

Medida da Frequência Cardíaca Máxima por Diferentes Intervalos de Amostragem

VIVIAN LIANE MATTOS PINTO¹, CLAUDIO GIL SOARES DE ARAÚJO²

¹Programa de Pós-Graduação em Educação Física - Universidade Gama Filho - RJ;

²Programa de Pós-Graduação em Educação Física da Universidade Gama Filho - Rio de Janeiro, RJ - CLINIMEX - Clínica de Medicina do Exercício - Rio de Janeiro, RJ.

RESUMO

Introdução: a frequência cardíaca (FC) tem sido frequentemente utilizada para caracterizar a intensidade de um exercício, sendo denominada de FC máxima (FCM), o valor obtido ao final de um teste de exercício (TE) máximo. Considerando que mesmo no exercício máximo ainda há uma variabilidade da FC, a sua medida pode variar em função do intervalo de amostragem.

Objetivo: introduzir o conceito de frequência cardíaca máxima instantânea (FCMi) e comparar a FCM medida em um teste cardiopulmonar de exercício (TCPE) máximo, por três diferentes intervalos amostrais.

Métodos: estudou-se 260 TCPE máximos e consecutivos em adultos realizados por um único avaliador entre setembro de 2002 e junho de 2004, que não apresentavam arritmias cardíacas no último minuto do TCPE. A FCM foi quantificada no eletrocardiograma de três modos: FCMi - intervalo RR mais curto, FCMs - valor listado pelo software Elite e FCMt - a contagem visual dos intervalos RR no traçado.

Resultados: Os resultados indicaram valores mais altos para FCMi - 157 ± 2 bpm (média \pm erro padrão), sem diferenças para a FCM obtida pelos outros dois métodos - 154 ± 2 bpm ($p < 0,001$; IC95% = -2,6 a 3,2). Em todos os indivíduos, a maior FCM foi obtida com a FCMi. Os níveis de associação entre as três medidas de FCM foram altos (valores de r entre 0,98 e 0,99, $p < 0,001$).

Conclusão: A quantificação da FCM pelo método de FCMi proporciona valores cerca de 2% maiores do que os obtidos pelas demais técnicas, indicando a necessidade de cuidadosamente padronizar e descrever o intervalo amostral da medida da FC durante situações de exercício intenso ou em TE máximo. Estudos futuros são necessários para avaliar o potencial impacto da adoção mais ampla da FCMi, em termos de prescrição de exercícios físicos ou ainda para caracterizar o ponto exato do esforço máximo.

Palavras-chaves: Frequência Cardíaca Máxima; Teste de Exercício; Teste Cardiopulmonar de Exercício; Protocolo de Rampa; Prescrição de Exercício

ABSTRACT

Background: exercise intensity has been often characterized by heart rate (HR). Maximal HR (MHR) has been applied for the highest value obtained at the end of a maximal exercise test (ET). Considering that even at maximal exercise still

remains same HR variability, its measurement may vary with distinct sampling intervals.

Purpose: to introduce instantaneous heart rate (iMHR) concept and to compare MHR measurements by three different sampling intervals during a maximal cardiopulmonary exercise testing (CPET).

Methods: 260 consecutive maximal CPET in adults, supervised by the same physician between September 2002 and June 2004, and that do not present arrhythmias in the final CPET minute were studied. MHR was quantified in three different ways: iMHR - the shortest RR interval, sMHR Elite software listed value, and cMHR - visual counting of RR intervals.

Results: An ANOVA-Tukey statistical analysis, showed significantly higher values for iMHR - 157 ± 2 bpm (mean \pm standard error) and similar results for the two other ways to quantify MHR - 154 ± 2 bpm ($p < .001$; CI95% = -2.6 to 3.2). For all subjects, MHR was obtained by iMHR. The three MHR measurements were highly related (r values between .98 and .99, $p < .001$).

Conclusion: MHR quantification by iMHR approach generates a 2% higher scores as compared to the other techniques. The iMHR values were about 2% higher than those obtained for the other techniques, indicating that need for a careful standardization and description of HR sampling intervals during vigorous exercise or in a maximal ET. Future studies are needed to assess the potential impact of an adoption of iMHR in terms of exercise prescription or to characterize the exact timing of maximal effort.

Key-words: maximal heart rate; exercise test; cardiopulmonary exercise test; ramp protocol; exercise prescription

Introdução

A medida da frequência cardíaca (FC) é rotineira no cenário desportivo e clínico, tanto para caracterização da intensidade do esforço como para a prescrição de exercício ou treinamento para atletas, indivíduos saudáveis e portadores de enfermidades crônico-degenerativas. Mais recentemente, têm-se observado que a medida da FC em diversas situações representa um poderoso instrumento clínico. Enquanto valores elevados da FC em repouso são associados com uma taxa de mortalidade futura¹, valores relativamente baixos de

incremento com esforço² ou ao final do exercício máximo^{2,3}, ou ainda, na recuperação de um esforço máximo⁴, sinalizam um risco relativo duas a quatro vezes maior para mortalidade cardiovascular em homens adultos. Raxwal et al.⁵ incluem uma FC máxima (FCM) baixa como o critério com maior ponderação em sua escala para diagnosticar doença coronariana, evidenciando a importância clínica tanto em termos diagnósticos como prognósticos.

Existem diferentes protocolos e procedimentos para a realização de um teste de exercício (TE)^{6,9}. Contudo, há sempre uma dificuldade prática e real em se determinar quando um indivíduo efetivamente alcançou o seu nível máximo de esforço. Provavelmente por sua facilidade de mensuração, a frequência cardíaca (FC) tem sido uma das variáveis clínicas mais frequentemente empregadas para caracterizar a intensidade de um TE convencional (sem medida de gases expirados). É reconhecidamente sabido que a FCM depende da motivação do avaliador e do¹⁰ avaliado, do tipo de ergômetro e do tipo de protocolo¹⁰. Considerando essas limitações, a expressão FCM define o valor da FC alcançada no final do esforço e tem sido adotada para efeitos desportivos e clínicos.

Enquanto a medida da FC pode ser feita de diversas formas em estudos de campo e testes de aptidão física – contagem por palpação de grandes artérias ou através da leitura de monitores específicos –, o padrão-ouro ainda permanece a identificação e quantificação da duração dos intervalos entre ciclos cardíacos (intervalos RR) no traçado eletrocardiográfico. No entanto, devido à grande variedade de *softwares* disponíveis para a análise do eletrocardiograma durante a realização dos TEs, faz com que a medida da FCM possa apresentar diferenças, com eventuais implicações práticas.

Como a FC apresenta uma considerável variabilidade fisiológica ao longo do tempo, que é maior em repouso mas que não desaparece completamente nem em esforço máximo^{11,12} e considerando as diversas possibilidades de erro nas medidas mais simples da FC durante o exercício, como nas extrapolações derivadas das contagens de batimentos por períodos curtos de tempo ou até mesmo, aquelas eventualmente geradas pelos algoritmos dos monitores de FC ou dos softwares de análise de traçado eletrocardiográfico, parece conveniente estabelecer estratégias efetivas para a medição da FCM. Uma possibilidade para aumentar a precisão da medida da FCM relaciona-se com o conceito de frequência cardíaca máxima instantânea, medida com o uso da duração do intervalo RR, que já foi utilizada em estudos anteriores em situações de exercício súbito e intenso, tais como aquela que ocorre imediatamente após a iniciação da contração muscular voluntária, apresentando um significativo decréscimo do comprimento do intervalo RR¹³⁻¹⁵. Neste estudo, pode-se definir uma FCMi como a maior FC instantânea obtida no pico do esforço máximo em um TE, a partir da medida com alta resolução da duração dos intervalos RR em um traçado contínuo de ECG, sem a presença

de arritmias cardíacas ou artefatos eletrocardiográficos que pudessem invalidar a mensuração precisa dos intervalos RR.

O presente estudo introduz o conceito de FCMi e compara as medidas da FCM por três diferentes intervalos amostrais no último minuto de um teste cardiopulmonar de exercício (TCPE) máximo.

Métodos

Foram analisados, retrospectivamente e consecutivamente, todos os TCPE do nosso laboratório, realizados por um único médico, entre setembro de 2002 e junho de 2004. Para a definição da amostra foram adotados como critérios de exclusão: a) testes interrompidos antes do esforço voluntário máximo; b) TCPE com arritmias supraventriculares ou ventriculares, como fibrilação e *flutter* atrial, taquicardia supraventricular não-sustentada e sustentada ou ainda, extrassístoles isoladas ou emparelhadas no último minuto do esforço e c) indivíduos com idade inferior a 25 anos.

Considerando esses critérios foi possível selecionar dados de 260 indivíduos adultos com idades entre 25 a 91 anos (55 ± 13), sendo 198 homens. Na Tabela 1 apresenta-se mais detalhadamente o perfil da amostra analisada, de acordo com as suas condições clínicas. Assim, percebe-se que a maior parte da amostra é composta por indivíduos portadores de doenças crônico-degenerativas, mormente cardiovasculares, muitos deles com a presença de outras co-morbidades. Dentre os 260 indivíduos, 26% fazia uso regular de β -bloqueadores.

Tabela 1 - Perfil da amostra baseado em sua condição clínica (n = 260)

Condição Clínica	n (%)
Indivíduos aparentemente saudáveis	64 (25)
Portadores de co-morbidades* sem eventos coronarianos	84 (32)
Portadores de co-morbidades com eventos coronarianos**	88 (34)
Outros***	24 (9)

*Foram considerados co-morbidades: obesidade, dislipidemia, diabetes melito e hipertensão arterial;

** E eventos coronarianos: doença arterial coronariana, revascularização do miocárdio, infarto agudo do miocárdio;

*** Outros: fibromialgia, prolapso mitral, hipotireoidismo, asma, síndrome do pânico.

Após anamnese, exame clínico e eletrocardiograma e espirometria de repouso, os indivíduos foram submetidos a um TCPE máximo, monitorizados por um eletrocardiógrafo digital com *software* específico (ErgoPC Elite versão 3.2.1.5, *Micromed*, Brasil), utilizando protocolo individualizado de rampa, com uma duração média entre oito a 12 minutos, possibilitando um aumento da carga de acordo com a condição do indivíduo, em um cicloergômetro de membros inferiores de frenagem eletromagnética Ergociser EC 1600 (*Cateye*, Japão). Para

a medida e análise dos gases expirados foi utilizado um analisador metabólico VO₂ (MedGraphics, Estados Unidos) periodicamente calibrado com o uso de gases padronizados. Os TCPEs eram realizados a pedido dos indivíduos, que recebiam um termo de consentimento informado, no qual eram especificamente descritos os riscos e inconvenientes do procedimento, assim como a sua total autonomia de desistir do mesmo a qualquer momento. Após essa leitura e esclarecimento de eventuais dúvidas com o médico que iria realizar o procedimento, os indivíduos assinavam o referido termo, autorizando objetivamente e expressamente a utilização dos dados para pesquisa. O protocolo de estudo foi aprovado institucionalmente.

Para a determinação da FCM foram utilizados três métodos, conforme é descrito detalhadamente a seguir:

- Frequência Cardíaca Máxima no software (FCMs):** esta variável foi medida através do valor apresentado na tela do software na função registro automático (ErgoPC Elite versão 3.2.1.5, Micromed, Brasil) para o último minuto do TCPE, sendo obtida através de uma média móvel calculada considerando-se os oito últimos intervalos RR. De acordo com o algoritmo utilizado pelo fabricante, nestes são descartados aqueles que diferirem do intervalo imediatamente anterior em mais de 30% e da média em mais de 20% e os complexos QRS extremamente apiculados ou extremamente arredondados, que são descartados como artefatos ou sinais de marcapasso cardíaco eletrônico. Essas filtragens visam eliminar a influência de artefatos ou de arritmias cardíacas.
- Frequência Cardíaca do Traçado Contínuo (FCMt):** esta variável foi medida através da contagem visual pelo investigador de cada um dos complexos QRS dentro do traçado de ritmo do software Elite que ocorreram exatamente no último minuto do TCPE (ex. entre 9 min e 10 min), utilizando-se o contador de tempo do próprio software como referência.
- Frequência Cardíaca Máxima Instantânea (FCMi):** foi identificada a partir da listagem da duração dos intervalos RR no último minuto do TCPE, como o menor ou mais curto intervalo RR observado, descartando pela observação visual do traçado de ritmo, aqueles intervalos com valores atípicos e que eram resultantes de arritmias ou artefatos eletrocardiográficos. A resolução da medida para o intervalo RR foi de 3 milissegundos. A duração do intervalo RR em milissegundos, foi convertido para batimentos por minuto (bpm), através do seguinte cálculo: $60000/\text{duração do intervalo RR mais curto (ms)}$.

A análise dos dados contemplou técnicas de estatísticas descritiva e análise de variância para medidas repetidas, seguida de verificação *post-hoc* de Tukey para as três medidas da FCM. Em seguida, através do coeficiente de correlação de Pearson, verificou-se o grau de associação entre as mesmas. Em todos os casos, adotou-

se o nível de 5% como critério de significância para o erro do tipo I e um intervalo de confiança de 95%.

Resultados

Houve diferenças para as FCM obtidas com as três estratégias de medida, obtendo-se um valor de $p = 0,00002$ com IC95% para as diferenças médias = $-2,61 \pm 3,15$ bpm. A análise *post-hoc* evidenciou que o valor médio de FCMi - 157 ± 2 bpm (média \pm erro padrão), foi significativamente maior do que nas outras duas medidas - FCMs e FCMt, ambos com valores de 154 ± 2 bpm e portanto sem diferenças entre si ($p > 0,05$). Em todos os indivíduos, os valores mais altos de FCM ocorreram para a FCMi. Percebe-se que, apesar das diferenças estatisticamente significativas em relação à FCMi, os valores de FCM guardavam relação estreita, representado por valores de r de Pearson significativos e altos (r entre 0,98 e 0,99; $p < 0,001$).

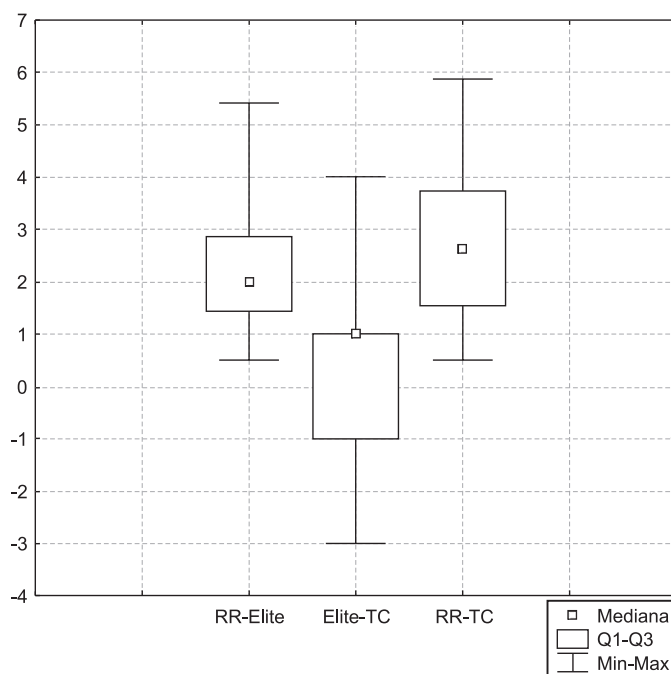


Figura 1 - Diferença entre os três métodos da FCM (FCMi-FCMs; FCMs-FCMt; FCMi-FCMt)

Na figura 1, pode-se observar que as maiores diferenças deram-se entre FCMi - FCMt, a mediana situou-se em torno de 2,5 bpm, sendo inferior a 1 bpm para a diferença entre FCMs - FCMt. Por outro lado, a amplitude foi maior para FCMs - FCMt, o que não quer dizer que a dispersão tenha sido maior. Na verdade, a dispersão foi muito pequena, o que pode ser constatado pela coincidência do terceiro quartil e a mediana. Isso indica que praticamente todas as diferenças entre FCMs-FCMt situaram-se entre ± 1 bpm. Além de exibirem os maiores valores, a diferença entre FCMi - FCMt pareceu apresentar também a maior dispersão, com o terceiro quartil chegando a 3,5 bpm, e os valores máximos aproximando-se de 6 bpm. Essa tendência pode ser confirmada pela porcentagem de casos cuja diferença foi maior ou igual a 5 bpm, o que poderia ser adotado como ponto de corte do ponto de vista prático. No caso da FCMi-FCMt, 13% dos casos enquadram-se nesse ponto

de corte, enquanto nos outros não se chegou a 5% para FCMi-FCMs, e em nenhum caso isso foi observado para a diferença entre a FCMs e a FCMt.

Discussão

A variável FC é talvez a medida mais simples do funcionamento do sistema cardiovascular. Influenciada potencialmente por vários fatores, tanto em repouso como no exercício, sua técnica de quantificação e obtenção é raramente bem descrita ou especificada. Recentemente, Vogel et al.¹⁶ reportaram que a medida da FC de repouso era raramente adequadamente descrita e controlada em 56 estudos publicados nas 12 principais revistas científicas da área de cardiologia e de fisiologia cardiovascular. Embora não exista uma publicação que faça uma análise semelhante para a FCM, é fácil entender que a mesma também não é devidamente controlada, mesmo sabendo-se do seu enorme significado desportivo, clínico e epidemiológico^{3, 4, 17, 18}. Dessa forma, ao nosso entender, um estudo que procure detalhar e comparar formas de mensuração da FC, seja em repouso ou em exercício tende a contribuir para o conhecimento nessa área.

Na sequência, apresentaremos algumas características específicas e potenciais limitações do presente estudo. Em primeiro lugar, a utilização de um *software* sofisticado e de alta resolução para a leitura precisa da duração dos intervalos RR, inteiramente desenvolvido no Brasil, ainda que represente uma tendência crescente no mercado e da literatura^{19, 20}, nem sempre está disponível em todas as condições. Considerando a resolução de 3 ms e a forma de cálculo da FCMi (60000/duração do intervalo RR), tem-se que a precisão varia diretamente com a duração do intervalo RR, de modo que para valores próximos a 200 bpm há uma resolução ao redor de 2 bpm, enquanto para 150 bpm a resolução já fica em praticamente 1 bpm. Esses valores se comparam extraordinariamente bem com aqueles outrora obtidos para a FCM estimada pela extrapolação da contagem de pulso em 10 segundos – erros de ± 6 bpm. No entanto, o uso de um *software* específico pode, em tese, reduzir a validade externa da FCMi como estratégia de medida. Uma alternativa potencialmente válida e não abordada em nosso estudo, seria a utilização de determinados monitores de FC comerciais capazes de efetuar a mensuração e registro de intervalos RR com a resolução de 1 ms. Porém nesses, sempre permanece a dúvida quanto a presença de arritmias ou artefatos na leitura, o que é evitado com o traçado eletrocardiográfico. Em segundo lugar, os traçados de ritmo foram pré-selecionados, ou seja, utilizaram-se somente aqueles que possibilitavam uma leitura clara da FCMi (ex. traçados com arritmias cardíacas ou artefatos eletrocardiográficos importantes no último minuto do esforço foram descartados). Com isso alguns poucos casos tiveram de ser excluídos da análise. Não obstante, é possível que a inclusão de casos com arritmias e artefatos, capazes de influenciar primariamente as medidas de FCMs e FCMt, acarretaria er-

ros nessas medidas e represente uma vantagem adicional para a utilização da FCMi (maior validade da medida). Na prática cotidiana, não é incomum lermos valores de FC listados pelo *software* que não representam corretamente o valor real dessa variável.

Houve forte associação entre as medidas, além de grande proximidade dos valores encontrados para a FCM. No entanto, a ANOVA e as técnicas de comparação *post-hoc* foram capazes de identificar diferenças significativas entre as medidas da FCMi e as duas outras medidas. Uma possibilidade a ser levada em conta é que, mesmo pequenas, as discrepâncias revelaram-se significativas em virtude da potência elevada da estatística, visto a quantidade de indivíduos observados²¹. De acordo com os nossos dados, a adoção da FCMi levaria a valores sistematicamente mais altos – em média 2% maiores do que aqueles obtidos com as outras duas medidas, provavelmente refletindo melhor a natureza progressiva e máxima do esforço realizado no TCPE e a manutenção de um certo grau de variabilidade da FC mesmo no esforço máximo.

Em outro aspecto, quando se analisa o significado fisiológico e clínico do uso das estratégias de medida da FCM, principalmente no que se refere a índices derivados, tais como o pulso de oxigênio, a escolha de uma ou outra pode ser eventualmente relevante para a interpretação dos resultados. Esta relação VO₂/FC pode ser entendida como índice de eficiência do sistema de transporte e utilização de oxigênio, pois ela expressa o quanto de oxigênio está sendo consumido pelo organismo para cada batimento cardíaco. Embora situações como anemia, hipoxemia severa e elevados níveis de carboxihemoglobina, fatores que reduzem o conteúdo de O₂ ao nível arterial, possam influir no pulso de O₂²², a importância clínica maior deste índice reside na possibilidade da avaliação não invasiva da função ventricular no exercício²³.

Ora, enquanto a FC está sendo aferida instantaneamente ou em 7 s ou em 1 min, o VO₂ também pode ser quantificado em intervalos amostrais também variados, desde os sistemas *breath-by-breath* até aqueles em que são fornecidos valores médios de consumo de oxigênio em 10, 20 ou 30 segundos ou até mesmo para 1 minuto. Nestes casos, seria importante a adoção de períodos idênticos para aferição das variáveis, para que a relação entre elas estivesse baseada na mesma unidade de tempo. Em outras palavras, a uniformidade da leitura das medidas implicaria numa definição mais correta do pulso de oxigênio durante o TCPE. A variabilidade das medidas, conforme determinado por Myers et al.²⁴ para o VO₂, tende a aumentar quando se reduz o intervalo amostral. Com isso, a determinação do VO₂ em 60 segundos tende a associar-se a uma variabilidade sensivelmente menor que aquele obtido a cada ciclo respiratório. Nossos dados indicam que um fenômeno teoricamente semelhante mas em uma dimensão prática muito menor se dá com a FCM. Assim, o estabelecimento de relações entre variáveis diferentes cujas medidas foram feitas em períodos similares,

também favorece a uniformização da variabilidade intrínseca a cada uma delas.

Tome-se o exemplo de um sistema de aquisição *breath-by-breath* para o VO₂, com a FCM sendo determinada pelo *software* Elite. Com isso, teríamos aproximadamente nove médias das medidas de FC no último minuto do esforço, para uma quantidade bastante maior de medidas de VO₂ (feitas a cada ciclo respiratório). A variabilidade da primeira seria, teoricamente, bem menor do que a da segunda. Por outro lado, caso seja adotada a medida da FCM pela estratégia da FCMt, uma leitura do consumo de oxigênio médio no mesmo minuto permitiria que o pulso de oxigênio fosse determinado pela razão entre duas variáveis medidas nos mesmos intervalos amostrais.

Em outras palavras, talvez fosse interessante valer-se de técnicas de amostragem da medida que aproximassem os períodos de aquisição de dados, quando do estabelecimento de relações entre elas. Tanto a quantidade de dados comparados quanto a variabilidade intrínseca esperada para cada variável, tenderiam a ser mais coerentes no plano teórico. Assim, no caso do pulso de oxigênio, a FCMs poderia ser mais adequada a sistemas de aquisição mais lentos do VO₂, enquanto sistemas mais rápidos, como *breath-by-breath*, coadunariam-se mais com as informações obtidas pela FCMi. Estudos posteriores são necessários para determinar as eventuais vantagens de proceder essas correções nas medidas atualmente realizadas.

Finalmente, a eventual adoção do conceito de FCMi poderá ser útil para definir mais precisamente a localização temporal do esforço efetivamente máximo, contribuindo para uma delimitação precisa do início da fase de recuperação, com potenciais implicações desportivas e clínicas.

A partir dos resultados apresentados pode-se concluir que:

- a) Os valores de FCM obtidos pelas técnicas instantânea (FCMi) apresentam resultados cerca de 2% maiores do que aqueles obtidos pelo traçado contínuo (FCMtc) e pelo *software* Elite (FCMs), havendo todavia, um alto grau de associação entre as medidas feitas com três intervalos amostrais distintos durante TCPE em protocolo de rampa realizados em cicloergômetro de membros inferiores.
- b) Tendo em vista essa diferença, parece apropriada a necessidade de relatar de forma detalhada e objetiva a forma de mensuração (intervalos amostrais, resolução da leitura e algoritmo) da FCM.
- c) A utilização da FCMi permite identificar claramente o instante final da realização de um TCPE, o que pode representar uma vantagem metodológica em termos da quantificação da FC de recuperação.
- d) A utilização da FCMi pode ser vantajosa em situações de presença de artefatos ou arritmias cardí-

acas, especialmente quando se dispõe de um software que permita a listagem da duração dos intervalos RR e a concomitante inspeção técnica dos traçados eletrocardiográficos.

- e) Há ainda a possibilidade de normatização de intervalos de amostragem de medidas na obtenção de índices derivados nos quais a FC seja um dos componentes, que poderá ser facilmente corrigido a partir da escolha apropriada de uma das três técnicas de medida da FCM discutidas no estudo, ainda que a aplicabilidade prática desses ajustes pareça ser mínima, pelo menos para TCPE em adultos feitos com protocolos de rampa em cicloergômetro.

Estudos futuros são necessários para determinar eventuais vantagens e desvantagens da utilização cotidiana da FCMi, medida por software específico ou por monitores específicos de FC, para a prática desportiva e clínica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. DIAZ A, BOURASSA MG, GUERTIN MC, TARDIF JC. Long-term prognostic value of resting heart rate in patients with suspected or proven coronary artery disease. *Eur Heart J* 2005; 26:967-74.
2. JOUVEN X, EMPANA JP, SCHWARTZ PJ, DESNOS M, COURBON D, DUCIMETIERE P. Heart-rate profile during exercise as a predictor of sudden death. *N Engl J Med* 2005; 352:1951-8.
3. LAUER MS, FRANCIS GS, OKIN PM, PASHKOW FJ, SNADER CE, MARWICK TH. Impaired chronotropic response to exercise stress testing as a predictor of mortality. *JAMA* 1999; 281:524-9.
4. COLE CR, BLACKSTONE EH, PASHKOW FJ, SNADER CE, LAUER MS. Heart-rate recovery immediately after exercise as a predictor of mortality. *N Engl J Med* 1999; 341:1351-7.
5. RAXWAL V, SHETLER K, MORISE A, ET AL. Simple treadmill score to diagnose coronary disease. *Chest* 2001; 119:1933-40.
6. MYERS J, BUCHANAN N, WALSH D, ET AL. Comparison of the ramp versus standard exercise protocols. *J Am Coll Cardiol* 1991; 17:1334-42.
7. NAUGHTON J, PATTERSON J, FOX SM, 3RD. Exercise tests in patients with chronic disease. *J Chronic Dis* 1971; 24:519-22.
8. MYERS J, BELLIN D. Ramp exercise protocols for clinical and cardiopulmonary exercise testing. *Sports Med* 2000; 30:23-9.
9. BRUCE RA. Exercise testing of patients with coronary heart disease. Principles and normal standards for evaluation. *Ann Clin Res* 1971; 3:323-32.
10. ARAÚJO C, BASTOS M, PINTO N, CÂMARA R. A frequência cardíaca máxima em nove diferentes protocolos de teste máximo. *RBCE* 1980; 2:20-31.
11. MORAES RS, FERLIN EL, POLANCZYK CA, ET AL. Three-dimensional return map: a new tool for quantification of heart rate variability. *Auton Neurosci* 2000; 83:90-9.
12. Heart rate variability: standards of measurement, physiological interpretation and clinical use. Task Force of the European Society of Cardiology and the North

- American Society of Pacing and Electrophysiology. *Circulation* 1996; 93:1043-65.
13. ARAÚJO CG, NÓBREGA AC, CASTRO CL. Heart rate responses to deep breathing and 4-seconds of exercise before and after pharmacological blockade with atropine and propranolol. *Clin Auton Res* 1992; 2:35-40.
 14. WILLIAMSON JW, NÓBREGA AC, WINCHESTER PK, ZIM S, MITCHELL JH. Instantaneous heart rate increase with dynamic exercise: central command and muscle-heart reflex contributions. *J Appl Physiol* 1995; 78:1273-9.
 15. NÓBREGA AC, WILLIAMSON JW, FRIEDMAN DB, ARAÚJO CG, MITCHELL JH. Cardiovascular responses to active and passive cycling movements. *Med Sci Sports Exerc* 1994; 26:709-14.
 16. VOGEL CU, WOLPERT C, WEHLING M. How to measure heart rate? *Eur J Clin Pharmacol* 2004; 60:461-6.
 17. KIKUYA M, HOZAWA A, OHOKUBO T, ET AL. Prognostic significance of blood pressure and heart rate variabilities: the Ohasama study. *Hypertension* 2000; 36:901-6.
 18. LAUER MS, OKIN PM, LARSON MG, EVANS JC, LEVY D. Impaired heart rate response to graded exercise. Prognostic implications of chronotropic incompetence in the Framingham Heart Study. *Circulation* 1996; 93:1520-6.
 19. BUTTFIELD AC, BOLTON MP. Real time measurement of RR intervals using a digital signal processor. *J Med Eng Technol* 2005; 29:8-13.
 20. SINGH D, VINOD K, SAXENA SC. Sampling frequency of the RR interval time series for spectral analysis of heart rate variability. *J Med Eng Technol* 2004; 28:263-72.
 21. FRANKS BD, HUCK SW. Why does everyone use the 0,05 significance level? *Research Quarterly for Exercise and Sport* 1986; 57:245-249.
 22. WASSERMAN K, WHIPP BJ. Exercise physiology in health and disease. *Am Rev Respir Dis* 1975; 112:219-49.
 23. SERRA S. Considerações sobre a ergoespirometria. *Arq Bras Cardiol* 1997; 68:301-4.
 24. MYERS J, WALSH D, SULLIVAN M, FROELICHER V. Effect of sampling on variability and plateau in oxygen uptake. *J Appl Physiol* 1990; 68:404-10.

Endereço para correspondência: Dr. Claudio Gil S. Araújo

Clínica de Medicina do Exercício - CLINIMEX

(www.clinimex.com.br)

22031-070 - Rua Siqueira Campos, 93/101 - Rio de Janeiro - RJ

cgaraujo@iis.com.br