

RESPOSTA CRONOTRÓPICA AO TESTE ANAERÓBIO MÁXIMO DE CORRIDA – MART



CHRONOTROPIC RESPONSE TO MAXIMAL ANAEROBIC RUNNING TEST - MART

Flávio Areal Lemos^{1,2}
Tony Meireles Santos^{1,2,3}

1. Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Educação Física da Universidade Gama Filho (UGF) – Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
2. Grupo de Pesquisa *Performance* – UGF.
3. Departamento de Educação Física, Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) - Recife, PE, Brasil.

Correspondência:

Tony Meireles dos Santos.
Laboratório *Performance*
Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) - Campus Recife
Departamento de Educação Física
Avenida Jornalista Anibal Fernandes, s/n
CEP: 50670-901
E-mail: tony.meireles@ufpe.br,
tonyms@prohealth.com.br

RESUMO

Introdução: A frequência cardíaca (FC) no teste anaeróbio máximo de corrida (MART) expressa o comportamento autonômico cardíaco em exercício. Ainda não foi investigado se tais respostas cronotrópicas apresentam associação com o desempenho aeróbio e anaeróbio. **Objetivos:** Descrever a resposta cronotrópica cardíaca durante o MART nos segundos iniciais de estímulo (FC_{ON}) e de recuperação (FC_{OFF}) e estabelecer a associação entre as variáveis cronotrópicas com o desempenho aeróbio e anaeróbio. **Métodos:** Foram voluntários 13 homens assintomáticos e fisicamente ativos, com $25,1 \pm 4,9$ anos, $76,8 \pm 12,5$ kg, $178,4 \pm 9,0$ cm e $50,6 \pm 4,1$ mL \times kg⁻¹ \times min⁻¹. Na primeira visita, após a anamnese e medidas antropométricas, foi realizado um teste cardiopulmonar de exercício (TCPE) com monitoração direta dos gases expirados. Na segunda visita, foi feita uma familiarização ao MART e na terceira, o teste de MART conduzido até a exaustão. **Resultados:** A FC de recuperação (58 ± 20 bpm) comparada à FC de pico alcançada no primeiro e no último estágio de MART (39 ± 14 bpm) apresentou maior inclinação, resultando em maior amplitude de variação ao longo do teste, caracterizando diferenças significativas ($P = 0,0017$). A FC_{ON} apresentou entre o momento inicial, meio e final do MART diferenças significativas (inicial versus final, $p = 0,007$). Para FC_{OFF} foram encontradas diferenças significativas do início com o meio ($p = 0,035$) e do início com o final ($p = 0,005$) do teste. As correlações entre as variáveis cronotrópicas e de desempenho não apresentaram significância estatística ($P < 0,05$), assim como com as variáveis de desempenho. **Conclusão:** O MART parece ser um modelo de sobrecargas fisiológicas adequado para investigação da modulação autonômica cardíaca. Observou-se atuação do sistema parassimpático mesmo em cargas supramáximas até o final do teste.

Palavras-chave: frequência cardíaca, reflexo vagal, potência anaeróbia máxima, desempenho, sistema nervoso autônomo.

ABSTRACT

Introduction: Heart rate (HR) in maximal anaerobic running test (MART) expresses the cardiac autonomic behavior in exercise. It has not been investigated whether such responses are associated with chronotropic aerobic and anaerobic performance. **Objective:** To describe the cardiac chronotropic response during the MART in seconds of stimulation (HR_{ON}) and recovery (HR_{OFF}), and establish the association between chronotropic variables with aerobic and anaerobic performance. **Methods:** Thirteen male volunteers were asymptomatic and physically active, with 25.1 ± 4.9 years, 76.8 ± 12.5 kg, 178.4 cm and $50.6 \pm 9.0 \pm 4.1$ mL \times kg⁻¹ \times min⁻¹. On the first visit after the interview and anthropometric measurements, we performed a cardiopulmonary exercise testing (TCPE) with direct monitoring of expired gases. The second visit was carried to familiarize the MART and the third, the test was performed until exhaustion MART. **Results:** Heart rate recovery (58 ± 20 bpm) compared to the peak HR achieved in the first and last stage of MART (39 ± 14 bpm) had a higher slope, resulting in greater range of variation over the test, characterizing differences ($P = 0.0017$). The HR_{ON} presented between the time the initial, middle and end of the MART significant differences (start versus final, $p = 0.007$). To HR_{OFF} significant differences were found starting with the middle ($p = 0.035$) and the starting to the final ($p = 0.005$) test. The chronotropic correlations between variables, including decrease in HR, and TCPE performance were not statistically significant ($P < 0.05$), as nor as the performance variables. **Conclusion:** The MART model seems to be a physiological overload suitable for investigation of cardiac autonomic modulation. There was action of the parasympathetic system even in supramaximal loads by the end of the test.

Keywords: heart rate, vagal reflex, cardiac vagal modulation, sprint interval exercise, autonomic nervous system.

INTRODUÇÃO

Observa-se nos últimos anos um crescente interesse clínico em protocolos de esforço intermitente¹⁻³. Nesta modalidade de teste, tem-se uma maior possibilidade investigativa das alterações da modulação autonômica cardíaca, em especial as respostas imediatas da frequência cardíaca (FC) no início do exercício (FC_{ON}) e no início da recuperação (FC_{OFF})^{4,5}.

Atividades intermitentes de alta intensidade e baixa duração em inclinação produzem um aumento do recrutamento dos músculos extensores de joelho⁶ e no acúmulo de metabólitos. Tais modificações contribuem no atraso da recuperação da FC após o esforço (FC_{REC}), representando indiretamente a resposta na modulação autonômica cardíaca^{3,7,8}. Em um destes estudos, Nakamura *et al.*⁷ utilizaram dois protocolos

intermitentes com jogadores de handebol e encontraram diferenças significativas nos índices de variabilidade da FC. Além disso, Ostojic *et al.*⁹ observaram um maior decréscimo da FC_{REC} em 10 segundos e 20 segundos após o exercício máximo em atletas de modalidades intermitentes em comparação com atletas de endurance.

O teste anaeróbio máximo de corrida (MART), proposto por Rusko *et al.*¹⁰, possui uma relação 1:5 de estímulo (20 s) *versus* recuperação (100 s) com característica progressiva supramáxima. Nos últimos anos, este protocolo tem sido utilizado na determinação da potência anaeróbia máxima e da competência neuromuscular na corrida¹¹⁻¹³. Apesar de sua configuração original não contemplar a resposta da FC, o seu desenho parece ser adequado para testar clinicamente as respostas cronotrópicas^{10,12,14}.

Tradicionalmente, as alterações cronotrópicas determinadas pelo decréscimo da FC na recuperação durante o primeiro minuto após o esforço máximo têm sido associadas com a mortalidade¹⁵. No entanto, esta medida desconsidera os cinco segundos iniciais desta fase, que melhor representam a reentrada vagal cardíaca^{3,5,16}. Observa-se na literatura que indivíduos com elevada condição aeróbia em comparação aos menos condicionados possuem uma ativação parassimpática cardíaca mais rápida e uma atividade simpática mais baixa^{8,17-19}. Contudo, ainda não foi esclarecido completamente como se comporta o sistema nervoso parassimpático durante repetidos estímulos de alta intensidade e baixa duração^{20,21}. Desta forma, o presente estudo objetivou verificar a resposta cronotrópica cardíaca durante um teste intermitente supramáximo (MART) através dos comportamentos da FC_{ON} e da FC_{OFF}. Em complemento, objetivou-se correlacionar as variáveis cronotrópicas com as variáveis de desempenho aeróbio e anaeróbio.

MÉTODOS

Foram voluntários 13 homens assintomáticos com 25,1 ± 4,9 anos, 76,8 ± 12,5 kg, 178,4 ± 9,0 cm, 50,6 ± 4,1 mLxkg⁻¹xmin⁻¹ e 24,0 ± 2,7 kg.m⁻². Todos os indivíduos treinavam regularmente (≥ 90 min.sem⁻¹) exercícios aeróbios contínuos ou intermitentes por pelo menos três meses antes da coleta dos dados e não faziam uso regular de qualquer droga ou recurso ergogênico. Os voluntários consentiram formalmente sua participação no estudo através da assinatura de um termo de consentimento livre e esclarecido. Os procedimentos foram previamente aprovados pelo comitê de ética e pesquisa da Universidade Gama Filho (Rio de Janeiro, RJ, Protocolo 004.2011).

Delineamento experimental

A coleta de dados ocorreu em três visitas. Na primeira, após a realização da anamnese e medidas antropométricas, foi realizado um teste cardiopulmonar de esforço máximo escalonado com monitoração direta dos gases expirados. Na segunda visita, foi feita uma familiarização ao MART. Na terceira visita, o teste de MART foi conduzido até a exaustão voluntária máxima. Ao longo dos ciclos estímulo-recuperação, foram monitoradas as respostas da FC. Foram investigadas as variáveis de desempenho provenientes dos testes aeróbio e anaeróbio em associação aos padrões cronotrópicos observados durante o MART.

Antropometria

Para fins de caracterização da amostra, os indivíduos foram submetidos a uma bateria de medidas antropométricas^{22,23}. Foram determinadas massa corporal (Sport Mea 07400, Plenna Especialidades Ltda., São Paulo, Brasil), estatura e dobras cutâneas (Slim Guide, Rosscraft, Surrey, Canadá).

Teste cardiopulmonar de exercício máximo

Para a determinação da potência aeróbia máxima (VO_{2Máx}) e sua velocidade correspondente (V_{VO2Máx}), foi realizado o teste em esteira, com estágios de 2 minutos, inclinação constante em 1% e incrementos de 1,0 km.h⁻¹ (0,28 m.s⁻¹) a partir da velocidade de 5,0 km.h⁻¹ (1,39 m.s⁻¹)²⁴. Tais incrementos equivaleram, na fase da corrida, a uma sobrecarga de 3,5 mL.kg⁻¹.min⁻¹²⁵. A interrupção do teste se deu por desistência do testado, sendo fornecidos estímulos verbais para o alcance da maior intensidade de esforço tolerada. Nos 10 minutos que antecederam o teste cardiopulmonar de exercício máximo (TCPE), foi realizada uma medida de frequência cardíaca de repouso (FC_{REP}) e ao final do teste foi medida a FC por um período de 1 minuto representando o decréscimo da FC após o TCPE (FC_{REC-TCPE}). Durante o teste, os voluntários tiveram sua FC monitorada com registros a cada cinco segundos (*Vantage, Polar Electro Oy, Kempele, Finland*) e ao final de cada estágio para percepção de esforço (PSE). Foram realizadas medidas diretas com amostragem de 20 segundos das frações de VO₂, VCO₂ e VE a partir de um sistema analisador de gases automatizado (TEEM 100, *MedGraphics Corp., St. Paul, USA*) previamente calibrado para as concentrações conhecidas de gases. A ventilação foi quantificada por um pneumotacômetro de fluxo médio (com amplitude de 20 a 110 L.min⁻¹) e registrada a cada teste a pressão barométrica (675 ± 1 mmHg), temperatura (24 ± 2°C) e umidade relativa do ar (73 ± 11%). OVO_{2Máx} foi estabelecido como a média das três maiores medidas de O₂ ao final do teste progressivo máximo.

Teste anaeróbio máximo de corrida (MART)

Foram realizados estímulos progressivos de 20 segundos e recuperação passiva com 100 segundos, partindo de 10,2 km.h⁻¹ com incrementos de 0,97 km.h⁻¹ a cada estágio com inclinação fixa de 12% até a exaustão voluntária máxima, adaptado do protocolo de Rusko e Nummela *et al.* 1993¹⁰. Foi realizado um aquecimento com três minutos de duração a 5,0 km.h⁻¹ e sem inclinação. Objetivou-se nesta fase a estabilização da FC, minimizando os efeitos antecipatórios do sistema nervoso sobre a FC, que foi monitorada como já descrito para o TCPE²⁶. A velocidade correspondente ao último estágio do teste foi considerada como a velocidade máxima do MART (V_{MART})¹⁰.

Análise do comportamento autonômico cardíaco

Durante os estágios do MART, a resposta da FC foi analisada sob o domínio do tempo a cada cinco segundos (figura 1). Desta forma, foi possível observar a cinética da FC do MART representada por momentos de aceleração da FC nos 20 segundos de estímulos seguidos de recuperação representados por desaceleração da FC nos 100 segundos da recuperação.

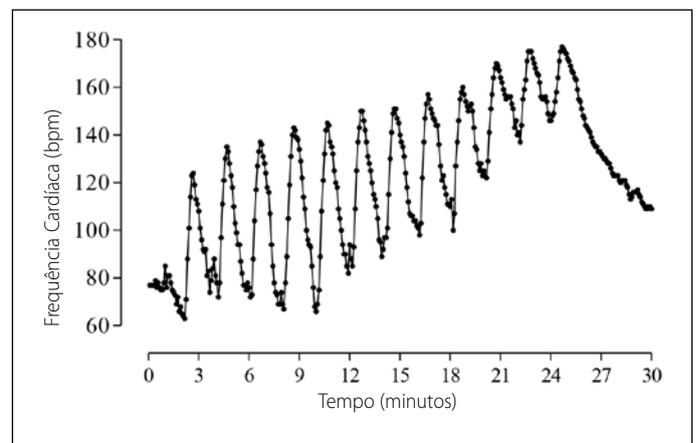


Figura 1. Resposta da FC de um dos indivíduos investigados escolhidos arbitrariamente que realizou o MART para representar o protocolo completo até o esforço máximo.

Desta forma, a análise do cronotropismo cardíaco durante cada início do estágio de MART foi registrada através de quatro medidas de FC, possivelmente representada pela retirada vagal cardíaca imediatamente ao início do exercício⁵. Para representar as respostas extremas de FC, foi analisada a variável frequência cardíaca de maior valor durante 20 segundos de cada estágio de MART (FC_{PICO}) e a variável de menor frequência cardíaca no período de 60 segundos durante cada estágio de MART (FC_{REC}). Estas respostas foram analisadas separadamente através de equações lineares da reta e utilizadas para observar o comportamento do sistema nervoso autônomo, representado pela redução progressiva da atuação parassimpática pela sobreposição do sistema nervoso simpático. Já o comportamento da atividade parassimpática foi investigado pela redução da FC aos 60 segundos da recuperação. Em complemento, foi investigada a amplitude de alteração da FC relativizadas pelo método de reserva entre o segundo e o último estágio do MART.

Determinação de D_{MART}

Para caracterizar o comportamento do decréscimo da FC durante o MART (D_{MART}), foi determinado um ponto comum dentre os testes. Em todos os protocolos havia o decréscimo da FC no primeiro estágio de MART (D_{FC}) e no último estágio completo de MART (D_{FC}). Através destas duas variáveis foi estabelecida a razão entre os dois decréscimos (D_{FC} e D_{FC}) relativizando o comportamento da recuperação de MART.

Retirada e reentrada vagal cardíaca

Para representar de forma equidistante o comportamento da retirada e da reentrada vagal cardíaca, foram destacados os primeiros 20 segundos de estímulo e 20 segundos de recuperação. Em seguida, foi calculada a razão entre a diferença entre FC_{PICO} e a FC inicial durante o estímulo do MART (FC_{ON}) com a diferença entre a FC_{PICO} e a FC inicial de recuperação (FC_{OFF}). Foram realizadas tais medidas em três estágios do MART (inicial, meio e final). Através destas seis medidas, foi analisado o comportamento da retirada vagal cardíaca pelas FC_{ON} e a reentrada vagal cardíaca pelas FC_{OFF} (figura 2).

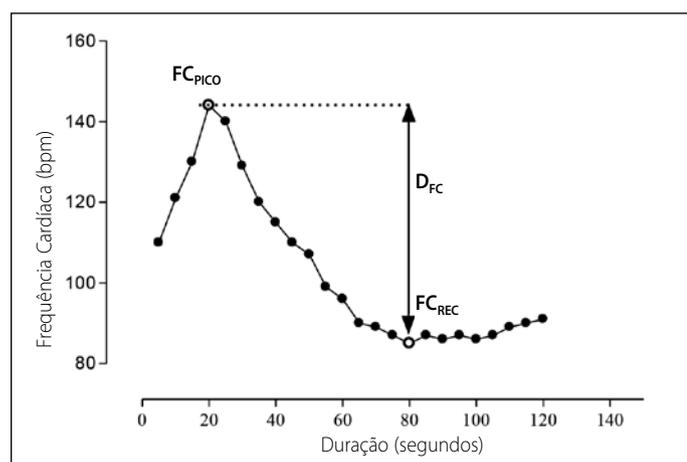


Figura 2. Decréscimo da FC durante um dos estágios de MART. FC_{PICO} – FC alcançada no estágio de MART; FC_{REC} – FC de recuperação no estágio de MART.

Análise estatística

As respostas cronotrópicas e de desempenho aeróbio e anaeróbio foram expressas pela média \pm desvio padrão, intervalo de confiança de 95% ($IC_{95\%}$) e o erro padrão da média ($EP_{m\acute{e}dia}$). As variáveis FC_{ON} , FC_{OFF} e $\Sigma FC_{ON/OFF}$ foram comparadas por uma ANOVA a um caminho com medidas repetidas e teste *post hoc* de Bonferroni no início, meio e ao final do MART. Foi utilizado o teste *t* de Student pareado para as variáveis FC_{ON} e FC_{OFF} nos extremos de MART (estágio inicial e final). Por fim,

foram estabelecidas as associações entre as variáveis de desempenho (V_{MART} e $VO_{2M\acute{A}X}$) com as variáveis cronotrópicas (D_{FC} , D_{FC} , D_{MART} e D_{TCPE}). Todas as análises estatísticas foram feitas no *software* SPSS v. 17 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA) tendo sido adotado o nível de significância para todas as análises de $P \leq 0,05$.

RESULTADOS

As respostas hemodinâmicas e de desempenho estão apresentadas na tabela 1, demonstrando características da aptidão cardiorrespiratória ($VO_{2M\acute{A}X}$ e $VO_{2M\acute{A}X}$) e anaeróbia (v_{MART}) coerentes com o esperado para os indivíduos investigados.

Tabela 1. Caracterização fisiológica de desempenho do grupo investigado (n = 13).

Variável	Média \pm DP	$IC_{95\%}$	$EP_{M\acute{e}dia}$
FC_{REP} (bpm)	64 \pm 8	60 - 68	2,1
$FC_{M\acute{A}X}$ (bpm)	189 \pm 11	183 - 195	3,0
$v_{VO_{2M\acute{A}X}}$ (km.h ⁻¹)	13,5 \pm 1,2	12,9 - 14,2	0,3
$VO_{2M\acute{A}X}$ (mL.kg ⁻¹ .min ⁻¹)	50,6 \pm 4,1	48,4 - 52,9	1,2
v_{MART} (km.h ⁻¹)	18,6 \pm 1,3	17,9 - 19,3	0,4

n – número de sujeitos; FC_{REP} – frequência cardíaca de repouso; $FC_{M\acute{A}X}$ – frequência cardíaca máxima; $v_{VO_{2M\acute{A}X}}$ – velocidade máxima alcançada no teste de esforço cardiopulmonar de exercício; $VO_{2M\acute{A}X}$ – consumo de oxigênio máximo; v_{MART} – velocidade máxima alcançada no estágio de MART a 12% de inclinação; DP – desvio padrão; IC – intervalo de confiança 95%; $EP_{M\acute{e}dia}$ – erro padrão da média.

As cinéticas da FC_{PICO} e da FC_{REC} apresentaram resposta linear e progressiva ao longo do MART (figura 3). A cinética da FC_{REC} comparada a da FC_{PICO} apresentou maior inclinação, resultando em maior amplitude de variação ao longo do teste. Enquanto a FC_{PICO} variou em média 39 ± 14 bpm entre o primeiro e último estágios do MART, a FC_{REC} variou 58 ± 20 bpm caracterizando diferenças significativas ($P = 0,0017$).

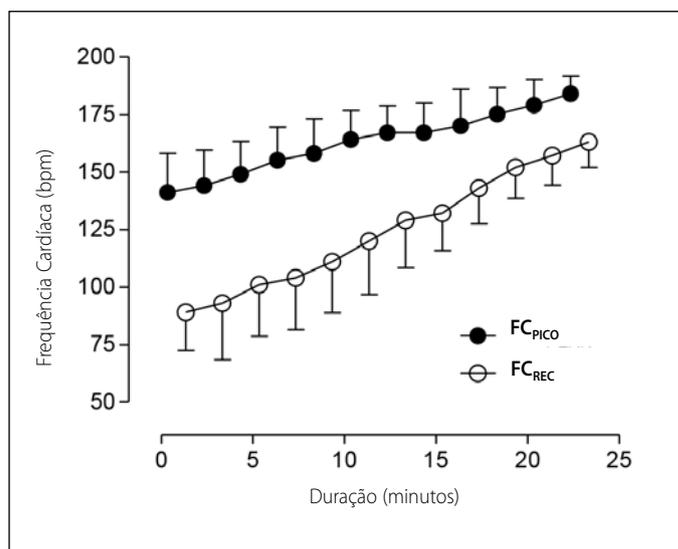


Figura 3. Resposta da FC nos estágios de MART. FC_{PICO} – FC alcançada em cada estágio de MART; FC_{REC} – FC de recuperação em cada estágio de MART.

A resposta vagal cardíaca no estímulo (FC_{ON}) e na recuperação (FC_{OFF}) do MART apresentou diferenças significativas (figura 4). Quando a FC_{ON} é comparada entre os momentos inicial, meio e final do MART observou-se diferenças entre o estágio inicial e o final ($P = 0,007$). Para FC_{OFF} observou-se diferenças do início com o meio ($P = 0,035$) e do início com o final do teste ($P = 0,005$). Estes achados evidenciam uma progressiva redução da atividade parassimpática a partir do meio do MART. A FC_{ON} e FC_{OFF} analisadas em conjunto ($\Sigma FC_{ON}/FC_{OFF}$) resultaram

em respostas lineares e decrescentes da atividade parassimpática ao longo de todo o teste (figura 4). Foi observada diferença estatisticamente diferente entre o final e o início do teste ($P = 0,001674$). As variáveis cronotrópicas (D_{FC} , D_{FC^*} , D_{MART}), quando correlacionadas com as variáveis de desempenho ($VO_{2MÁX}$, V_{MART}), não apresentaram significância estatística ($P > 0,05$) (Tabela 2).

Tabela 2. Associação (r) e nível de significância (P) das relações entre as variáveis cronotrópicas e de desempenho do MART ($n = 13$).

Variáveis cronotrópicas	$VO_{2MÁX}$ r ; P	V_{MART} r ; P
D_{FC}	-0,322; 0,283	0,336; 0,262
D_{FC^*}	-0,303; 0,315	-0,148; 0,630
D_{MART}	-0,325; 0,278	-0,325; 0,278
DFC_{TCPE}	-0,107; 0,728	0,148; 0,629

n – número de indivíduos; D_{FC} – decréscimo da FC no segundo período do MART; D_{FC^*} – decréscimo da FC do último período de MART; D_{MART} – razão entre os decréscimos D_{FC} e o D_{FC^*} durante todo o MART; $VO_{2MÁX}$ – consumo máximo de oxigênio; V_{MART} – velocidade máxima alcançada durante o MART; Nível de significância de $P < 0,05$.

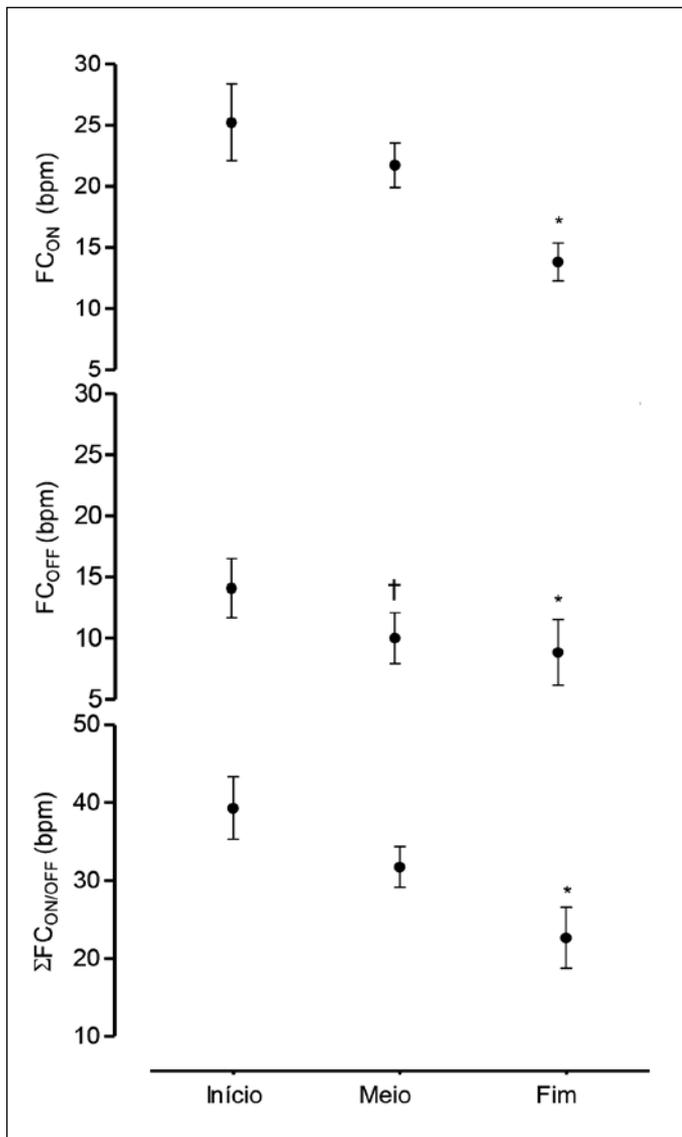


Figura 4. Comportamento da retirada e entrada vagal cardíaca no início, meio e fim do MART. FC_{ON} – Resposta da FC nos 20 s de estímulo do MART; FC_{OFF} – Resposta da FC nos 20 s iniciais da recuperação do MART; $\Sigma FC_{ON/OFF}$ – Somatório das respostas da FC durante o estímulo e recuperação do MART. * – Diferença significativa ($P < 0,05$) entre o estágio inicial e final do MART. † – Diferença significativa ($P < 0,05$) entre o estágio inicial e médio.

DISCUSSÃO

O presente estudo foi o primeiro a demonstrar que em estímulos progressivos, supramáximos e intervalados, a atuação do sistema nervoso parassimpático apresenta redução inversamente proporcional ao aumento da intensidade da atividade, com maior ênfase na segunda metade do MART quando FC_{ON} e FC_{OFF} foram analisadas separadamente. Outro aspecto original do presente estudo foi a utilização do MART para avaliação da modulação autonômica. Sua breve duração de estímulos (20 s) e longo período de recuperação (100 s), mesmo com elevado acúmulo de metabólitos¹³, impossibilitaram o alcance da FC máxima ao longo de todo o teste. Possivelmente, aspectos relacionados ao tempo necessário à liberação de noradrenalina podem explicar este fenômeno.

A retirada parassimpática ocorre aproximadamente nos cinco segundos iniciais do exercício pela ação medular pré-ganglionar, enquanto o sistema nervoso simpático tem sua latência em média de 2,5 minutos de exercício, quando a concentração de noradrenalina e adrenalina chega a seu valor máximo⁴. Desta forma, durante estímulos curtos de 20 segundos a atuação do sistema nervoso parassimpático age com maior predominância, mesmo ao final do teste. Ainda que a FC não represente exclusivamente as manifestações do sistema nervoso parassimpático¹⁶, sua monitoração reportada na literatura imediatamente após um TCPE corrobora sua utilização como marcador de ativação do sistema nervoso parassimpático. Este achado é suportado por Arai *et al.*¹⁸, Imai *et al.*²⁷ e Pierpont e Voth²⁸ demonstrando que a reativação vagal ao final do TCPE ocorre anteriormente a retirada simpática. Entretanto, Savin *et al.*¹⁷ defendem a ação simpática anterior à parassimpática. Em conjunto, estas evidências suportam que a resposta da FC durante o modelo de estímulo e recuperação utilizado no presente estudo representa principalmente a atividade do sistema nervoso parassimpático, ainda que em intensidades supramáximas.

A velocidade de retirada vagal cardíaca nos 20 segundos de estímulo observada no presente estudo foi superior à reentrada vagal nos 20 segundos de recuperação, bem caracterizado pela FC_{OFF} até a segunda metade do MART. Provavelmente o desequilíbrio autonômico cardíaco ocorrido pela intensidade aumentada a cada estágio possa explicar esta superioridade, ainda que em menores condições quando comparadas a um TCPE.

Os resultados do presente estudo indicaram que a análise do cronotropismo no MART como ferramenta diagnóstica de desempenho precisa ser melhor explorada, ampliando a utilidade do teste anaeróbio de corrida. Estudos com bloqueios farmacológicos cardio-depressores deverão ser realizados para responder fisiologicamente a resposta do sistema nervoso autonômico no MART. Tradicionalmente, a análise do cronotropismo é comumente realizada nos TCPE em dimensão clínica e para o desempenho^{17, 29}. Em complemento, observou-se baixa e insignificante correlação entre as variáveis de desempenho com as variáveis cronotrópicas investigadas, como reportado por Vesterinen *et al.*³⁰

O presente estudo limitou-se a captar as medidas de FC a cada cinco segundos. Recomenda-se nos próximos estudos a realização da análise a cada milissegundo, evitando que a filtragem utilizada por diferentes modelos de cardiofrequencímetro influencie na medida. Além disso, a utilização de fármacos, tanto adrenérgicos quanto colinérgicos, poderia demonstrar a resposta do sistema nervoso autonômico de forma mais clara durante o MART.

CONCLUSÃO

O MART demonstrou sua aplicabilidade na investigação das respostas de FC com ênfase para a atuação do sistema parasimpático. O seu modelo intermitente e supramáximo possibilitaram, além da tradicional identificação do desempenho anaeróbio e neuromuscular, um adequado cenário para a investigação da modulação autonômica frente às adaptações proporcionadas pelo treinamento, destreinamento e condições clínicas diversas. A baixa associação entre as variáveis cronotrópicas no MART e os desempenhos aeróbio e anaeróbio sugere mecanismos causais

independentes entre essas variáveis, cabendo futuras investigações sobre o tema.

AGRADECIMENTOS

Os autores do presente estudo agradecem à empresa Proximus Tecnologia pela doação dos cardiofrequencímetros utilizados na coleta de dados e também pelo auxílio financeiro prestado pelo CNPq e pela FAPERJ.

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

REFERÊNCIAS

1. da Silva JF, Guglielmo LG, Bishop D. Relationship between different measures of aerobic fitness and repeated-sprint ability in elite soccer players. *J Strength Cond Res* Aug 2010;24:2115-21.
2. Ricardo DR, Silva BM, Vianna LC, Araujo CG. Cardiac vagal withdrawal and reactivation during repeated rest-exercise transitions. *Eur J Appl Physiol* 2010;110:933-42.
3. Buchheit M, Laursen PB, Ahmaidi S. Parasympathetic reactivation after repeated sprint exercise. *Am J Physiol Heart Circ Physiol* 2007;293:H133-41.
4. Perini R, Orizio C, Comande A, Castellano M, Beschi M, Veicsteinas A. Plasma norepinephrine and heart rate dynamics during recovery from submaximal exercise in man. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1989;58:879-83.
5. Watson RD, Hamilton CA, Jones DH, Reid JL, Stallard TJ, Littler WA. Sequential changes in plasma noradrenaline during bicycle exercise. *Clin Sci (Lond)* 1980;58:37-43.
6. Lattier G, Millet GY, Martin A, Martin V. Fatigue and recovery after high-intensity exercise part I: neuromuscular fatigue. *Int J Sports Med* 2004;25:450-6.
7. Nakamura FY, Soares-Caldeira LF, Laursen PB, Polito MD, Leme LC, Buchheit M. Cardiac autonomic responses to repeated shuttle sprints. *Int J Sports Med* 2009;30:808-13.
8. Buchheit M, Millet GP, Parisy A, Pourchez S, Laursen PB, Ahmaidi S. Supramaximal training and post-exercise parasympathetic reactivation in adolescents. *Med Sci Sports Exerc* 2008;40:362-71.
9. Ostojic SM, Markovic G, Calleja-Gonzalez J, Jakovljevic DG, Vucetic V, Stojanovic MD. Ultra short-term heart rate recovery after maximal exercise in continuous versus intermittent endurance athletes. *Eur J Appl Physiol* 2010;108:1055-9.
10. Rusko H, Nummela A, Mero A. A new method for the evaluation of anaerobic running power in athletes. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1993;66:97-101.
11. Vuorimaa T, Hakkinen K, Vahasoyrinki P, Rusko H. Comparison of three maximal anaerobic running test protocols in marathon runners, middle-distance runners and sprinters. *Int J Sports Med* 1996;17 Suppl 2:S109-13.
12. Nummela A, Alberts M, Rijntjes RP, Luhtanen P, Rusko H. Reliability and validity of the maximal anaerobic running test. *Int J Sports Med* 1996;17 Suppl 2:S97-102.
13. Nummela A, Andersson N, Hakkinen K, Rusko H. Effect of inclination on the results of the maximal anaerobic running test. *Int J Sports Med* 1996;17 Suppl 2:S103-8.
14. Nummela A, Hamalainen I, Rusko H. Comparison of maximal anaerobic running tests on a treadmill and track. *J Sports Sci* 2007;25:87-96.
15. Kikuya M, Hozawa A, Ohokubo T, Tsuji I, Michimata M, Matsubara M, et al. Prognostic significance of blood pressure and heart rate variabilities: the Ohasama study. *Hypertension* 2000;36:901-6.
16. Araújo CGS. Interpretando o descenso da frequência cardíaca no teste de exercício: falácias e limitações. *Revista do DERC* 2011;17:24-6.
17. Savin WM, Davidson DM, Haskell WL. Autonomic contribution to heart rate recovery from exercise in humans. *J Appl Physiol* 1982;53:1572-5.
18. Arai Y, Saul JP, Albrecht P, Hartley LH, Lilly LS, Cohen RJ, et al. Modulation of cardiac autonomic activity during and immediately after exercise. *Am J Physiol* 1989;256:H132-41.
19. Tomlin DL, Wenger HA. The relationship between aerobic fitness and recovery from high intensity intermittent exercise. *Sports Med* 2001;31:1-11.
20. Hedelin R, Wiklund U, Bjerle P, Henriksson-Larsen K. Cardiac autonomic imbalance in an overtrained athlete. *Med Sci Sports Exerc* 2000;32:1531-3.
21. Hedelin R, Kentta G, Wiklund U, Bjerle P, Henriksson-Larsen K. Short-term overtraining: effects on performance, circulatory responses, and heart rate variability. *Med Sci Sports Exerc* 2000;32:1480-4.
22. Norton K OT. *Anthropometrica*. Sidney, Australia: University of New South Wales Press 1996.
23. Ross WD CR, Carter JEL. *Anthropometry*. 1st ed. Toronto: Turnpike Electronic Publications Inc, 1999.
24. Allen D, Freund BJ, Wilmore JH. Interaction of test protocol and horizontal run training on maximal oxygen uptake. *Med Sci Sports Exerc* 1986;18:581-7.
25. ACSM. *ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription*. 8th ed. Baltimore: Lippincott Williams & Wilkins, 2010.
26. Mattioli GM, Araujo CG. Association between initial and final transient heart rate responses in exercise testing. *Arq Bras Cardiol* 2009;93:141-6.
27. 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.
28. Pierpont GL, Voth EJ. Assessing autonomic function by analysis of heart rate recovery from exercise in healthy subjects. *Am J Cardiol* 2004;94:64-8.
29. Dupont G, Millet GP, Guinhouya C, Berthoin S. Relationship between oxygen uptake kinetics and performance in repeated running sprints. *Eur J Appl Physiol* 2005;95:27-34.
30. Vesterinen V, Hakkinen K, Hynynen E, Mikkola J, Hokka L, Nummela A. Heart rate variability in prediction of individual adaptation to endurance training in recreational endurance runners. *Scand J Med Sci Sports* 2011; Aug 3 [Epub ahead of print].