

**Artigo de revisão**Marcos Bezerra de Almeida ¹**FREQUÊNCIA CARDÍACA E EXERCÍCIO: UMA INTERPRETAÇÃO BASEADA EM EVIDÊNCIAS****HEART RATE AND EXERCISE: AN EVIDENCE BASED INTERPRETATION****Resumo**

Nosso objetivo foi apresentar e discutir a resposta da frequência cardíaca (FC) de modo a favorecer sua interpretação clínica, epidemiológica e para a prescrição do exercício. Em repouso, a FC é um indicador da condição autonômica do indivíduo, e que apesar de ser influenciada pela potência aeróbia máxima, não deve ser utilizada para sua determinação. A FC pode aumentar bastante em apenas poucos segundos de exercício em decorrência do reflexo de inibição vagal. Este tipo de situação é comum em esportes cujos movimentos podem ser súbitos e de curta duração, como o judô e o tênis, sendo possível utilizar esta informação para detecção de talentos esportivos. Durante o exercício prolongado, a FC tende a acompanhar o nível de intensidade do esforço, principalmente em exercícios de característica contínua. A FC máxima determinada por equações apresenta erros de estimativa expressivos e deve ser utilizada com certa parcimônia. Valores mais altos de FC máxima sugerem um prognóstico mais favorável em termos de risco de mortalidade. Uma rápida recuperação da FC pós-exercício, apesar de denotar baixo risco cardiovascular, não representa obrigatoriamente boa condição aeróbia. As evidências também sugerem que exercícios de fortalecimento muscular propiciam menor solicitação cardiovascular que os de característica predominantemente aeróbia. Concluindo, a utilização da FC como ferramenta diagnóstica, prognóstica ou mesmo para a prescrição do exercício deve ser baseada em evidências científicas, de modo a diminuir os riscos e equívocos de sua interpretação e, por outro lado, potencializar sua aplicação.

Palavras-chave: Frequência cardíaca; Exercício; Atividade Física.

Abstract

Our objective was to present and discuss the behavior of heart rate (HR) in such a manner as to facilitate clinical and epidemiological interpretation, and its use for prescribing exercise. At rest, HR can be considered a marker of subjects' autonomic condition, but despite being affected by maximal aerobic power, neither should not be used for estimating the other. It is possible for HR to increase rapidly within just few seconds of exercise as a result of the vagal inhibition reflex. This kind of situation is quite common in sports in which movements may be short and sudden, such as judo and tennis, and this information could be used for detecting sports talent. During prolonged exercise, HR tends to follow the level of intensity of effort, especially in continuous exercise. Maximum HR determined by equations exhibits significant estimation errors and should be used with caution. Higher values suggest a better prognosis in terms of risk of mortality. Fast recovery of baseline HR after exercise, while indicating low cardiovascular risk, does not necessarily denote good aerobic fitness. Evidence also suggests that resistance exercises evoke a lower cardiovascular response than endurance exercises. In conclusion, the utilization of HR for the purposes of diagnosis, prognosis or exercise prescription should be evidence based, in order to diminish the risk of interpretation errors, and also to increase applicability.

Key words: Heart rate; Exercise; Physical activity.

¹ Departamento de Educação Física da Universidade Federal de Sergipe – DEF/UFS

INTRODUÇÃO

Toda forma de movimento corporal produz modificações no organismo. Estas modificações podem apresentar caráter temporário ou duradouro, ou seja, os assim chamados efeitos agudos ou crônicos do exercício físico, respectivamente¹. Não importa o tipo de exercício, se de fortalecimento muscular, flexibilidade, agilidade ou aeróbio, o organismo sempre responde fisiologicamente ao estímulo.

A prescrição do exercício físico tem sido relacionada a diversos objetivos, tais como, estética corporal, rendimento esportivo, qualificação profissional (para militares, por exemplo), aptidão física geral, redução dos riscos de morbimortalidade e ainda para a reabilitação física e metabólica. Neste sentido, a frequência cardíaca (FC) tem sido utilizada como uma das principais variáveis fisiológicas relacionadas à prescrição e controle do exercício físico. Suas respostas e adaptações são objeto de investigação científica, da mais simples à mais sofisticada, sendo inclusive apontada, como a mais destacada informação extraída de um teste de exercício cardiopulmonar máximo².

O conhecimento da resposta da FC nas diversas situações de exercício torna-se essencial para a correta prescrição e posterior controle das cargas de treinamento aeróbio, assim como a identificação dos métodos e modelos de treinamento de força que resultam em menor sobrecarga cardíaca. Devemos observar a FC na condição de repouso e no transiente inicial do exercício. Da mesma forma, a compreensão dos resultados de um teste de exercício máximo quanto às respostas cronotrópicas tanto ao longo da duração do teste como nos instantes após sua realização, oferecem subsídios para a orientação do aluno/atleta/paciente para a prática dos exercícios de forma segura e eficiente.

Sendo assim, esta revisão tem por finalidade apresentar e discutir a resposta da FC nas situações de repouso e de exercício, de modo a favorecer sua interpretação clínica, epidemiológica e prescrição do exercício.

Mecanismos de Controle da FC

Basicamente, a FC é modulada por uma ação conjunta, embora independente, dos ramos simpático e parassimpático do sistema nervoso autônomo³. Didaticamente, podemos fazer uma alusão deste controle da seguinte forma: imagine um automóvel descendo uma ladeira. O pedal do freio representa o ramo parassimpático (vagal), enquanto o acelerador representa o ramo simpático e a velocidade do automóvel é a FC. A principal ação do ramo parassimpático ao descer a ladeira é frear o carro, ou seja, em repouso, temos predominância vagal. Entretanto, para aumentar a velocidade do carro, não precisamos acelerar de imediato. Basta tirar o pé do freio ou ao menos, diminuir sua intensidade que o carro ganhará velocidade. Voltando à fisiologia, ao inibir parcial ou completamente a atividade vagal cardíaca, ocorre uma aceleração da

FC. Somente após alguns segundos a participação adrenérgica aumentará, se necessário for⁴.

A cascata de eventos que caracterizam o controle autônomo da FC é sumariada na figura 1. Aparentemente, as etapas são as mesmas para o simpático e o parassimpático. O que difere é o tipo de hormônio neurotransmissor secretado (acetilcolina ou noradrenalina), seus correspondentes tipos de receptores (muscarínicos ou alfa e beta-adrenérgicos) e o tipo de proteína-G (G_i , inibitória ou G_s , excitatória), ou seja, as etapas iniciais possuem diferenças que determinam a aceleração ou lentificação da FC na etapa final⁵. Como ambas as estimulações acontecem ao mesmo tempo, o valor da FC não pode ser fixo, sendo modulada segundo a teoria do caos⁶. Esta constante oscilação é conhecida como variabilidade da FC, outra variável fisiológica de destacada importância clínica⁷.

A variabilidade da FC é mais evidente no repouso do que no exercício, e sua mensuração já foi discutida em outras oportunidades⁸. De uma forma geral, admite-se que a variabilidade da FC seja um marcador da atividade autônoma, ou seja, quanto maior a oscilação da FC em repouso, maior a participação vagal.

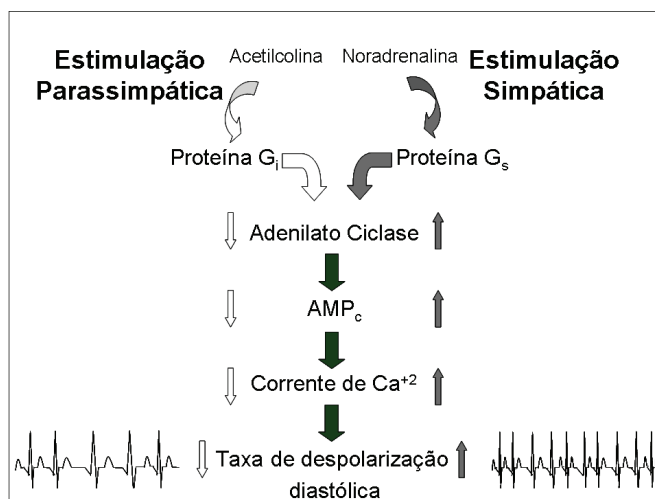


Figura 1. Cascata de eventos do controle autônomo da frequência cardíaca.

Para compreender melhor as nuances da FC, vamos observar este fenômeno fisiológico a partir de cinco momentos distintos: repouso, transiente inicial (repouso-exercício), exercício prolongado, exercício progressivo e transiente final (exercício-repouso), além das respostas encontradas durante o exercício de fortalecimento muscular.

FC no Repouso

Conforme já citado, a FC em repouso recebe maior influência colinérgica, desacelerando o ritmo cardíaco. No entanto, uma das questões mais urgentes que enfrentamos é aparentemente a mais simples de todas: qual o procedimento apropriado para a mensuração da FC de repouso? Esta foi uma lacuna científica observada por Vogel et al.⁹, que constataram, após uma interessante revisão sistemática, a baixa

qualidade da informação reportada nos estudos acerca desta variável. Os critérios adotados por Vogel et al.⁹ foram relacionados ao período de repouso do indivíduo previamente à mensuração, a postura corporal do indivíduo (em pé, sentado ou em decúbito), condições climáticas (temperatura, pressão, estímulos visuais e auditivos), o método de aferição (palpação digital, frequencímetro ou ECG) e os procedimentos para a análise dos dados. Entre os 56 artigos que atenderam aos critérios de inclusão no estudo, menos de 50% dos artigos reportavam qual a postura adotada durante a medida, um pouco mais de 25% indicavam o período de tempo de repouso antes da mensuração e algo em torno de 60% relatavam os métodos ou recursos de registro da FC. Os autores concluem algo que chama bastante a nossa atenção: apesar da importância desta informação para fins terapêuticos, diagnósticos e prognósticos, não há, até o momento, uma medida padronizada da FC em repouso.

Isto é um sinal no mínimo curioso, haja vista que uma grande parte da população faz uso desta informação, desde leigos até profissionais de saúde. Partindo do pressuposto que as formas de mensuração da FC de repouso diferem amplamente entre os estudos, não seria surpresa também verificar-se diferentes interpretações para seus resultados. Mas afinal, qual o significado clínico da FC de repouso?

As evidências indicam que a FC de repouso tende a refletir condição de saúde¹⁰, pois indivíduos cuja FC de repouso é baixa têm um prognóstico mais favorável em termos de risco de mortalidade. Entretanto, existe uma baixa associação com a condição aeróbia¹¹. Especula-se que a razão para valores menores em repouso seja em função de uma maior atividade vagal cardíaca neste período. Esta é uma característica dos atletas de endurance, inclusive¹². O que não é claro, todavia, é se os atletas sofreram adaptações no sistema nervoso autônomo parassimpático em decorrência do treinamento ou se esta já era uma condição prévia⁸. Vale ressaltar ainda que, nestes atletas, podem ocorrer adaptações intrínsecas do coração acerca dos mecanismos de relaxamento miocárdico e da transmissão da onda de despolarização¹³, que por sua vez, nada teriam a ver com a atividade vagal aumentada. É possível ainda que alguns atletas de endurance que apresentem hiperatividade vagal tenham sido diagnosticados com asma¹⁴, especialmente nadadores, o que seria explicado, ao menos em parte, pela predominância exacerbada da estimulação colinérgica.

Assim, apesar da redução da FC de repouso ser uma adaptação comumente detectada após um período de algumas semanas ou meses de treinamento aeróbio, seria equivocado comparar indivíduos para determinar quem teria melhor condição aeróbia, levando-se em consideração a FC de repouso. Este tipo de comparação só tem lugar quando da evolução de um mesmo indivíduo.

Em indivíduos com comprometimento da função cardiovascular, como hipertensos e coronariopatas, por exemplo, uma FC de repouso diminuída pode

representar maior perfusão coronariana. A irrigação do músculo cardíaco ocorre primariamente durante a diástole, pois a localização epicárdica das artérias coronárias faz com que elas sejam ocluídas durante a sístole. Sendo assim, um ritmo cardíaco mais lento gera um período de tempo diastólico mais longo e, por conseguinte, favorece a perfusão coronariana. Isto explica, em parte, a utilização de medicamentos de ação cronotrópica negativa por estes pacientes.

Um outro aspecto igualmente importante é a variabilidade da FC, brevemente comentada anteriormente. A variabilidade da FC, ou seja, a constante modulação da FC em decorrência da concomitante estimulação autonômica simpática e parassimpática, determina a preservação ou comprometimento do sistema nervoso autônomo cardíaco e tem extrema associação com risco de mortalidade¹⁵⁻¹⁷. Considera-se a atividade vagal cardíaca como um potente e independente indicador prognóstico em indivíduos com ou sem doença cardiovascular¹⁸. Desta forma, podemos concluir que a cardioproteção vagal é um dos fatores a ser identificado durante a avaliação clínica de um paciente, já que a disfunção autonômica pode contribuir para identificar pessoas com alto risco de morte súbita¹⁹.

FC no Transiente Inicial do Exercício

Na transição do repouso para o exercício, ou de modo mais amplo, de uma posição estática para uma situação de movimento corporal qualquer, a demanda de sangue para os tecidos musculares aumenta. Em algumas ocasiões esportivas, movimentos bruscos e de curta duração podem ser observados. Esportes como judô, vôlei de praia e tênis, entre outros, se enquadram neste quesito. As tomadas de decisão durante a competição exigem rápida velocidade de reação e o aumento do aporte sanguíneo faz-se necessário. Deste modo, a identificação da capacidade do organismo de prover, em poucos segundos, sangue com nutrientes para os músculos pode até mesmo contribuir para a seleção de talentos esportivos. Esta idéia é reforçada pelo fato de ainda não estar claro se este tipo de resposta cardiovascular pode ser treinada ou não⁸.

Esta aceleração da FC provocada pela inibição vagal, parece ser mediada por dois distintos mecanismos, sendo um de comando central e outro periférico. Os centros motores superiores enviam impulsos descendentes para a área cardiovascular do cérebro, retransmitidos ao nodo sinusal via sistema nervoso autônomo. O comando periférico direciona os impulsos ascendentes à área cardiovascular a partir dos receptores do tipo III (mecanorreceptores) e IV (metabolorreceptores). Os mecanorreceptores estão localizados nas articulações e são acionados ao detectar movimento articular. Os metabolorreceptores são localizados nos músculos e reagem ao menor sinal de aumento da atividade metabólica. Estes proprioceptores parecem agir de forma mais rápida que o mecanismo de comando central²⁰.

Nóbrega et al.²¹ elaboraram um estudo bastante elegante neste sentido. Dois indivíduos posicionavam-

se ao mesmo tempo em uma bicicleta de selim duplo, mas apenas o indivíduo da posição posterior pedalava de forma ativa. O indivíduo do selim anterior tinha os pés fixos aos pedais, mas não exercia força muscular durante o movimento. Independentemente de ter ocorrido solicitação muscular ou não, a taxa de incremento da FC foi similar nas duas situações de exercício.

Nos anos 1980, um novo procedimento de testagem foi criado^{22,23} e tem sido aperfeiçoado desde então²⁴⁻²⁶. O teste de exercício de 4 segundos (T4s) foi desenvolvido para avaliar o reflexo vagal cardíaco na aceleração rápida da FC no transiente inicial do exercício. Simplificadamente, o teste consiste em pedalar o mais rápido possível um cicloergômetro sem carga do quarto ao oitavo segundo de uma apnéia inspiratória máxima de 12 segundos. A apnéia estimula a atividade vagal, mas o exercício gera o reflexo de inibição que faz com que a FC acelere. São considerados dois intervalos RR: o último antes do exercício ou o primeiro durante (aquele que for o mais longo) e o mais curto durante o exercício. A razão entre estes dois intervalos RR origina o índice vagal cardíaco (variável adimensional), que determina a taxa de aceleração da FC. Quanto mais rápida a aceleração da FC neste período de tempo, maior é a preservação do componente autonômico vagal. Seu valor prognóstico está sendo determinado, e os resultados preliminares sugerem que indivíduos cuja aceleração seja inferior a 20% têm o risco de mortalidade cardiovascular e por todas as causas substancialmente aumentado²⁷.

Comportamento Padrão da FC no Exercício Aeróbio Prolongado

Estudos clássicos abordaram a estreita relação entre a intensidade do esforço e a magnitude da FC^{28,29}. No exercício contínuo, considerando que a intensidade do esforço se mantém constante, a demanda energética também será constante, e por isso a oferta de oxigênio aos músculos ativos será equivalente. Esta condição é classicamente conhecida como *steady state*. Durante a fase de equilíbrio energético, ao se conservarem as condições metabólicas, não devemos esperar alterações da FC. Ainda assim, cabe realçar a variabilidade da FC ao longo de todo o processo como decorrência de uma contínua influência dos ramos autonômicos do SNA²⁹.

Vale a pena comentar também um fenômeno chamado *cardiovascular drift* ou desvio cardiovascular³⁰. Se o exercício, ainda que constante, for realizado por um longo período de tempo (acima de 30 minutos), e os procedimentos de reidratação não forem respeitados, uma sequência de eventos fisiológicos tende a acontecer. Com a desidratação, a volemia diminui, logo o retorno venoso fica comprometido. Segundo a lei de Frank-Starling, quanto maior a pré-carga (retorno venoso), maior o volume sistólico ou volume de ejeção. Com a redução desta pré-carga, ocorre a conseqüente diminuição do volume sistólico. Já que o exercício é constante, há necessidade de se manter o equilíbrio metabólico (*steady state*). Em decorrência disso, a FC

tende a se elevar para compensar a atenuação do volume de ejeção³⁰. Sendo assim, aferir a FC somente ao final de um exercício prolongado pode não ser uma boa estratégia, pois não teremos certeza dos valores da FC ao longo do exercício como um todo.

No exercício intermitente, a FC responde às modulações da intensidade, sendo os maiores valores referentes à maior intensidade de esforço²⁹. Apesar disso, em aulas de ciclismo *indoor*, por exemplo, a queda da FC durante a recuperação ativa do esforço pode não ser tão evidente. Isto se justifica pelo fato da presença da adrenalina e noradrenalina na corrente sanguínea, exercendo forte influência sobre o ritmo cardíaco³¹. Como muitas vezes os métodos de treinamento de ciclismo *indoor* são baseados no estilo conhecido como *fartlek*, o qual não determina uma única relação temporal entre os estímulos fortes e fracos, é possível que a resposta da FC não represente a intensidade real de esforço durante a pedalada. Portanto, nestes casos, apesar de sua subjetividade, sugere-se a utilização da escala de percepção de esforço de Borg³² para caracterização da intensidade do exercício.

FC Máxima

Uma pergunta bastante comum entre indivíduos leigos é: minha FC subiu muito no teste ergométrico. Isso é um problema? Na verdade, não. Pelo contrário. As evidências científicas favorecem os indivíduos que atingem valores de alta magnitude de FC em resposta a um esforço de alta intensidade, isto tanto do ponto de vista diagnóstico para doença coronariana² como prognóstico^{19, 33}. Em Stanford foi criada uma tabela de pontos para o diagnóstico da doença coronariana, baseada nos resultados do teste de exercício máximo. Entre os critérios sugeridos para a construção da tabela, a variável de maior peso é justamente a FC máxima, superando outros achados clínicos, como angina e depressão do segmento ST².

Pouco tempo antes, em Cleveland, foi detectada uma condição chamada incompetência cronotrópica³³ que determina que indivíduos que não conseguem atingir ao menos 85% da FC máxima esperada para a idade, em um exercício máximo, têm o risco de mortalidade aumentado³⁴. Esta resposta da FC ganhou um novo método de interpretação recentemente: Joven et al.¹⁹ sugerem que seja analisado também o delta FC, ou seja, a diferença entre a FC de repouso e a FC máxima. Uma diferença inferior a 89 bpm apresenta um risco relativo de mortalidade de 6,18¹⁹, ou seja, aumenta em seis vezes o risco.

Um outro aspecto a ser apreciado é a variabilidade da FC no exercício máximo. Se considerarmos que com o aumento da intensidade do exercício ocorre aumento da estimulação simpática e concomitante diminuição da estimulação parassimpática, seria de se esperar que no pico do esforço a variabilidade da FC fosse nula ou quase nula. No entanto, Almeida et al.²³, utilizando protocolo de rampa em cicloergômetro, demonstraram que, a despeito das premissas fisiológicas, a variabilidade da FC no domínio do tempo é mantida ao longo de todo

o exercício máximo, inclusive no pico do esforço. Isto pode ser explicado por mecanismos hemodinâmicos, em especial o lusitropismo (propriedade de relaxamento do miocárdio)¹³. Essa maior capacidade de relaxamento tende a aumentar a diferença de pressão entre as veias e as câmaras cardíacas, favorecendo o retorno venoso e, por conseguinte, aumentando a pré-carga. Em consequência, há um aumento na contratilidade miocárdica que associada a mecanismos periféricos auto-reguladores da pós-carga³⁵ formam um conjunto de fatores responsável por alterações sucessivas no volume sistólico. Para se manter o mesmo aporte sanguíneo via débito cardíaco, a FC também se mantém variável. Portanto, os mecanismos de controle da variabilidade da FC no exercício máximo parecem não ser exclusivamente autonômicos^{36,37}.

Ainda dentro desta perspectiva, um procedimento muito usual é a prescrição de exercícios baseada na FC máxima estimada por equações. Existem várias equações para este fim³⁸, todas partindo de uma mesma fundamentação fisiológica: a FC máxima tende a diminuir com o envelhecimento, possivelmente em decorrência de uma menor atividade autonômica inerente ao envelhecimento. Contudo, Froelicher et al.³⁹ consideram a FC máxima uma variável fisiológica difícil de se explicar, devido ao grande grau de variabilidade das variáveis cardíacas em geral, bem como a relação entre FC máxima e idade. A diferença entre estas equações se dá no fator de redução da FC máxima a cada ano de vida. Apesar disso, deve ficar claro que inerente a todas elas há um erro padrão de estimativa, que pode produzir uma janela de até 40 batimentos de margem de erro. A mais utilizada tanto em nível clínico como em pesquisa é a 220-idade⁴⁰. Entretanto, esta equação não foi confeccionada a partir de bancos de dados, mas sim de uma aproximação matemática de outras equações vigentes, carecendo, portanto, de mérito científico³⁸. Em síntese, a utilização dessas equações deve ser feita com certa parcimônia, haja vista a possibilidade de erro na prescrição da intensidade do treinamento, em especial para pessoas de idade mais avançada.

Recuperação da FC pós-exercício

Esta temática ganhou importância a partir dos estudos realizados em Cleveland, os quais verificaram a relação entre a queda atenuada da FC pós-exercício e

um maior risco de mortalidade⁴¹⁻⁴³. A tabela 1 apresenta uma breve comparação entre alguns dos principais estudos cujo objeto de investigação foi a FC de recuperação. Apesar de na prática podermos observar uma maior velocidade na queda da FC pós-exercício em indivíduos pós-treinamento, ao nosso conhecimento, não existem evidências científicas que atestem que este efeito pode aumentar a cardioproteção vagal. Além disso, esta medida possui baixa reprodutibilidade⁴⁴, o que pode comprometer sua interpretação como uma adaptação ao treinamento.

Existem diferenças metodológicas entre os estudos que, se por um lado dificultam a comparação dos estudos, por outro favorecem a prática clínica, pois, provavelmente, seja qual for o protocolo de teste adotado, teremos algum tipo de referencial⁴⁷. Todavia, uma interpretação equivocada desta variável é a sua utilização como marcador da condição aeróbia. Algo comum é, ao terminar uma corrida, por exemplo, um indivíduo checar sua FC, esperar um minuto e verificar novamente para ver o quanto ela caiu, de modo a ver se sua condição aeróbia está boa ou não. O problema é que a recuperação da FC tem baixa associação com o consumo máximo de oxigênio⁴⁷. Esta estratégia só deve ser utilizada para comparar efeitos do treinamento para um mesmo indivíduo, mas não comparar indivíduos diferentes para ver quem tem maior consumo de oxigênio em função da recuperação mais rápida da FC.

Apesar das respostas da FC nos transientes inicial e final do exercício serem mediadas pelas ações do sistema nervoso autônomo, seus mecanismos de controle são distintos⁴⁷, ou seja, o transiente inicial é modulado exclusivamente pela retirada da atividade vagal (reflexo vagal cardíaco), não havendo alterações significativas do componente adrenérgico⁴⁸, ao passo que a recuperação da FC (transiente final do exercício) parece sofrer influências tanto simpáticas (diminuição) como parassimpáticas (retorno)^{47,49}. Desta forma, não seria possível prever a resposta da FC no pós-esforço em função da resposta no início do exercício.

Respostas da FC ao exercício de fortalecimento muscular

Uma linha de pesquisa muito em voga, atualmente, investiga as respostas cardiovasculares ao exercício de força. Desde os anos 1980, na universidade

Tabela 1. Diferenças metodológicas e valores de referência para a recuperação da FC.

Referência	N	Ergômetro	Característica do exercício	Atitude na recuperação	Tempo de recuperação	FC de recuperação (batimentos)	Risco relativo	Follow-up (anos)
Cole et al. ⁴²	5234	Esteira	Submáximo	Sentado	2 min	<42	2,6	12
Cole et al. ⁴¹	2428	Esteira	Máximo	Ativa	1 min	<12	4,0	6
Watanabe et al. ⁴⁵	5438	Esteira	Máximo	Supina	1 min	<18	3,9	3
Shetler et al. ⁴⁶	2193	Esteira	Máximo	Supina	2 min	<22	2,6	7
Jouven et al. ¹⁹	5713	Ciclo	Máximo	Passiva	1 min	<25	1,5	23

McMaster do Canadá⁵⁰, esse tipo de investigação tomou forma e passou a servir de base para as recomendações dos exercícios de fortalecimento muscular para idosos e cardiopatas em geral. Esse tipo de exercício possui uma segurança bastante apreciada pelos profissionais de saúde. O que se tem observado é que os exercícios de fortalecimento muscular propiciam menor resposta cardiovascular que os exercícios aeróbios. Para atestar este fato, Farinatti e Assis⁵¹ compararam as respostas de FC, pressão arterial e duplo produto em indivíduos jovens e assintomáticos submetidos a 1, 6 e 20 repetições máximas do exercício cadeira extensora e 20 minutos de exercício aeróbio constante com intensidade relativa de 75% do VO_2 máximo. Em todas as variáveis fisiológicas analisadas, quanto maior o tempo de exposição ao exercício, maior a resposta hemodinâmica. De um modo geral, recomenda-se um menor número de repetições e cargas moderadas a pesadas, tendo em vista que o principal fator de estresse cardiovascular neste tipo de exercício é o tempo de tensão e não a carga. Pode ser interessante também aumentar a velocidade de execução na fase concêntrica do movimento de modo a reduzir o tempo de tensão nestes exercícios, caracterizando um exercício de potência muscular⁵².

Mais recentemente, o estudo da variabilidade da FC nos exercícios de fortalecimento muscular dinâmicos foram objeto de estudo de nosso grupo de pesquisa. Paschoa et al.⁵³ demonstraram uma queda acentuada na variabilidade da FC durante o exercício realizado na cadeira extensora unilateral, mesmo tendo sido realizado sob curto período de tempo, sendo rapidamente recuperada no pós-esforço. Considerando as características da amostra, composta por jovens universitários assintomáticos, podemos especular que esta deva ser a resposta normal a este tipo de exercício. Investigações futuras poderão elucidar implicações diagnósticas ou mesmo prognósticas da resposta da variabilidade da FC no exercício de fortalecimento muscular.

CONCLUSÃO

Considerando as diversas possibilidades de aplicação da mensuração da FC e sua interpretação, devemos levar em conta que as estratégias de utilização da FC como ferramenta diagnóstica, prognóstica ou mesmo para a prescrição do exercício, devem ser baseadas em evidências científicas, de modo a diminuir os riscos e equívocos de sua interpretação e, por outro lado, potencializar sua aplicação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Nobrega ACL. The subacute effects of exercise: concept, characteristics, and clinical implications. *Exerc Sports Sci Rev* 2005;33(2):84-7.
2. Raxwal V, Shetler K, Morise A, Do D, Myers J, Atwood JE, et al. Simple Treadmill Score To Diagnose Coronary Disease. *Chest* 2001;11(6):1933-40.
3. Jose A. Effect of combined sympathetic and parasympathetic blockade on heart rate and function in man. *Am J Cardiol* 1966;18:476-8.
4. Nóbrega ACL, Castro CLB, Araújo CGS. Relative roles of the sympathetic and parasympathetic systems in the 4-s exercise test. *Brazilian J Med Biol Res* 1990;23:1259-62.
5. Costanzo L. *Fisiologia*. 2 ed. Rio de Janeiro: Elsevier; 2004.
6. Lombardi F. Chaos theory, heart rate variability, and arrhythmic mortality. *Circulation* 2000;101:8-10.
7. Hon EH, Lee ST. Electronic evaluations of the fetal heart rate patterns preceding fetal death: further observations. *Am J Obstet Gynecol* 1965;87:814-26.
8. Almeida MB, Araújo CGS. Efeitos do treinamento aeróbico sobre a frequência cardíaca. *Rev Bras Med Esporte* 2003;9:104-12.
9. Vogel CU, Wolpert C, Wehling M. How to measure heart rate? *Eur J Clin Pharmacol* 2004;60:461-6.
10. Greenland P, Daviglius ML, Dyer AR, Liu K, Huang CF, Goldberger JJ, et al. Resting heart rate is a risk factor for cardiovascular and noncardiovascular mortality: the Chicago Heart Association Detection Project in Industry. *Am J Epidemiol* 1999;149:853-62.
11. Jensen-Urstad K, Saltin B, Ericson M, Storck N, Jensen-Urstad M. Pronounced resting bradycardia in male elite runners is associated with high heart variability. *Scand J Med Sci Sports* 1997;7:274-8.
12. Shin K, Minamitani H, Onishi S, Yamazaki H, Lee M. Autonomic differences between athletes and nonathletes: spectral analysis approach. *Med Sci Sports Exerc* 1997;29:1482-90.
13. Vittone L, Mundina-Weilenmann C, Mattiazzi A, Cingolani H. Physiologic and pharmacologic factors that affect myocardial relaxation. *J Pharmacol Toxicol Methods* 1994;32:7-18.
14. Nóbrega ACL, Araújo CGS. Hiperatividade vagal em atletas com história de asma. In: IX Congresso Brasileiro de Medicina Desportiva; 1989; São Paulo, SP; 1989.
15. Braith RW, Edwards DG. Neurohormonal abnormalities in heart failure: impact of exercise training. *Congest Heart Fail* 2003;9:70-6.
16. La Rovere MT, Bersano C, Gnemmi M, Specchia G, Schwartz PJ. Exercise-induced increase in baroreflex sensitivity predicts improved prognosis after myocardial infarction. *Circulation* 2002;106:945-9.
17. Robinson TG, Dawson SL, Eames PJ, Panerai RB, Potter JF. Cardiac baroreceptor sensitivity predicts long-term outcome after acute ischemic stroke. *Stroke* 2003;34:705-12.
18. Buch AN, Coote JH, Townend JN. Mortality, cardiac vagal control and physical training - what's the link? *Experimental Physiology* 2002;87:423-35.
19. Jouven X, Lemaitre RN, Rea TD, Sotoodehnia N, Empana JP, Siscovick DS. Heart-rate profile during exercise as a predictor of sudden death. *N Engl J Med* 2005;352:1951-8.
20. Nóbrega ACL, Williamson JW, Friedman DB, Araújo CGS, Mitchell JH. Cardiovascular responses to active and passive cycling movements. *Med Sci Sports Exerc* 1994;26:709-14.
21. Nóbrega ACL, Araújo CGS. Heart rate transient at the onset of active and passive dynamic exercise. *Med Sci Sports Exerc* 1993;25:37-41.
22. Araújo CGS, Nóbrega ACL, Castro CLB. 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.
23. Almeida MB, Ricardo DR, Araújo CGS. Variabilidade

- da frequência cardíaca em um teste de exercício verdadeiramente máximo. *Rev SOCERJ* 2005;18(6):534-41.
24. Oliveira RB, Vianna LC, Ricardo DR, Almeida MB, Araújo CGS. Influence of different respiratory maneuvers on exercise-induced cardiac vagal inhibition. *Eur J Appl Physiol* 2006;97:607-12.
 25. Almeida MB, Ricardo DR, Araújo CGS. Validação do teste de exercício de 4 segundos em posição ortostática. *Arq Bras Cardiol* 2004;83:155-9.
 26. Araújo CGS, Ricardo DR, Almeida MB. Fidedignidade intra e interdias no teste de exercício de 4 segundos. *Rev Bras Med Esporte* 2003;9:293-8.
 27. Ricardo DR. Teste de exercício de 4 segundos: aspectos metodológicos e implicações prognósticas. Rio de Janeiro: Universidade Gama Filho; 2004.
 28. Clausen JP. Effect of physical training on cardiovascular adjustments to exercise in man. *Physiol Rev* 1977;57:779-815.
 29. Astrand P, Rodahl K. Textbook of work physiology. New York: McGraw-Hill; 1986.
 30. Coyle EF, González-Alonso J. Cardiovascular drift during prolonged exercise: new perspectives. *Exerc Sports Sci Rev* 2001;29(2):88-92.
 31. Perini R, Orizio C, Comandè A, Castellano M, Beschi M, Veicsteinas A. Plasma norepinephrine and heart rate dynamics during recovery from submaximal exercise in men. *Eur J Appl Physiol* 1989;58:879-83.
 32. Borg G. Escalas de Borg para a dor e o esforço percebido. São Paulo: Manole; 2000.
 33. 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.
 34. 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.
 35. Sagiv M, Ben-Sira D, Goldhammer E, Soudry M. Left ventricular contractility and function at peak aerobic and anaerobic exercises. *Med Sci Sports Exerc* 2000;32:1197-201.
 36. Perini R, Veicsteinas A. Heart rate variability and autonomic activity at rest and during exercise in various physiological conditions. *Eur J Appl Physiol* 2003;90:317-25.
 37. Casties JF, Mottet D, Le Gallais D. Non-linear analyses of heart rate variability during heavy exercise and recovery in cyclists. *Int J Sports Med* 2006;27:780-5.
 38. Robergs RA, Landwehr R. The surprising history of the "HRmax=220-age" equation. *JEPonline* 2002;5:1-10.
 39. Froelicher VF, Myers J, Follansbee WP, Labovitz AJ. Exercício e o coração. 3 ed. Rio de Janeiro: Revinter; 1998.
 40. Fox III SM, Naughton JP, Haskell WL. Physical activity and the prevention of coronary heart disease. *Ann Clin Res* 1971;3:404-32.
 41. 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.
 42. Cole CR, Foody JM, Blackstone EH, Lauer MS. Heart rate recovery after submaximal exercise testing as a predictor of mortality in a cardiovascularly healthy cohort. *Ann Intern Med* 2000;132:552-5.
 43. Nishime OE, Cole CR, Blackstone EH, Pashkow FJ, Lauer MS. Heart rate recovery and treadmill exercise score as predictors of mortality in patients referred for exercise ECG. *JAMA* 2000;284:1392-8.
 44. Yawn B, Ammar K, Thomas R, Wollan P. Test-Retest Reproducibility of Heart Rate Recovery After Treadmill Exercise. *Ann Fam Med* 2003;1:236-41.
 45. Watanabe J, Thamilarasan M, Blackstone EH, Thomas JD, Lauer MS. Heart rate recovery immediately after treadmill exercise and left ventricular systolic dysfunction as predictors of mortality: the case of stress echocardiography. *Circulation* 2001;104:1911-6.
 46. Shetler K, Marcus R, Froelicher VF, Vora S, Kalisetti D, Prakash M, et al. Heart rate recovery: validation and methodologic issues. *J Am Coll Cardiol* 2001;38(7):1980-7.
 47. Ricardo DR, Almeida MB, Franklin BA, Araújo CGS. Initial and final exercise heart rate transients: influence of gender, aerobic fitness and clinical status. *Chest* 2005;127:317-28.
 48. Araújo CGS. Fast "on" and "off" heart rate transients at different bicycle exercise levels. *Int J Sports Med* 1985;6:68-73.
 49. Imai K, Sato H, Hori M, Kusuoka H, Ozaki H, Yokoyama H, et al. Vagally mediated heart rate recovery after exercise is accelerated in athletes but blunted in patients with chronic heart failure. *J Am Coll Cardiol* 1994;24:1529-35.
 50. MacDougall JD, Tuxen D, Sale DG, Moroz JR, Sutton JR. Arterial blood pressure response to heavy resistance exercise. *J Appl Physiol* 1985;58:785-90.
 51. Farinatti PTV, Assis B. Estudo da frequência cardíaca, pressão arterial e duplo-produto em exercícios contra-resistência e aeróbio contínuo. *Rev Bras Ativ Fís e Saúde* 2000;5:5-16.
 52. Coelho CW, Hamar D, Araújo CGS. Physiological responses using 2 high-speed resistance training protocols. *J Strength Cond Res* 2003;17:334-7.
 53. Paschoa DC, Coutinho JFS, Almeida MB. Análise da variabilidade da frequência cardíaca no exercício de força. *Rev SOCERJ* 2006;19:385-90.

Endereço para correspondência

Marcos Bezerra de Almeida
 Av. Gonçalo Rollemberg Leite, 2399 – Edf Nassau
 Bairro: Luzia
 CEP 49045-280 - Aracaju – SE
 E-mail: mb.almeida@terra.com.br

Recebido em 14/12/06
 Revisado em 24/02/07
 Aprovado em 12/03/07