax obtida em esteira ergométrica, cicloergômetro e ergômetro de membros superiores, a esteira ergométrica demonstrou ser o ergômetro mais indicado para observar os maiores valores de FC. Resultados semelhantes foram encontrados por Scolfaro *et al.*⁽²⁶⁾, Hermansen e Saltin⁽³⁵⁾ e Hermansen *et al.*⁽³⁶⁾. O protocolo de Bruce para teste ergométrico progressivo em esteira ergométrica foi escolhido por ser bem aceito na comunidade científica, o qual é utilizado na avaliação física de indivíduos saudáveis, atletas⁽³⁷⁾ e cardiopatas⁽³⁸⁾.

A escolha dos horários para a realização dos testes ergométricos teve como base os momentos do dia em que a população de forma geral desempenha uma atividade física. A não inclusão de horários durante a madrugada teve o propósito de não aumentar a perturbação do sono dos participantes. A ordem dos testes foi aleatorizada para diminuir a possibilidade do efeito de aprendizado ao longo da realização da série de seis testes⁽³⁹⁾. O intervalo mínimo de 24h entre a realização dos testes ergométricos foi adequado, não sendo relatada nenhuma queixa por parte dos indivíduos em relação a fadiga ou desconforto. Drust *et al.*⁽⁴⁰⁾ ressaltam a dificuldade da realização de testes consecutivos em seres humanos devido à fadiga.

Seria interessante o confinamento no laboratório com o intuito de aumentar o grau de controle sobre a rotina dos sujeitos. Essa medida não foi tomada por limitações técnicas, de modo que não é possível garantir que os indivíduos seguiram as recomendações fornecidas pelo pesquisador, mas, paradoxalmente, aumenta a validade externa, uma vez que os indivíduos estavam inseridos na sua rotina expressando seus ritmos habituais sem interferência de dessincronização forçada por uma rotina constante realizada em laboratório.

Na FCrep foi encontrada uma diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$) entre os pontos das 15:00 e 24:00h. Esses achados seguem a mesma tendência dos encontrados por Reilly e Brooks⁽¹²⁾, que relataram o maior valor na FCrep às 14:00h e, a partir desse ponto, observaram a diminuição dessa variável até alcançar o menor valor às 2:00h, ou seja, durante a madrugada. Entretanto, Cohen⁽¹⁴⁾ encontrou diferenças significativas entre os valores mais altos e mais baixos da FCrep entre os pontos das 18:00 e 4:00h, respectivamente, Faria e Drummond⁽²⁷⁾ relatando resultados similares. Millar-Craig *et al.*⁽⁴¹⁾ encontraram os maiores valores às 13:00h, com diminuição progressiva até os valores mínimos às 4:00h.

A literatura apresenta trabalhos que não identificaram diferença na FCrep como o estudo de Deschenes *et al.*⁽¹⁵⁾, que observaram as respostas fisiológicas nos pontos das 8:00, 12:00, 16:00 e 20:00h. O presente estudo encontrou diminuição significativa na FCrep no ponto das 24:00h, demonstrando o início da queda dessa variável. De acordo com a literatura citada anteriormente, o valor mínimo seria observado entre as 2:00 e 4:00h. Não foi possível verificar esse fato devido ao desenho metodológico desta pesquisa.

Observou-se uma diferença significativa em relação à FCmax entre os pontos das 12:00 e 24:00h, não sendo localizada nenhuma outra diferença entre os demais horários. Esses achados estão dentro do intervalo de tempo em que Winget *et al.*⁽¹⁾ relataram a possível ocorrência do pico da FCmax durante o exercício físico, de modo que esse intervalo pode variar entre as 7:00 e 22:00h. Estudos realizados por Reilly e Brooks⁽¹²⁾ e Reilly *et al.*⁽¹³⁾ mostraram um padrão temporal na FCmax, os maiores valores sendo observados na fase clara do ciclo claro-escuro.

Reilly⁽³⁾ levanta questões sobre as dificuldades de expor indivíduos ao exercício físico progressivo máximo, principalmente, em relação à relutância dos mesmos em realizar os testes físicos nos horários noturnos. Outra dificuldade a ser considerada é o chamado efeito teto da capacidade fisiológica encontrada nesses tipos de avaliações, que se caracteriza por menores variações em situação de exercício físico máximo. Desse modo, o fato de muitos estudos não relatarem variação circadiana não chega a ser surpreendente. Como é o caso do estudo de Wojtczak-Jaroszowa e Banaszkiwicz⁽⁴²⁾, que não observaram diferenças entre os valores obtidos entre 9:00 e 13:00h comparados com os obtidos entre 1:00 e 5:00h ou como o estudo de Cohen⁽¹⁴⁾, que não observou diferenças entre os pontos das 4:00, 8:00, 12:00, 15:00 18:00, 21:00 e 24:00h, resultado esse que difere dos encontrados no presente estudo.

Confrontando os achados do presente estudo com trabalhos cujos desenhos metodológicos se aproximavam, pôde-se observar uma similaridade nos resultados como os mostrados por Deschenes *et al.*⁽¹⁵⁾, que não encontraram diferença estatisticamente significativa entre os pontos das 8:00, 12:00, 16:00 e 20:00h. Outro estudo que pode ser somado a essa idéia é o de Reilly *et al.*⁽¹³⁾, que não encontraram diferenças estatisticamente significativas entre os pontos das 9:00, 15:00 e 21:00h, mas que observaram diminuição significativa na FCmax no ponto das 3:00h quando comparada com os pontos das 9:00, 15:00 e 21:00h, resultado que permite especular sobre o início do decréscimo da FCmax no ponto das 24:00h, como o encontrado no presente estudo. Pode-se especular que a causa desse decréscimo possa ser explicada pelo ciclo claro-escuro, pois na fase escura desse ciclo ocorre diminuição da temperatura corporal, que apresenta padrão circadiano pronunciado.

Observou-se correlação entre a FCrep e a FCmax, ou seja, tendem a variar na mesma direção. Entretanto, a FCrep se comportou com maior variação (6,8bpm entre os maiores e menores valores) quando comparada com a FCmax (5,9bpm), confirmando o estudo de Cohen e Muehl⁽⁴³⁾, que relata menor variação na FC quando em situação de exercício físico. Isso mostra que a FCmax

é um fenômeno de reduzida variação intra-individual e, de acordo com Winget *et al.*⁽¹⁾, essa discrepância nos resultados encontrados nas pesquisas citadas anteriormente, em haver ou não variação na FCmax, pode ser relacionada a essa menor variabilidade com o aumento da intensidade do exercício físico. Atkinson e Reilly⁽⁸⁾ atribuem essa falta de consenso no que se refere a detectar esse possível ritmo circadiano a um efeito teto da capacidade fisiológica alcançada no teste ergométrico máximo.

Em relação ao TBruce, não foi encontrada nenhuma diferença estatisticamente significativa entre os horários observados. Esse resultado é compartilhado por estudos que utilizaram cicloergômetro^(13,15,44). Em contrapartida, Baxter e Reilly⁽⁴⁵⁾ relataram a influência da hora do dia no desempenho de nadadores, relato que está de acordo com os resultados encontrados por Rodahl *et al.*⁽⁴⁶⁾, que constataram melhor desempenho na natação à tarde em comparação com os testes realizados pela manhã, levantando a questão de que o tipo de exercício físico, as características do teste e o ambiente podem afetar na observação da variação do desempenho ou tempo do teste em relação à hora do dia.

Na PE não foi observada diferença estatisticamente significativa entre os horários estudados, nem correlação com as outras variáveis do estudo. Esse resultado tem sustentação nos estudos de Deschenes *et al.*⁽¹⁵⁾ e Reilly *et al.*⁽¹³⁾, que não identificaram diferença na PE, sob condição de exercício físico máximo. A literatura relata existir uma variação na PE em exercícios físicos submáximos, nos quais foram encontrados valores mais altos na escala PE de Borg nos testes realizados nos horários da madrugada^(27,47). Resultados próximos à categoria 19 na escala de PE de Borg sugerem o comprometimento dos participantes em se empenharem ao máximo no teste ergométrico em todos os horários e mostram, também, a relevância de colocar uma meta a ser alcançada, no caso, a fixação dos tempos dos testes dos indivíduos em frente à esteira ergométrica, de modo que o participante pudesse ter mais um estímulo para aumentar o seu grau de motivação.

No intuito de observar os padrões rítmicos das variáveis FCrep, FCmax e TBruce, foram realizadas análises pelo método do Cosinor individual. Essas análises apontaram poucos indivíduos com padrão rítmico significativo. Esses resultados devem ser observados com ressalvas, pois, a coleta dos dados foi realizada em dias distintos devido à utilização do exercício físico máximo que impossibilitava a coleta de mais de um ponto no mesmo dia, situação que culminou na construção de um dia fictício para a realização da análise, desse modo, impossibilitando maior grau de fidedignidade dos resultados do Cosinor.

Poucos indivíduos apresentaram um ajuste significativo de acordo com a análise do Cosinor, fato que impede inferências mais profundas sobre a ritmicidade desses indivíduos. Contudo, o que ficou evidente na observação dos resultados foi o decréscimo nas variáveis fisiológicas FCrep, FCmax na fase escura do ciclo claro/escuro. Tal comportamento demonstra a potência desse ciclo como agente sincronizador dos ritmos biológicos desses indivíduos.

Como conclusão, pode-se sugerir que, em condições não controladas, mantendo-se as atividades diárias, tanto a FCrep quanto a FCmax apresentam valores mais baixos por volta das 24:00h, sem perda no desempenho aeróbio máximo e sem alteração da PE. Esses achados devem ser considerados na avaliação aeróbia e na prescrição de exercícios em horários mais tardios.

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

REFERÊNCIAS

1. Winget CM, DeRoshia CW, Holley DC. Circadian rhythms and athletic performance. *Med Sci Sports Exerc.* 1985;17:498-516.
2. Reilly T, Atkinson G, Waterhouse J. *Biological rhythms and exercise.* Oxford: Oxford University Press, 1997.

3. Reilly T. Human circadian rhythms and exercise. *Crit Rev Biomed Eng.* 1990;18: 165-79.
4. Luce GG. Biological rhythms in human and animal physiology. New York: Dover, 1971.
5. Reilly T, Garret R. Effects of time of day on self-paced performances of prolonged exercise. *J Sports Med Phys Fitness.* 1995;35:99-102.
6. Trine MR, Morgan W. Influence of day on psychological responses to exercise. *Sports Med.* 1995;20:328-37.
7. Deschenes MR, Kraemer WJ, Bush JA, Doughty TA, Kim D, Muellen KM, et al. Biorhythmic influences on functional capacity of human muscle and physiological responses. *Med Sci Sports Exerc.* 1998;30:1399-407.
8. Shephard RJ. Sleep, biorhythms and human performance. *Sports Med.* 1984;1: 11-37.
9. Reilly T, Brooks GA. Exercise and the circadian variation in body temperature measures. *Int J Sports Med.* 1986;7:358-62.
10. Atkinson G, Reilly T. Circadian variation in sports performance. *Sports Med.* 1996; 21:292-312.
11. Callard D, Davenne D, Lagarde D, Meney I, Gentil C, VanHoecke J. Nycthemeral variations in core temperature and heart rate: continuous cycling exercise versus continuous rest. *Int J Sports Med.* 2001;22:553-7.
12. Reilly T, Brooks GA. Selective persistence of circadian rhythms in physiological responses to exercise. *Chronobiol Int.* 1990;7:59-67.
13. Reilly T, Robinson G, Minors DS. Some circulatory responses to exercise at different time of day. *Med Sci Sports Exerc.* 1984;16:477-82.
14. Cohen CJ. Human circadian rhythms in heart rate response to a maximal exercise stress. *Ergonomics.* 1980;23:591-5.
15. Deschenes MR, Sharma JV, Brittingham KT, Casa DJ, Armstrong LE, Maresh M. Chronobiological effects on exercise performance and selected physiological responses. *Eur J Appl Physiol.* 1998;77:249-56.
16. Penitenti RM. Estudo comparativo da frequência cardíaca em ciclistas e indivíduos ativos [Dissertação de Mestrado]. São Paulo: Universidade Bandeirante de São Paulo, 2004.
17. Horne JA, Östberg O. A self-assessment questionnaire to determine morningness-eveningness in human circadian rhythms. *Int J Chronobiol.* 1976;4:97-110.
18. Benedito-Silva AA, Menna-Barreto L, Marques N, Tenreiro S. Self-assessment questionnaire for the determination of morningness-eveningness types in Brazil. *Prog Clin Biol Res.* 1990;314:89-98.
19. Jackson AS, Pollock ML. Generalized equations for predicting body density of men. *Br J Nutr.* 1978;40:497-504.
20. Frederick EC, Howley ET, Powers SK. Lower oxygen demands of running in soft-soled shoes. *Res Q Exerc Sport.* 1986;57:174-7.
21. Martin P. Mechanical and physiological responses to lower extremity loading during running. *Med Sci Sports Exerc.* 1985;17:427-33.
22. Borg G. Escalas de Borg para a dor e o esforço percebido. 1ª ed. São Paulo: Manole, 2000.
23. Bruce RA, Kusumi, F, Hosmer D. Maximal oxygen intake and nomographic assessment of functional aerobic impairment in cardiovascular disease. *Am Heart J.* 1973;85:546-62.
24. Benedito-Silva, AA. Aspectos metodológicos da cronobiologia. In: Marques N, Menna-Barreto L, editores. *Cronobiologia: princípios e aplicações.* 3ª ed. São Paulo: Edusp, 2003;297-320.
25. Martin L, Daggart AL, Whyte GP. Comparison of physiological responses to morning and evening submaximal running. *J Sports Sci.* 2001;19:969-76.
26. Scolfaro LB, Marins JCB, Regazzi AJ. Estudo comparativo da frequência cardíaca máxima em três modalidades cíclicas. *Rev APEF.* 1998;13:44-54.
27. Faria IE, Drummond BJ. Circadian changes in resting heart rate, maximal oxygen consumption and perceived exertion. *Ergonomics.* 1982;25:381-6.
28. Araujo CGS, Bastos MAPM, Pinto NLS, Camara RS. A frequência cardíaca máxima em nove diferentes protocolos de teste máximo. *Rev Bras Ciência Esporte.* 1980;2:20-30.
29. Peres G, Vandewalle H, Havette P. Heart rate, maximal heart rate and pedal rate. *J Sports Med.* 1987;27:205-10.
30. Londeree BR, Moeschberger ML. Effect of age and other factors on maximal heart rate. *Res Q Exerc Sport.* 1982;53:297-304.
31. Sheffield LT, Maloof JA, Sawyer JA, Roitman D. Maximal heart rate and treadmill performance of healthy women in relation to age. *Circulation.* 1978;57:79-84.
32. Lester M, Sheffield LT, Trammell P, Reeves TJ. The effect of age and athletic training on the maximal heart rate during muscular exercise. *Am Heart J.* 1968; 76:370-6.
33. Quirion A, Careful D, Laurencelle L, Method D, Vogelaere P, Dulac S. The physiological response to exercise with special reference to age. *J Sports Med.* 1987; 27:143-50.
34. Engels HJ, Zhu W, Moffatt RJ. An empirical evaluation of the prediction of maximal heart rate. *Res Q Exerc Sport.* 1998;69:94-8.
35. Hermansen L, Saltin B. Oxygen uptake during maximal treadmill and bicycle exercise. *J Appl Physiol.* 1969; 26:31-7.
36. Hermansen L, Ekblom B, Saltin B. Cardiac output during submaximal and maximal treadmill and bicycle exercise. *J Appl Physiol.* 1970;29:82-6.
37. Ward TE, Hart CL, McKeown BC, Kras J. The Bruce treadmill protocol: does walking or running during the fourth stage alter oxygen consumption values? *J Sports Med Phys Fitness.* 1998;38:132-7.
38. Bruce RA. Methods of exercise testing, step test, bicycle, treadmill, isometrics. *Am J Cardiol.* 1974;33:715-20.
39. Atkinson G, Nevill AM. Selected issues in the design and analysis of sport performance research. *J Sports Sci.* 2001;19:811-27.
40. Drust B, Waterhouse J, Atkinson G, Edwards B, Reilly T. Circadian rhythms in sports performance – An update. *Chronobiol Int.* 2005;22:21-44.
41. Millar-Craigh MW, Bishop CN, Raftery EB. Circadian variation of blood pressure. *Lancet.* 1978;1:795-7.
42. Wojtczak-Jaroszowa J, Banaszkiwicz A. Physical work capacity during the day and at night. *Ergonomics.* 1974;17:193-8.
43. Cohen CJ, Muehl GE. Human circadian rhythms in resting and exercise pulse rates. *Ergonomics.* 1977;20:475-9.
44. Reilly T, Garret R. Investigation of diurnal variation in sustained exercise performance. *Ergonomics.* 1998;41:1085-94.
45. Baxter C, Reilly T. Influence of time of day on all-out swimming. *Br J Sports Med.* 1983;17:122-7.
46. Rodahl A, O'Brien M, Firth RGR. Diurnal variation in performance of swimmers. *J Sports Med.* 1976;16:72-6.
47. Ilmarinen J, Ilmarinen R, Korhonen O, Nurminen M. Circadian variation of physiological functions related to physical work capacity. *Scand J Work Environ Health.* 1980;6:112-22.