

Freqüência Cardíaca Máxima em Testes de Exercício em Esteira Rolante e em Cicloergômetro de Membros Inferiores

Maximal Heart Rate in Exercise Tests on Treadmill and in a Cycloergometer of Lower Limbs

Claudio Gil Soares de Araújo e Vivian Liane Mattos Pinto

Clínica de Medicina do Exercício - CLINIMEX e Universidade Gama Filho - Rio de Janeiro, RJ



Objetivo

Comparar, retrospectivamente, os valores de frequência cardíaca máxima (FCM) e o descenso da frequência cardíaca no primeiro minuto da recuperação (dFC), obtidos em teste de exercício (TE) realizados em dois ergômetros e momentos distintos.

Métodos

Sessenta indivíduos (29 a 80 anos de idade), submetidos a TE cardiopulmonar em ciclo de membros inferiores (CMI) em nosso laboratório e que possuíam TE prévio (até 36 meses) em esteira (EST) em outros laboratórios, nas condições idênticas de medicações de ação cronotrópica negativa.

Resultados

FCM foi semelhante no CMI: 156 ± 3 e EST: 154 ± 2 bpm ($p=0,125$), enquanto o dFC foi maior em CMI: 33 ± 2 , EST: 26 ± 3 bpm (média \pm erro padrão da média) ($p<0,001$). Nas variáveis hemodinâmicas estudadas, a pressão arterial sistólica e o duplo produto foram maiores no TE-CMI ($p<0,001$). O eletrocardiograma (ECG) foi semelhante nos dois TEs, exceto por arritmias supraventriculares mais frequentes no CMI.

Conclusão

a) É possível, com empenho do examinador e conhecimento prévio do resultado de FCM em um TE anterior, obter níveis altos de FCM em um TE-CMI; b) interromper o TE baseado em FCM prevista por equações tende a levar a esforços submáximos; c) o dFC difere nas recuperações ativa e passiva; d) novas formas de analisar o comportamento da FC no exercício, que não apenas o valor da FCM, são necessárias para caracterizar um TE como máximo.

Palavras-chave

freqüência cardíaca máxima, teste de exercício, ergômetro, freqüência cardíaca de recuperação

Objective

To compare, retrospectively, the values of maximum heart rate (MHR) and the decrease of the heart rate at the first minute of recovery, which were obtained in an exercise test (ET) performed in two different ergometers and at different moments.

Methods

Sixty individuals (from 29 to 80 years old), submitted to cardiopulmonary ET in a cycle of lower limbs (CLL) in our laboratory and who had previous ET (up to 36 months) in a treadmill (TRM) in other laboratories, under identical conditions of medications of negative chronotropic action.

Results

MHR was similar in CLL: 156 ± 3 and TRM: 154 ± 2 bpm ($p=0.125$), whereas dHR was higher in CLL: 33 ± 2 , EST: 26 ± 3 bpm (mean \pm standard error of the mean) ($p<0.001$). In hemodynamic variables studied, the systolic blood pressure and the double product were higher in the ET-CLL ($p<0.001$). The electrocardiogram (ECG) was similar in both ETs, except due to more frequent supraventricular arrhythmias in CLL.

Conclusion

a) With some diligence from the examiner and previous knowledge of MHR in a previous ET it is possible to obtain high levels of MHR in an ET-CLL; b) interrupting the MHR-based ET forecast through equations tends to lead to sub-maximum efforts; c) dHR differs in active and passive recoveries; d) new ways to analyze the HR behavior under exercise, which is not only the value of MHR, are necessary to characterize an ET as maximum.

Key words

maximal heart rate, exercise test, ergometer, heart rate recovery

A decisão de utilizar um teste de esforço máximo ou submáximo depende, em grande parte, das razões para a execução do teste, do tipo de indivíduo a ser testado e da disponibilidade de equipamento e de recursos humanos apropriados. Para um melhor resultado clínico, um teste de exercício (TE) deverá ser preferencialmente máximo, permitindo, assim, obter a maior quantidade de informações relevantes¹⁻³.

Existem diferentes protocolos e procedimentos para a realização de um TE⁴⁻⁷, contudo, há sempre uma dificuldade prática e real em se determinar quando um indivíduo efetivamente alcançou o seu máximo. Provavelmente, por sua facilidade de mensuração, a frequência cardíaca (FC) tem sido uma das variáveis clínicas mais frequentemente empregadas para caracterizar a obtenção de um esforço máximo no TE convencional (sem medida de gases expirados), a partir da comparação com valores máximos previstos em função da idade, quando é então denominada de FC máxima (FCM)⁸. A teoria estatística nos informa que pelo menos 50% dos indivíduos saudáveis deverão alcançar valores iguais ou superiores aos previstos por uma equação de regressão, tornando esse critério bastante limitado e, provavelmente, inválido em muitas das situações clínicas cotidianas.

Mais recentemente, estudos provenientes da Cleveland Clinic apontaram para um importante significado clínico prognóstico para a FCM^{9,10} e a para o descenso da FC no primeiro minuto de recuperação (dFC)¹¹, tornando ainda mais importante que o TE seja levado a níveis verdadeiramente máximos e não interrompidos precocemente em valores teoricamente previstos de FCM.

Ao longo dos últimos anos, o nosso grupo de pesquisa tem procurado discutir vários dos aspectos ligados a frequência cardíaca e exercício¹²⁻¹⁵. Teoricamente, pode-se esperar que TE realizados com protocolos distintos e em diferentes ergômetros possam mostrar resultados não coincidentes de FCM. Por exemplo, Araújo e cols.¹³, através da execução de nove diferentes protocolos de teste máximo, procuraram identificar qual deles proporcionaria a maior FCM, tendo encontrado que isso ocorria no TE em esteira rolante (EST) em protocolos de incrementos progressivos e de natureza contínua. Essa mesma temática foi também analisada por Myers e cols.⁵, que compararam não somente a FCM mas também as respostas hemodinâmicas e trocas gasosas entre diferentes ergômetros e distintos protocolos, a fim de estabelecer um protocolo que viesse a proporcionar melhor adequabilidade e acurácia das medidas.

Em relação a mensuração das variáveis fisiológicas e a utilização adequada do tipo de ergômetro, embora alguns estudos^{16,17} sugiram resultados semelhantes para a FCM e o consumo máximo de oxigênio na EST e no cicloergômetro de membros inferiores (CMI), a maioria dos trabalhos apontam valores maiores para essas variáveis na EST¹⁸⁻²¹.

Atualmente, na realidade prática dos laboratórios clínicos brasileiros de ergometria, percebe-se uma ampla preferência pela execução dos TEs máximos em EST em detrimento do CMI, sendo uma das razões alegadas a possibilidade de alcançar uma FCM mais elevada ao final do esforço. Considerando-se as diferenças hemodinâmicas e metabólicas associadas à realização de um exercício máximo em EST e em CMI, seja pela posição corporal ou pelos grupamentos musculares envolvidos, não seria de se estranhar a existência de diferenças favoráveis à EST na FCM. Contudo, é possível que outras razões, que não aquelas já apontadas, possam interferir nessa questão. Por exemplo, o conhecimento prévio do valor da FCM em um TE anterior e a motivação do examinador

em levar o indivíduo a um exercício relativamente máximo podem ser tão ou mais importantes do que o tipo de ergômetro no qual o TE é realizado.

Desta forma, nosso estudo procurou abordar essa questão de uma forma original, procurando verificar se um examinador experiente e motivado conseguiria obter uma FCM em um TE, realizado em CMI, que fosse pelo menos igual a de um TE relativamente recente, feito em EST em outro laboratório, cujo resultado era do seu conhecimento.

Métodos

Foram analisados retrospectivamente todos os TEs do nosso laboratório, realizados por um único médico, entre janeiro de 2002 e agosto de 2003. Para a definição da amostra os indivíduos deveriam ter: a) disponibilizado os resultados, laudos e traçados eletrocardiográficos de um TE máximo, sem interrupção precoce por critério clínico, em EST realizada nos últimos três anos (50% deles nos últimos 12 meses), b) realizado um teste cardiopulmonar de exercício máximo em CMI; c) serem adultos e se encontrarem em condições idênticas de uso de medicações de ação cronotrópica negativa por ocasião dos dois TE. Considerando esses critérios, foi possível selecionar dados de 60 indivíduos com idade entre 29 e 80 anos (56±10), sendo 43 homens. Na tabela 1, podemos verificar, de forma mais detalhada, 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 fatores de risco, muitos deles já com eventos coronarianos. Dentre os 60 indivíduos, 25% fazia uso regular de β -bloqueadores.

Após anamnese e exame clínico, os indivíduos foram submetidos a um teste cardiopulmonar de exercício, monitorizados por um eletrocardiograma digital com *software* específico (ErgoPC Elite versão 3.2.1.5, *Micromed*, Brasil), em protocolo individualizado de rampa, com uma duração média entre 8 a 12 minutos, possibilitando um aumento da carga de acordo com a condição do indivíduo, em um CMI de frenagem eletromagnética Ergociser EC 1600 (*Cateye*, Japão). Para a medida e análise dos gases expirados, foi utilizado um analisador metabólico VO_{2000} , (*MedGraphics*, Estados Unidos).

Todos os TEs em CMI foram realizados por um único e experiente examinador que conhecia previamente a FCM obtida no TE em EST. Além da FCM, foi também analisado o dFC, ou seja, a FCM subtraída da FC no primeiro minuto pós-esforço. As formas de recuperação do exercício máximo diferiam nos dois TEs, sendo na EST, feita através de uma recuperação ativa (caminhada em velocidades lentas entre 2,5 e 3,5 km/h sem inclinação), enquanto no TE em CMI, a medida foi realizada em recuperação passiva, na

Tabela 1 - Perfil da amostra baseado em sua condição clínica (n=60)

Condição clínica	n (%)
Indivíduos assintomáticos e sem fatores de risco*	13 (22)
Portadores de fatores de risco sem eventos coronarianos	21 (36)
Portadores de fatores de risco com eventos coronarianos**	26 (42)

*Foram considerados fatores de risco: obesidade, dislipidemia, diabetes melito e hipertensão arterial. **Eventos coronarianos: doença arterial coronariana, revascularização do miocárdio, infarto agudo do miocárdio.

posição supina, que era adotada rapidamente após o procedimento (em geral, 20 a 40 segundos após a interrupção do exercício).

Em adendo as medidas de FC, outras variáveis também foram analisadas e comparadas nos dois TEs. No aspecto hemodinâmico, foram considerados os valores das pressões arteriais sistólica (PAS) e diastólica (PAD) e do duplo produto - PAS multiplicado pela FC - (DP) atingidos no último minuto de exercício. Os traçados de eletrocardiograma (ECG) foram examinados para a identificação de presença ou ausência de alterações do segmento ST, sendo registrada a presença de infradesnivelamento do segmento ST inferior ou superior a 0,1 mV a 80 ms do ponto J e a ocorrência de arritmias cardíacas, as quais foram simplificarmente classificadas em supraventriculares, ventriculares ou mistas. Finalmente, foi ainda anotado o tempo total de exercício no TE. Antes da realização do TE em CMI, os indivíduos assinaram um termo de consentimento informado, no qual era especificamente autorizada a utilização dos dados para pesquisa. O protocolo de estudo foi aprovado institucionalmente.

Para a comparação entre os dados obtidos nos dois TEs distintos foram utilizados o teste-*t* emparelhado para as variáveis contínuas e o teste de qui-quadrado para as variáveis dicotômicas. A associação entre dados foi analisada através de regressão linear e de correlação, conforme apropriado. Posteriormente, a amostra foi subdividida em função da condição clínica em aparentemente saudáveis e em coronariopatas. Em todos os casos, adotou-se o limiar de 5% como nível de significância e o intervalo de confiança de 95%.

Resultados

Os TEs no CMI duraram entre 5 e 15 minutos, com uma mediana de 10 minutos, exatamente o tempo recomendado para protocolos de TE que objetivam alcançar o consumo máximo de oxigênio. Apesar de uma tendência para uma FCM ligeiramente mais alta no CMI, não houve diferenças significativas para a FCM obtida nos TE em EST e no CMI, respectivamente, 154±2 vs. 156±3 bpm (média±erro padrão) ($p=0,125$; IC95%=-5,48 a 1,45). Em 57% dos indivíduos, valores mais altos de FCM ocorreram no CMI. Conforme é mostrado na figura 1, foi observada uma boa associação entre a FCM medida nos dois TEs nos distintos ergômetros ($r=0,79$; $p<0,001$; IC95%=-4,25 a -1,11).

Ao analisarmos o dFC, o TE realizado em CMI demonstrou uma queda mais acentuada da FC no primeiro minuto do pós-esforço no CMI que na EST, respectivamente, 33±1,4 vs. 26±1,4 bpm ($p<0,001$; IC95%=-9,43 a -3,83), com uma associação significativa,

porém relativamente mais baixa entre as duas respostas ($r=0,48$; $p<0,01$; IC95%=-7,35 a -2,66) (figura 2). Ao mesmo tempo, a PAS também registrou níveis mais elevados no CMI -204±3 vs. 187±4 mmHg ($p<0,001$; IC95% =-24,2 a -9,69), enquanto a PAD apresentou comportamento similar no último minuto de exercício nos dois TEs. Partindo de valores maiores de FC e, significativamente, mais elevados de PAS, é natural que os valores de DP máximos fossem também, significativamente, mais altos no CMI -31496±809, vs. 28814±753 bpm.mmHg ($p=0,001$; IC95%=-4252 a -1112), conforme pode ser observado na tabela II. O tempo de duração efetivo do exercício até que o máximo fosse alcançado foi bastante semelhante nos dois TEs - CMI: 9,9±0,3 vs EST: 9,8±0,4 min ($p=0,087$; IC95%=-0,76 a 0,65).

A análise estratificada por condição clínica mostrou, com exceção da PAD, uma tendência a valores mais altos nas variáveis hemodinâmicas para os indivíduos assintomáticos. De interessante há uma tendência a uma maior diferença a favor da CMI na FCM em indivíduos assintomáticos (EST: 163±4 vs. CMI: 169±4 bpm, $p=0,348$) que naqueles portadores de sinais de doença cardiovascular (EST: 152±3 vs CMI: 154±7, $p=0,737$). Fenômeno semelhante ocorreu em relação ao dFC, com os indivíduos assintomáticos mostrando maior similaridade entre os dois ergômetros (EST: 26±3 vs. CMI: 33±2, $p=0,085$; IC95%=-14,62 a 1,079), enquanto para os coronariopatas a velocidade de descenso da FC no pós-esforço era bem maior no CMI que na EST (EST: 26±1 vs. CMI: 33±2 bpm, $p=0,001$; IC95%=-10,49 a 2,69).

Em relação ao ECG de exercício, 33% dos indivíduos não apresentaram alterações de segmento ST (mesmo mínimas, i.e., ascendente rápido com 0,5 a 1 mm a 80 ms da origem) ou quaisquer arritmias cardíacas nos dois TEs. Contudo, analisando separadamente por procedimento, no CMI e na EST, exatamente 50% dos indivíduos não mostrava alterações de ECG. Sendo assim, tínhamos indivíduos que mostravam alterações em apenas um dos procedimentos. Havia uma tendência para que as alterações do segmento ST fossem mais frequentes nos TEs em EST ($p=0,066$), enquanto que as arritmias cardíacas foram mais comumente encontradas nos TEs em CMI ($p=0,003$), notadamente as supraventriculares (18 vs. 3 casos).

Discussão

Inicialmente vamos discutir algumas características específicas e potenciais limitações do presente estudo. Diferente dos outros estudos da literatura, os dois TEs não foram realizados em ordem randômica

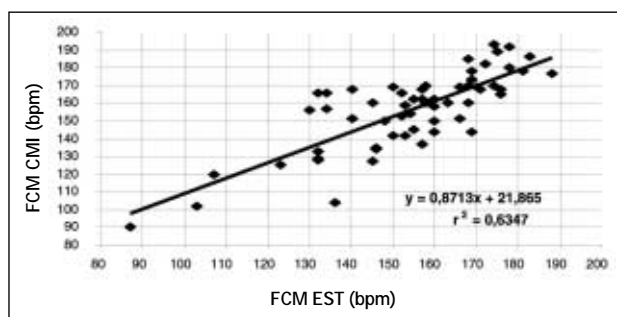


Fig. 1 - Frequência cardíaca máxima (FCM) em testes de exercício realizados em esteira rolante (EST) e em cicloergômetro de membros inferiores (CMI) (n=60).

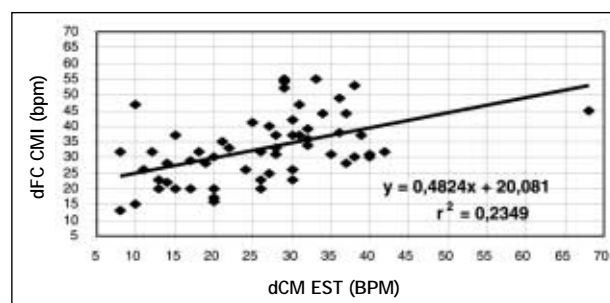


Fig. 2 - Descenso da frequência cardíaca no primeiro minuto da recuperação (dFC) em testes de exercício realizados em esteira rolante (EST) e cicloergômetro de membros inferiores (CMI) (n=60).



Tabela II - Variáveis hemodinâmicas no teste de exercício máximo em cicloergômetro (CMI) e esteira rolante (EST) (n=60)					
	FCM (bpm)	dFC (bpm)	PAS (mmHg)	PAD (mmHg)	DP (bpm. mmHg)
CMI	156±3* (90-193)	33±1,4 (13-55)	204±3 (150-282)	83±1 (66-118)	31496±809 (17100-54426)
EST	154±2 (87-188)	26±1,4 (8-68)	187±4 (140-260)	82±2 (60-140)	28815±753 (16.050-40.320)
	p=0,125	p=0,001	p=0,0001	p=0,349	p=0,001
	IC95%=-5,48 a 1,45	IC95%=-9,43 a -3,83	IC95%=-24,2 a -9,69	IC95%=-5,04 a 1,93	IC95%=-4251 a -1112

*Valores representam a média ± erro padrão da média (mínimo-máximo); FCM - frequência cardíaca máxima; dFC - descenso da frequência cardíaca no primeiro minuto da recuperação; PAS - pressão arterial sistólica; PAD - pressão arterial diastólica; DP - duplo produto; IC95% - intervalo de confiança a 95%.

e com um intervalo mínimo de tempo, como por exemplo, dois ou três dias. Em adendo, os TEs em EST foram realizados em vários laboratórios e por muitos examinadores distintos, enquanto os TEs no CMI foram realizados por um único e experiente examinador, o qual conhecia previamente a FCM obtida no TE em EST, o que de certa forma, pode ter facilitado a obtenção de uma FCM mais alta em alguns casos do TE em CMI. É ainda possível que a obtenção de medidas de gases expirados durante todos os TEs em CMI e em apenas cerca de 10% dos TEs em EST possa ter influenciado na obtenção de um teste verdadeiramente máximo, seja por um lado pelas dificuldades adicionais provocadas pelo bucal e, por outro lado, pela leitura das variáveis e índices ventilatórios que favorecem a identificação de um esforço realmente máximo. Postas essas considerações, ficam limitadas algumas das comparações efetuadas, notadamente as de ECG. No entanto, cabe ressaltar que este estudo envolveu uma análise retrospectiva de dados, não havendo intenção de forma alguma em contribuir ou influenciar os resultados obtidos. É uma situação comum na prática médica, quando o examinador recebe um indivíduo para submeter-se a um TE que já lhe traz os resultados de exames semelhantes, anteriormente realizados naquele ou em outro laboratório.

Em teoria, pode-se pensar que o CMI apresenta-se como uma habilidade motora que nem todos os indivíduos possuem e que, por se restringir a uma massa muscular limitada, teria uma tendência a ser interrompido precocemente com grande componente de fadiga periférica, sem que o máximo de desempenho cardiovascular fosse alcançado^{13,22}, levando-nos a concluir que o indivíduo finalizaria o TE-CMI mais precocemente que o TE-EST, apresentando, assim, menores valores para FCM. Porém, apesar de todas essas dificuldades apresentadas e ao contrário do que seria de se esperar teoricamente, os indivíduos do nosso estudo alcançaram uma FCM no CMI semelhante e até ligeiramente, porém sem significado estatístico, superiores às obtidas na EST. Na prática, foi mais comum obter valores maiores no TE-CMI – 57% vs 43% – que no TE-EST.

Poderíamos especular também sobre a condição clínica dos indivíduos não serem semelhantes, após um a três anos do TE-EST, quando foi realizado o TE-CMI. No entanto, analisando de forma lógica, alguns fatores que poderiam influenciar nos resultados, como valor previsto de FCM e a presença ou progressão de DAC, na verdade direcionam-se no sentido oposto, ou seja, prejudicando o resultado do TE-CMI realizado em nosso laboratório, já que a FCM decresce linearmente com a idade²³, entre 5 a 10 batimentos para cada década^{24,25}. Além disso, indivíduos com o diagnóstico de DAC tendem a apresentar um quadro progressivo da doença ou, analisando de forma mais positiva, uma estabilização do quadro clínico, contribuindo para um TE em CMI com valores inferiores aos obtidos em TE na EST, o que não foi encontrado em nossos resultados.

Nosso estudo não controlou de forma sistemática o nível de

treinamento aeróbico, muito embora saibamos que nenhum dos indivíduos testados em nosso laboratório participava de programas de exercício supervisionado. Porém, isso não parece ser relevante, a partir do fato que a FCM parece não variar apreciavelmente com o nível do treinamento físico^{17,26,27}.

Em nossos resultados, constatamos valores semelhantes para FCM para os dois TEs realizados em ergômetros distintos, o que não deveria ocorrer em condições fisiológicas preconizadas para um TE máximo, onde valores mais altos deveriam ter sido encontrados para EST. Quando analisamos os resultados em função da condição clínica, pudemos observar que os coronariopatas apresentaram menores valores para FCM em ambos ergômetros, o que provavelmente se deve tanto a utilização regular de medicações de ação cronotrópica negativa, como também a presença de doenças cardiovasculares, as quais tenderiam a comprometer a resposta cronotrópica ao exercício, o que tem mostrado acarretar um maior risco de mortalidade^{9,28,29}.

Em relação ao descenso da FC no início da recuperação, pudemos observar uma maior velocidade no TE em CMI. Contudo, isso muito provavelmente ocorreu pelo fato da recuperação no CMI ser realizada de modo passivo e na posição supina e não de forma ativa, na posição ortostática, como tipicamente observada nos TEs realizados em EST. Recentemente, Gaibazzi e cols.³⁰ observaram uma queda mais rápida da FC no 1º minuto da recuperação em indivíduos testados em CMI e com forma similar de recuperação no pós-esforço, sugerindo que possa haver uma diferença verdadeira entre os TEs realizados nos dois tipos de ergômetros. Certamente, essa questão merece estudos posteriores com metodologia cuidadosamente controlada para seu maior esclarecimento.

Outro ponto a ser ressaltado foi a presença de maiores níveis de PAS no CMI. Uma possibilidade teórica interessante é que a diferença nos valores seja devida apenas a uma maior facilidade, função da maior estabilidade da posição do braço do avaliado e do menor ruído do ergômetro, e de uma maior precisão de leitura (de 2 em 2 mmHg) durante o TE em CMI, quando comparado a EST e não a uma diferença real. Não obstante, o achado de níveis sistólicos mais elevados no esforço em CMI é suportado pelos dados de Wicks e cols.¹⁹ e de Niederberger e cols.³¹. A maior elevação da PAS contribuiu de forma expressiva para que os valores do DP fossem significativamente maiores no CMI, principalmente para os indivíduos assintomáticos, quando comparados aos coronariopatas. Já para a PAD, os resultados encontrados não diferiram entre os ergômetros e nem entre os subgrupos por condição clínica.

A interpretação dos resultados de ECG deve ser abordada com cautela. Na realidade, há possibilidades reais de que a condição clínica dos pacientes não fosse exatamente a mesma nos dois TEs, em função do período de tempo decorrido entre eles e a não

randomização da seqüência dos TEs. Não obstante essa ressalva, parece peculiar que uma tendência a maiores alterações de ST tenha ocorrido no TE em EST e que as arritmias fossem mais freqüentes no TE em CMI realizado meses ou até alguns anos mais tarde. Ao nosso ver, considerando o nível excelente de condição socioeconômica e de acompanhamento clínico dos nossos indivíduos, é possível que a condição clínica deles e, mais especificamente, a condição cardiovascular tivessem sido otimizadas após eventuais alterações observadas no TE-EST, o que resultaria em menos isquemia miocárdica eletrocardiograficamente identificada no TE feito posteriormente em CMI. Já no que se refere às arritmias cardíacas, existem, ao nosso ver, duas explicações plausíveis. A primeira delas refere-se ao fato de que o tônus vagal cardíaco tende a diminuir com a idade³² e, portanto, a incidência de arritmias tende a aumentar com o passar dos anos. A segunda possibilidade é que os examinadores dos outros laboratórios não tenham relatado ou valorizado nos seus laudos nem tenham registrado extrasístoles supraventriculares isoladas e em baixa freqüência ao longo do TE. Como é rotina do nosso laboratório salvar digitalmente todos os traçados de ritmo dos TEs, talvez tenhamos uma maior possibilidade de identificar essas arritmias. Não obstante esses comentários, observamos três casos de taquicardia supraventricular, duas de curta duração e uma sustentada por 65 segundos, nos TEs em CMI, em indivíduos que não possuíam esse padrão de arritmias ao exercício (dois deles possuíam raras e isoladas extrasístoles supraventriculares e o outro não apresentara qualquer arritmia no TE anterior em EST). De modo geral, há controvérsias na literatura sobre esse tema¹⁹⁻²¹ que deverão ser contempladas em estudos futuros, já que o nosso estudo, pelo seu delineamento, não permite responder.

Finalmente, cabe tentar explicar a razão pela qual obtivemos uma FCM relativamente tão alta no TE em CMI nos indivíduos estudados em nosso laboratório. Talvez a explicação mais plausível seja a motivação do examinador em obter um TE verdadeiramente máximo, utilizando a FCM obtida anteriormente em um TE em EST como um referencial a ser ultrapassado e sem considerar

eventuais valores previstos por equações para a FCM, como critério para interrupção. Na prática, 30% dos nossos indivíduos (40% dos que não faziam uso de β -bloqueadores) excederam o valor de FCM previsto pela equação mais comumente utilizada de 220 – idade no TE em CMI. É possível que outros laboratórios e examinadores não possuam o mesmo empenho e motivação, levando a TE eventualmente interrompidos em níveis submáximos. Fica, nesse momento, sem resposta uma questão provavelmente relevante, será que os nossos indivíduos, com o mesmo examinador, teriam alcançado valores mais altos de FCM no TE-EST? Em adendo, pode-se considerar a possibilidade de que os pacientes tenham se sentido mais seguros para alcançar o seu máximo verdadeiro, em um TE no qual eles possuíam controle absoluto sobre o momento de término, já que no CMI precisariam apenas parar de pedalar, enquanto na EST, eles provavelmente se sentiriam na dependência do médico finalizar o exame e diminuir a velocidade. Finalmente, nossos dados sugerem que outras formas de análise do comportamento da FC durante o exercício, que não apenas a FCM obtida, devem ser pesquisadas, visando à aplicação clínica de caracterização de um exercício físico ou TE como máximo.

Considerando os resultados obtidos, pode-se sugerir que: parece ser útil o conhecimento prévio da FCM obtida em um TE anterior para balizar a FCM a ser alcançada em um novo TE; não se deve utilizar a FCM prevista por equações de regressão como critério para caracterizar um TE como verdadeiramente máximo; com o devido empenho do examinador, pode se alcançar valores de FCM adequados em TE realizados em CMI; o comportamento do dFC não é diretamente comparável quando os TE são realizados em CMI e EST com formas distintas de postura (em pé versus deitado) e de estado (exercício leve versus repouso); valores de PAS e, conseqüentemente, de DP, parecem ser maiores em TEs realizados no CMI; podem existir diferenças no comportamento do segmento ST e na ocorrência de arritmias, notadamente supraventriculares, quando são comparados resultados de TEs obtidos em CMI e EST.

Referências

- Elhendy A, Mahoney DW, Khandheria BK et al. Prognostic significance of impairment of heart rate response to exercise: impact of left ventricular function and myocardial ischemia. *J Am Coll Cardiol* 2003; 42: 823-30.
- Vacanti LJ, Sespedes LB, Sarpi MO. O teste ergométrico é útil, seguro e eficaz, mesmo em indivíduos muito idosos, com 75 anos ou mais. *Arq Bras Cardiol* 2004; 82: 147-50.
- Guimarães JI, Stein R, Vilasboas F et al. Normatização de Técnicas e Equipamentos para a Realização de Exames em Ergometria e Ergoespirometria. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia* 2003; 80: 458-64.
- Naughton J, Patterson J, Fox SM, 3rd. Exercise tests in patients with chronic disease. *J Chronic Dis* 1971; 24: 519-22.
- Myers J, Buchanan N, Walsh D et al. Comparison of the ramp versus standard exercise protocols. *J Am Coll Cardiol* 1991; 17: 1334-42.
- Myers J, Bellin D. Ramp exercise protocols for clinical and cardiopulmonary exercise testing. *Sports Med* 2000; 30: 23-9.
- Bruce RA. Exercise testing of patients with coronary heart disease. Principles and normal standards for evaluation. *Ann Clin Res* 1971; 3: 323-32.
- Kindermann M, Schwaab B, Finkler N et al. Defining the optimum upper heart rate limit during exercise: a study in pacemaker patients with heart failure. *Eur Heart J* 2002; 23: 1301-8.
- Lauer MS, Francis GS, Okin PM et al. Impaired chronotropic response to exercise stress testing as a predictor of mortality. *Jama* 1999; 281: 524-9.
- Lauer MS, Okin PM, Larson MG et al. Impaired heart rate response to graded exercise. Prognostic implications of chronotropic incompetence in the Framingham Heart Study. *Circulation* 1996; 93: 1520-6.
- Cole CR, Blackstone EH, Pashkow FJ et al. Heart-rate recovery immediately after exercise as a predictor of mortality. *N Engl J Med* 1999; 341: 1351-7.
- Araújo CGS. Fast "on" and "off" heart rate transients at different bicycle exercise levels. *Int J Sports Med* 1985; 6: 68-73.
- Araújo CGS, Bastos MAPM, Pinto NLS et al. A frequência cardíaca máxima em nove diferentes protocolos de teste máximo. *Rev Bras Ciên Esporte* 1980; 2: 20-31.
- Almeida MB, Araújo CGS. Efeitos do treinamento aeróbico sobre a frequência cardíaca. *Rev Bras Med Esporte* 2003; 9: 104-12.
- Araújo CGS. Respostas cardiorrespiratórias a um exercício submáximo prolongado. *Arq Bras Cardiol* 1983; 41: 37-45.
- Nagle F, Balke B, Baptista G et al. Compatibility of progressive treadmill, bicycle and step tests based on oxygen uptake responses. *Med Sci Sports Exerc* 1971; 3: 149-54.
- Hermansen L, Saltin B. Oxygen uptake during maximal treadmill and bicycle exercise. *J Appl Physiol* 1969; 26: 31-7.
- LeMura LM, von Duvillard SP, Cohen SL et al. Treadmill and cycle ergometry testing in 5- to 6-year-old children. *Eur J Appl Physiol* 2001; 85: 472-8.
- Wicks JR, Sutton JR, Oldridge NB et al. Comparison of the electrocardiographic changes induced by maximum exercise testing with treadmill and cycle ergometer. *Circulation* 1978; 57: 1066-70.
- Williams KA, Taillon LA, Carter JE, Jr. Asymptomatic and electrically silent myocardial ischemia during upright leg cycle ergometry and treadmill exercise (clandestine myocardial ischemia). *Am J Cardiol* 1993; 72: 1114-20.
- Hambrech RP, Schuler GC, Muth T et al. Greater diagnostic sensitivity of treadmill versus cycle exercise testing of asymptomatic men with coronary artery disease. *Am J Cardiol* 1992; 70: 141-6.

- 22 Araújo CGS. Teste de exercício: terminologia e algumas considerações sobre passado, presente e futuro baseadas em evidências. *Rev Bras Med Esporte* 2000; 6: 77-84.
- 23 Lester M, Sheffield LT, Trammell P et al. The effect of age and athletic training on the maximal heart rate during muscular exercise. *Am Heart J* 1968; 76: 370-6.
- 24 Davies CT. Limitations to the prediction of maximum oxygen intake from cardiac frequency measurements. *J Appl Physiol* 1968; 24: 700-6.
- 25 Tanaka H, Monahan KD, Seals DR. Age-predicted maximal heart rate revisited. *J Am Coll Cardiol* 2001; 37: 153-6.
- 26 Ekblom B, Astrand PO, Saltin B et al. Effect of training on circulatory response to exercise. *J Appl Physiol* 1968; 24: 518-28.
- 27 Patton JF, Vogel JA. Cross-sectional and longitudinal evaluations of an endurance training program. *Med Sci Sports* 1977; 9: 100-3.
- 28 Gauri AJ, Raxwal VK, Roux L et al. Effects of chronotropic incompetence and beta-blocker use on the exercise treadmill test in men. *Am Heart J* 2001; 142: 136-41.
- 29 Dresing TJ, Blackstone EH, Pashkow FJ et al. Usefulness of impaired chronotropic response to exercise as a predictor of mortality, independent of the severity of coronary artery disease. *Am J Cardiol* 2000; 86: 602-9.
- 30 Gaibazzi N, Petrucci N, Ziacchi V. One-minute heart rate recovery after cycloergometer exercise testing as a predictor of mortality in a large cohort of exercise test candidates: substantial differences with the treadmill-derived parameter. *Ital Heart J* 2004; 5: 183-8.
- 31 Niederberger M, Bruce RA, Kusumi F et al. Disparities in ventilatory and circulatory responses to bicycle and treadmill exercise. *Br Heart J* 1974; 36: 377-82.
- 32 Araújo CGS, Nóbrega ACL, Castro CLB. Vagal activity: effect of age, sex and physical activity pattern. *Braz J Med Biol Res* 1989; 22: 909-11.