



**Universidade do Estado do Rio de Janeiro**  
Centro de Educação e Humanidades  
Instituto de Educação Física e Desportos

Flávio Areal De Lemos

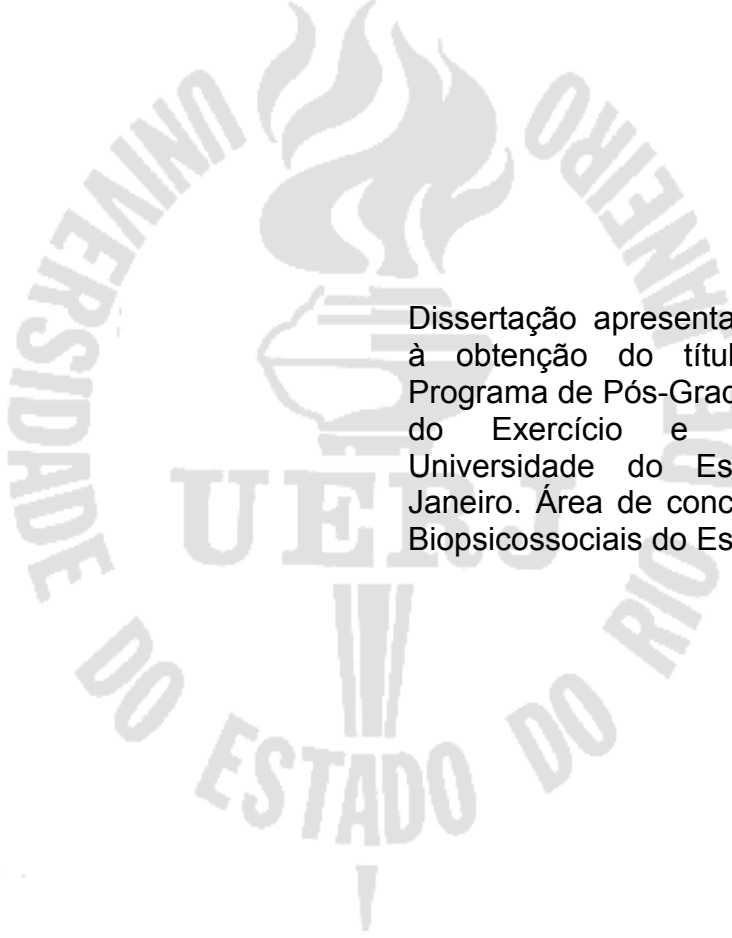
**Resposta do transiente final da frequência cardíaca ao teste  
anaeróbio máximo de Corrida - MART**

Rio de Janeiro

2015

Flávio Areal De Lemos

**Resposta do transiente final da frequência cardíaca ao teste anaeróbio máximo  
de Corrida - MART**



Dissertação apresentada, como requisito à obtenção do título de Mestre ao Programa de Pós-Graduação em Ciências do Exercício e do Esporte da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração: Aspectos Biopsicossociais do Esporte.

Orientador: Prof. Dr. Tony Meireles dos Santos

Rio de Janeiro

2015

CATALOGAÇÃO NA FONTE  
UERJ/REDE SIRIUS/BIBLIOTECA CEH/B

L557 Lemos, Flávio Areal De.

Resposta do transiente final da frequência cardíaca ao teste anaeróbio máximo de corrida - MART / Flávio Areal De Lemos. – 2015.

63 f. : il.

Orientador: Tony Meireles dos Santos.

Dissertação (mestrado) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Instituto de Educação Física e Desportos.

1. Corrida – Aspectos fisiológicos - Teses. 2. Aptidão física - Testes – Teses. 3. Sistema cardiovascular – Avaliação - Teses. 4. Sistema cardiopulmonar – Avaliação – Teses. 5. Teste de função respiratória – Avaliação – Teses. 6. Teste de função cardíaca – Avaliação – Teses. I. Santos, Tony Meireles dos. II. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Instituto de Educação Física e Desportos. III. Título.

CDU 612.766.1

Autorizo, apenas para fins acadêmicos e científicos, a reprodução total ou parcial desta dissertação desde que citada a fonte.

---

Assinatura

---

Data

Flávio Areal De Lemos

**Resposta do transiente final da frequência cardíaca ao teste anaeróbio máximo  
de Corrida - MART**

Dissertação apresentada, como requisito à obtenção do título de Mestre ao Programa de Pós-Graduação em Ciências do Exercício e do Esporte da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração: Aspectos Biopsicossociais do Esporte.

Aprovada em 10 de agosto de 2015.

Banca Examinadora:

---

Prof. Dr. Tony Meireles dos Santos (Orientador)  
Universidade Federal de Pernambuco

---

Prof<sup>a</sup>. Dra. Cristiane Matsuura  
Universidade do Estado do Rio de Janeiro - UERJ

---

Prof. Dr. Bruno Moreira Silva  
Universidade Federal de São Paulo

Rio de Janeiro  
2015

## AGRADECIMENTOS

À minha família que sempre me apoiou em todas as minhas ambições profissionais e que sempre deram o maior valor nas minhas escolhas. Em especial a minha mãe, Regina Célia Areal de Lemos, que sempre cautelosa e preocupada me aconselhou, desejando o melhor. E meu pai, Emy Guimarães de Lemos, que nunca me deixou faltar nada e que sempre me apoiou e sempre atencioso e preocupado com o meu futuro. Amo muito vocês.

À minha esposa, Flávia Nascimento Rodrigues Alves, que sempre me respeitou, apoiou incondicionalmente e que traz alegria a minha vida até mesmo naqueles momentos mais duros do mestrado, me dando forças para seguir em frente. Você é a minha vida, te amo.

Ao meu orientador, Tony Meireles dos Santos, que teve como tarefa árdua me orientar me deixando livre em alguns momentos para aprender a voar e me trazer de volta a realidade para conseguir seguir em frente. Obrigado pela amizade, companheirismo e cumplicidade durante estes dois anos de crescimento profissional, aprendizagem. Espero que a nossa relação de respeito e amizade perdure. Obrigado por fazer diferença na minha vida.

Aos meus familiares e amigos, que de alguma forma direta ou indiretamente me inspiraram nestes trinta e três anos de caminhada. Em especial ao meu irmão, madrinha, tios, primos.

À prof. Dr. Cristiane Matsuura pela atenção dispensada na avaliação deste trabalho e na contribuição em minha formação acadêmica.

Ao amigo e prof. Dr. Bruno Moreira Silva pelas contribuições ao longo da minha formação acadêmica, me dando força para seguir na pesquisa há muito tempo. Tenho grande admiração por toda a sua trajetória e amizade por tudo que você já fez por mim.

Ao mestrando Bruno Ramalho que esteve sempre disposto a me ajudar. E sua ida diversas vezes a coleta de dados nos finais de semana sem pedir nada em troca sendo um verdadeiro amigo. Além das diversas discussões acadêmicas que trazem sempre novos frutos a pesquisa.

Aos mestrandos e doutorandos Bruno Viana, Hugo Medeiros, Carlos Duarte e Fabio Albuquerque que contribuíram diretamente na minha formação com as nossas memoráveis aulas e discussões acadêmicas durante estes dois anos de mestrado. Tive a honra de conhecê-los, obrigado.

A todos os professores do PPGEF que contribuíram diretamente em todos os processos acadêmicos durante este dois anos e se hoje estou defendendo esta dissertação, não tenho dúvida que todos contribuíram para que fosse possível. Em especial, ao prof. Dr. Claudio Gil Soares de Araújo e a prof. Dr. Andrea Deslandes que os tenho como referência na área acadêmica.

À instituição privada Bodytech que possibilitou a coleta de dados, disponibilizando o espaço e os equipamentos. Em especial ao diretor e prof. Amauri Marcelo e Leonardo Cabral.

Aos professores da Universidade Gama Filho que contribuíram para a minha formação acadêmica e que me receberam de braços abertos durante o regresso ao mestrado. Em especial à professora Ludmila Mourão, Elen Furtado, Lilian Silva e Guilherme Pacheco. Obrigado pela confiança depositada.

Ao CNPq, por ter investido financeiramente na minha formação acadêmica. E todos os voluntários que se dispuseram a participar do estudo.

## RESUMO

LEMOS, Flávio Areal De. *Resposta do transiente final da frequência cardíaca ao teste anaeróbio máximo de Corrida - MART*. 2012. 63 f. Dissertação (Mestrado em Aspectos biopsicossociais do Esporte) - Instituto de Educação Física e Desportos, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015.

Os transientes iniciais e finais de frequência cardíaca podem apresentar respostas distintas ao teste anaeróbio máximo de corrida com diferentes inclinações. Ainda mais, quando comparados grupos com alto nível de aptidão física, mas de modalidades desportivas distintas. Objetivos: (a) Descrever a resposta cronotrópica da cardíaca durante o teste anaeróbio máximo de corrida. (b) Comparar em atletas de futebol e corredores recreacionais a variabilidade da frequência cardíaca em repouso pré e pós o teste anaeróbio máximo de corrida influenciadas pela inclinação da esteira. Método: No primeiro estudo foram avaliados 13 voluntários 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.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup> em três visitas. As medidas de frequência cardíaca foram analisadas a cada 5 s observando o cronotropismo cardíaco em três estágios de MART (início, meio e final). No segundo estudo foram avaliados 20 voluntários (12 atletas de futebol e 8 corredores recreacionais) em três visitas experimentais. Resultados: No primeiro estudo, a frequência cardíaca de recuperação foi registrada após 60 s do estímulo ( $58 \pm 20$  bpm) comparada à frequência cardíaca de pico alcançada nos 20 s de estímulo ( $39 \pm 14$  bpm) do teste anaeróbio máximo de corrida no primeiro e no último estágio do teste anaeróbio máximo de corrida apresentando maior amplitude de variação nos extremos do teste anaeróbio máximo de corrida a frequência cardíaca de recuperação quando comparada a frequência cardíaca de pico ( $P = 0,0017$ ). Foi encontrada uma maior amplitude de variação nos segundos iniciais de estímulo no momento inicial comparado ao final do teste anaeróbio máximo de corrida ( $p = 0,007$ ). Foi encontrada um progressivo aumento de amplitude nos momentos iniciais de recuperação comparado com o do meio ( $p = 0,035$ ) e comparado com o final ( $p = 0,005$ ) do teste. No segundo estudo atletas e não-atletas apresentaram níveis semelhantes de condicionamento aeróbio ( $56,04 \pm 5,34$  vs.  $56,05 \pm 4,44$  mL.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>,  $P = 0,600$ ) e anaeróbio ( $113,87 \pm 10,00$  vs.  $109,89 \pm 8,36$  mL.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>,  $P = 0,649$ ). A modulação autonômica cardíaca em repouso pré teste anaeróbio máximo de corrida comparada após o teste anaeróbio máximo de corrida apresentou diferença significativa em atletas no teste anaeróbio máximo de corrida a 12% (RMSSD pré:  $75,8 \pm 24,4$  ms; RMSSD pós:  $11,2 \pm 5,2$ ;  $P = 0,008$ ), e para os não atletas no teste anaeróbio máximo de corrida a 7% (RMSSD pré:  $47,3 \pm 23,2$  ms; RMSSD pós:  $9,5 \pm 9,1$ ;  $P = 0,045$ ). Conclusão: O teste anaeróbio máximo de corrida parece ser um modelo de sobrecargas fisiológicas adequado para investigar a modulação autonômica cardíaca. Os atletas apresentaram resposta mais rápida da reativação parassimpática quando comparada aos não-atletas.

Palavras-chave: Variabilidade da frequência cardíaca. Modulação autonômica cardíaca. Reativação parassimpática cardíaca. Teste anaeróbio máximo de corrida.

## ABSTRACT

LEMOS, Flávio Areal De. *Response of the final transiente heart rate to the maximal anaerobic running test – MART*. 2012. 63 f. Dissertação (Mestrado em Aspectos Biopsicossociais do Esporte) - Instituto de Educação Física e Desportos, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, 2015.

The initial and final transient heart rate may have different responses to maximal anaerobic running test with different inclinations. Even more so when compared groups with a high level of fitness, but in different sports. Objectives: (a) Describe the chronotropic response of the heart during maximal anaerobic running test. (b) Compare soccer players and recreational runners to heart rate variability at rest pre and post the maximum anaerobic running test influenced by the treadmill incline. Methods: In the first study evaluated 13 volunteers physically active with  $25,1 \pm 4,9$  years,  $76,8 \pm 12,5$  kg,  $178,4 \pm 9,0$  cm e  $50,6 \pm 4,1$  mL.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup> in three visits. The heart rate measurements were analysed every 5 s observing the heart chronotropism in three stages of MART (beginning, middle and end). In the second study we evaluated 20 volunteers (12 soccer players and 8 recreational runners) in three experimental visits. Results: In the first study, heart rate recovery was recorded after 60 s of stimulation ( $58 \pm 20$  bpm) compared to peak heart rate achieved in the 20 s of stimulation ( $39 \pm 14$  bpm) the maximum anaerobic test racing in the first and last stage the maximum anaerobic test run showing higher range of variation at the extremes of the maximum anaerobic test run the recovery heart rate when compared to peak heart rate ( $P = 0.0017$ ). A greater range of variation in seconds of stimulation when compared to the initial end of the maximum anaerobic running test ( $p = 0.007$ ) was found. It was found a gradual increase in amplitude in the initial recovery times as compared with the middle ( $p = 0.035$ ) and compared with the final ( $p = 0.005$ ) test. In the second study athletes and non-athletes had similar levels of aerobic fitness ( $56.04 \pm 5.34$  vs.  $56.05 \pm 4.44$  mL.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>,  $P = 0.600$ ) and anaerobic ( $113, 87 \pm$  vs.  $109.89 \pm 10.00$  8.36 mL.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>,  $P = 0.649$ ). The cardiac autonomic modulation in pre maximum anaerobic test race compared after maximal anaerobic running test rest showed significant difference in athletes maximum anaerobic test run to 12% (RMSSD pre:  $75.8 \pm 24.4$  ms; RMSSD post:  $11.2 \pm 5.2$ ;  $P = 0.008$ ) and non-athletes maximum anaerobic test run to 7% (RMSSD Pre:  $47.3 \pm 23.2$  ms; RMSSD Post:  $9.5 \pm 9.1$   $P = 0.045$ ). Conclusion: The maximum anaerobic running test appears to be a model of physiological burdens proper to investigate cardiac autonomic modulation. The athletes showed faster response of the parasympathetic reactivation compared to non-athletes.

Keywords: Heart rate variability. Cardiac autonomic modulation. Cardiac parasympathetic reactivation. Maximal anaerobic running test.



## LISTA DE ILUSTRAÇÕES E TABELAS

Figura 1 –	Resposta da FC de um dos sujeitos investigados escolhidos arbitrariamente que realizou o MART para representar o protocolo completo até o esforço Máximo.....	28
Figura 2 –	Decréscimo da FC durante um dos estágios de MART.....	29
Tabela 1 –	Caracterização fisiológica de desempenho do grupo investigado.....	30
Figura 3 –	Resposta da FC nos estágios de MART.....	31
Tabela 2 –	Associação (r) e nível de significância (P) das relações entre as variáveis cronotrópicas e de desempenho do MART.....	32
Figura 4 –	Comportamento da retirada e entrada vagal cardíaca no início, meio e fim do MART.....	33
Tabela 3 –	Caracterização da Amostra de Jogadores de futebol e corredores recreacionais.....	46
Tabela 4 –	Modulação Autonômica Cardíaca em repouso.....	47
Figura 5 –	Reativação parassimpática nos estágios de MART <sub>12%</sub> e MART <sub>7%</sub> em atleta de futebol e corredores recreacionais medido pela raiz quadrada da média dos quadrados das diferenças entre os intervalos sucessivos R-R sucessivos (RMSSD) com diferença significativa $P < 0,05^*$ .....	48
Figura 6 -	Reativação parassimpática cardíaca medida pelo tamanho do efeito após o primeiro e o último estágio de MART <sub>12%</sub> (a) e MART <sub>7%</sub> (b) entre jogadores de futebol e corredores recreacionais pela variável da raiz quadrada da média dos quadrados das diferenças entre os intervalos sucessivos R-R sucessivos (RMSSD).....	49

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

$D_{FC'}$	Decréscimo da frequência cardíaca no segundo estímulo de MART
$D_{FC''}$	Decréscimo da frequência cardíaca no último estímulo de MART
$D_{MART}$	Razão entre os dois decréscimos da frequência cardíaca de MART
FC	Frequência Cardíaca
FCM	Frequência Cardíaca Máxima
$FC_{pico}$	Frequência Cardíaca Máxima alcançada no estágio de MART
$FC_{rep}$	Frequência cardíaca de repouso
$FC_{rec}$	Frequência cardíaca de recuperação
$FC_{ON}$	Frequência cardíaca imediata ao início do exercício
$FC_{OFF}$	Frequência cardíaca imediata ao final do exercício
HF	Componente de alta frequência entre 0,15 e 0,40 Hz
$km.h^{-1}$	Quilômetros por hora
LF	Componente de baixa frequência entre 0,04 e 0,15 Hz
MAC	Modulação autonômica cardíaca
MART	Teste anaeróbio máximo de corrida
$MART_{DEMAND}$	Demanda metabólica do último estágio do teste anaeróbio máximo de corrida
$mL.kg^{-1}.min^{-1}$	Mililitros por quilograma por minuto
ms	Milissegundos
$min.s^{-1}$	Minutos por segundo
pNN50	Percentual dos intervalos RR adjacentes com diferença de duração maior que 50ms
RMSSD	Raiz quadrada da média das diferenças sucessivas ao quadrado entre os intervalos normais adjacentes a um intervalo de tempo,

expresso em milissegundos.

SDNN	Desvio-padrão entre os ciclos normais sucessivos
TCPE	Teste cardiopulmonar de exercício máximo
VFC	Variabilidade da frequência cardíaca
$V_{MART}$	Velocidade final do teste anaeróbio máximo de corrida
$V\dot{O}_{2m\acute{a}x}$	Consumo máximo de oxigênio

## SUMÁRIO

	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>11</b>
<b>1</b>	<b>ESTUDO 1 - RESPOSTA CRONOTRÓPICA AO TESTE ANAERÓBIO MÁXIMO DE CORRIDA – MART (ARTIGO CIENTÍFICO) .....</b>	<b>22</b>
<b>2</b>	<b>ESTUDO 2 - RESPOSTA DA MODULAÇÃO AUTONÔMICA CARDÍACA NO TESTE ANAERÓBIO MÁXIMO DE CORRIDA EM CORREDORES RECREACIONAIS E JOGADORES DE FUTEBOL (ARTIGO CIENTÍFICO).....</b>	<b>38</b>
	<b>CONCLUSÕES FINAIS .....</b>	<b>56</b>
	<b>APÊNDICE A – Estratificação de risco .....</b>	<b>57</b>
	<b>APÊNDICE B – Estudo 1: Termo de Consentimento .....</b>	<b>58</b>
	<b>APÊNDICE C – Estudo 2: Termo de Consentimento .....</b>	<b>61</b>

## INTRODUÇÃO

A atividade cardíaca é modulada intrinsecamente por alças autonômicas sobre o nodo sinoatrial estimulado pelo sistema simpático e parassimpático (ou vagal), além da ação das catecolaminas circulantes no sangue. Estes mecanismos atuam tanto em repouso quanto durante o exercício físico. Entretanto, ainda persistem na literatura diversas dúvidas sobre o complexo funcionamento da modulação autonômica cardíaca.

As fibras nervosas simpáticas e parassimpáticas secretam principalmente uma das duas substâncias transmissoras sinápticas (acetilcolina ou noradrenalina). As fibras que secretam acetilcolina (colinérgica) são tanto pré-ganglionares quanto pós-ganglionares e atuam nos dois sistemas nervosos (simpático e parassimpático). A acetilcolina ativa os receptores muscarínicos e nicotínicos. Os receptores muscarínicos são encontrados em todas as células efectoras estimuladas pelos neurônios pós-ganglionares do sistema nervoso parassimpático e pelos neurônios pós-ganglionares colinérgicos do sistema simpático. E os receptores nicotínicos são encontrados nas sinapses entre os neurônios pré-ganglionares e pós-ganglionares dos sistemas simpático e parassimpático. Já os receptores adrenérgico alfa ( $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$ ) e beta ( $\beta_1$ ,  $\beta_2$ ) exercem efeitos distintos na noradrenalina e adrenalina, ambas secretadas no sangue pela medula adrenal. Enquanto a noradrenalina excita principalmente os receptores alfa e em menor grau os receptores beta, a adrenalina excita ambos os receptores de forma igual. Desta forma, os efeitos relativos da noradrenalina e da adrenalina são determinados pelos tipos de receptores dos órgãos, realizando vasodilatação ( $\alpha_1$  ou  $\beta_1$ ), vasoconstrição ( $\beta_2$ ), aceleração cardíaca ( $\beta_1$ ) e aumento da força do miocárdio ( $\beta_1$ ). Geralmente, a estimulação simpática aumenta a atividade global cardíaca. Ocorrendo tanto pelo aumento da frequência cardíaca quanto da força de contração cardíaca. E a estimulação parassimpática produz principalmente os efeitos opostos.

Todos os neurônios pós-ganglionares do sistema parassimpático são colinérgicos. Inversamente, a maioria dos neurônios pós-ganglionares simpáticos é adrenérgica, ou seja, possuem fibras que secretam noradrenalina. A secreção de acetilcolina e de noradrenalina é realizada pelas terminações pós-ganglionares. As terminações nervosas autonômicas pós-ganglionares dos nervos parassimpáticos

são semelhantes às da junção neuromuscular esquelética, porém muito menores. Quando a acetilcolina é sintetizada nas terminações das fibras dos nervos colinérgicos, ela persiste no tecido durante alguns segundos, então a maior parte da molécula é clivada em íons acetato e colina catalisada pela enzima “acetilcolinesterase”, ligada ao colágeno e aos glicosaminoglicanos do tecido conjuntivo local. Assim, a colina formada é transportada de volta para as terminações nervosas, onde é utilizada novamente para a síntese de novas moléculas de acetilcolina. Já a síntese da noradrenalina começa no axoplasma, na extremidade da terminação nervosa das fibras nervosas adrenérgicas, mas é completada nas vesículas secretadas. Na medula adrenal, essa reação passa por mais uma etapa adicional, transformando cerca de 80% da noradrenalina em adrenalina. Após a secreção da noradrenalina pela terminação nervosa, ela é removida do sítio de secreção por reabsorção pelas próprias terminações nervosas adrenérgicas, por um processo de transporte ativo (remoção de 50% a 80% da noradrenalina secretada) ou pela difusão para fora da terminação nervosa para os líquidos corporais circundantes e, daí, para o sangue (remoção da maior parte do restante da noradrenalina) ou pela degradação de pequenas quantidades por enzimas dos tecidos (1).

A noradrenalina secretada diretamente no tecido permanece ativa durante alguns segundos, o que demonstra que a sua reabsorção e difusão são rápidas. No entanto, a noradrenalina e a adrenalina secretadas no sangue pelas medulas adrenais permanecem ativas até que se difundam para algum tecido, sendo degradadas pela catecol-O-metiltransferase, principalmente no fígado. Quando secretadas no sangue, tanto a noradrenalina quanto a adrenalina permanecem muito ativas durante 10 a 30 s, então sua atividade diminui até a extinção, ao longo de um até vários minutos (1). Desta forma, as regulações abruptas da frequência cardíaca nas transições repouso-exercício e exercício-recuperação se devem a atuações rápidas dos terminais parassimpáticos, principalmente pela anatomia dos neurônios pré e pós-ganglionar que possuem uma condição saltatória de descarga de mielina (mielinização) mais rápida (2).

Qualquer vasoconstricção de ativação simpática que esteja presente em um tecido ativo é contido rapidamente pela forte vasodilação induzida pelo metabolismo local circulante, esse fenômeno é denominado simpatólise funcional, cuja queda do efeito simpático durante o exercício produz vasodilatação no músculo local e

vasoconstricção no resto do organismo havendo como conseqüência a redistribuição do débito cardíaco com uma perfusão “preferencial” da musculatura em atividade (4). Desta forma, os ajustes do sistema cardiovascular permitem a regulação rápida da frequência cardíaca assim como a distribuição do sangue no circuito vascular pelas necessidades metabólicas e fisiológicas momentâneas do organismo (1).

### **Variabilidade da frequência cardíaca**

A variabilidade da frequência cardíaca é uma medida não invasiva que reflete as oscilações entre os batimentos cardíacos sucessivos, em ritmo sinusal, obtidos pelos intervalos R-R, constituindo um método para avaliação simpato-vagal com implicações de prognóstico e mortalidade cardiovascular (3). Sua análise pode ser feita sob o domínio do tempo e da frequência em registro de curta (5 min a 30 min) a longa duração (24 horas). Esta coleta deve ser feita durante o repouso conforme padrões já descritos na literatura (3). Os índices que expressam a predominância da modulação vagal cardíaca em repouso sob domínio do tempo são a RMSSD (raiz quadrada da média da soma do quadrado das diferenças entre ciclos adjacentes), o pNN50 (percentual dos intervalos RR adjacentes com diferença de duração maior que 50ms.) e o SDNN (desvio-padrão entre os ciclos normais sucessivos) e sob o domínio da frequência pela análise espectral é o HF (componente de alta frequência que abrange as respostas entre 0,15 e 0,40 Hz) (5).

Outra forma de avaliar o comportamento do sistema nervoso autônomo durante o exercício é verificar através do transiente inicial da frequência cardíaca representado pela transição do repouso ao exercício abrupto (6, 7). Além deste, a interrupção abrupta do exercício, denominado transiente final da frequência cardíaca (2, 8, 9), também possibilita a investigação de perturbações ao sistema nervoso autônomo. Por fim, outra forma de analisar o comportamento do sistema nervoso autônomo é pela reativação parassimpática cardíaca processada pela recuperação da frequência cardíaca pós-esforço físico preferencialmente padronizado (2, 8, 10).

Diversos modelos têm avaliado o comportamento da modulação autonômica e o reflexo vagal cardíacos pelos índices recomendados pela Sociedade Européia de Cardiologia e a Sociedade Norte Americana de Eletro-fisiologia (4). Através dos estudos com intervenções farmacológicas têm sido possível entender o comportamento da reentrada vagal cardíaca pós-atividade e como age a interação do sistema nervoso autonômico durante os transientes da frequência cardíaca (12, 14-16).

### **Reativação parassimpática cardíaca pós-exercício**

A frequência cardíaca pós-esforço físico pode levar de 1 a 24 horas para retornar aos valores basais normais, dependendo principalmente da relação intensidade e volume do esforço físico realizado (10). A progressiva redução da atividade simpática junto à reentrada parassimpática cardíaca são importantes componentes da recuperação da frequência cardíaca após um esforço máximo ou submáximo. No entanto, a interação entre o sistema nervoso simpático e parassimpático ainda foi bem esclarecida, deixando como lacuna qual dos ramos tem atuação sobre o outro resultando na redução progressiva da frequência cardíaca (3, 8, 11, 12).

Embora classicamente a avaliação do primeiro minuto imediatamente após esforço tenha demonstrado relação direta com risco de mortalidade tanto em indivíduos assintomáticos quanto em cardiopatas pela reduzida da resposta vagal, as evidências ainda não são suficientes para identificar quanto o decréscimo da frequência cardíaca pode ser associado com maiores riscos à saúde cardiovascular (13).

Na presente dissertação, foi analisada a frequência cardíaca através das medidas tanto no descenso (primeiro estudo), quanto o comportamento autonômico cardíaco medido pelos índices que descrevem sua resposta parassimpática (segundo estudo). Ambos os procedimentos podem demonstrar o comportamento da atividade vagal cardíaca, imediatamente ao início do exercício e imediatamente após o exercício físico.

### **Aptidão física vs. variabilidade da frequência cardíaca**

A influência do nível de aptidão física com a resposta em repouso e nos transientes iniciais e finais da frequência cardíaca ainda não está bem esclarecida na literatura. Algumas evidências com indivíduos de maior aptidão física demonstraram maior atuação do sistema nervoso parassimpático evidenciada pelos índices de variabilidade da frequência cardíaca em repouso (5, 17, 18). No entanto, outros estudos como de Byrne et al. (19), Tulppo et al. (20), Melanson et al. (21) e Grant et al. (22) reportaram resultados divergentes.

No transiente inicial da frequência cardíaca, indivíduos com maior aptidão física (atletas), apresentaram resposta atenuada da frequência cardíaca, possivelmente pelo mecanismo de adaptação ao treinamento que promove perda da sensibilidade dos receptores periféricos (23, 24). Entretanto, cardiopatas também



apresentaram resposta atenuada de frequência cardíaca no transiente inicial da frequência cardíaca, pela diminuída atuação vagal em repouso (25, 26). Os estudos que demonstraram relação entre aptidão física e modulação autonômica cardíaca sempre analisaram indivíduos com alta potência aeróbia máxima ( $V\dot{O}_{2m\acute{a}x}$ ) comparados aos de baixo  $V\dot{O}_{2m\acute{a}x}$  ou que apresentam algum tipo de enfermidade cardiovascular. Embora a relação entre a aptidão física e a variabilidade da frequência cardíaca não seja linear como já apresentada em estudos anteriores (17, 20), o tipo de atividade realizada, como aquelas com características intermitentes, podem influenciar diretamente nesta relação.

Os indivíduos com alta aptidão física comparados aos indivíduos com baixa aptidão física apresentaram maior atuação da modulação autonômica cardíaca em repouso evidenciada pelas medidas de variabilidade da frequência cardíaca (27, 28) e também maior e mais rápida redução da frequência cardíaca de recuperação (5, 10, 29, 30) por mais que esta última tenha poucas evidências na literatura.

Na presente dissertação foram testados dois grupos de modalidades desportivas distintas, mas com potência aeróbia e anaeróbia máxima semelhantes. Objetivou-se esclarecer o comportamento da variabilidade da frequência cardíaca em modalidades desportivas intermitentes.

### **Mobilização muscular vs. variabilidade da frequência cardíaca**

A demanda de oxigênio necessária para mobilizar a massa muscular na corrida é dependente da intensidade do exercício físico e do tipo de terreno. O mecanismo responsável pelo aumento do déficit de oxigênio resultante da inclinação na esteira ainda não foi bem esclarecido, tendo como hipótese o aumento da atividade muscular ou alteração da eficiência de corrida. Sloniger et al. (31) demonstraram percentualmente a ativação muscular dos membros inferiores aumenta  $73 \pm 7\%$  com o aumento de 10% de inclinação na esteira quando comparada corrida em terreno plano ( $67 \pm 8\%$ ) em alta intensidade ( $115\% V\dot{O}_{2m\acute{a}x}$ ). Historicamente, Astrand et al. (32) demonstraram que a frequência cardíaca máxima testada em diferentes modalidades físicas apresentavam respostas semelhantes. Desta forma, cria-se a hipótese de que a corrida com diferentes inclinações, mas com a mesma demanda metabólica, pode promover respostas semelhantes de frequência cardíaca. Da mesma forma, o comportamento da frequência durante o exercício intermitente máximo, pode promover respostas dependentes da intensidade imposta.

O transiente final da frequência cardíaca ao exercício intermitente, pode ser descrito pela diferença entre a frequência cardíaca de pico durante o estímulo de exercício máximo e a frequência cardíaca de recuperação logo após 60 s de repouso, é controlado pela complexa interação entre fatores neurais e humorais (33). A reativação parassimpática (34) e a progressiva retirada simpática cardíaca (35) tem sido determinada pela hemodinâmica de recuperação pós-exercício induzida pela contração muscular que aumenta a quantidade de metabólitos circulantes (noradrenalina, adrenalina, lactato,  $H^+$ , fosfato inorgânico) (36) iniciando um papel tanto quimiorreflexo arterial (33) quanto metaborreflexo muscular (36) controlado pela frequência cardíaca.

O metaborreflexo é o principal mecanismo de controle regulatório das respostas ventilatórias pelas mudanças na concentração do oxigênio e gás carbônico arterial (37). Respondem primariamente à hipóxia causada pela fosforilação oxidativa e a redução na produção de ATP pelas mitocôndrias (37). O metaborreflexo é o regulador dos níveis sanguíneos de oxigênio e gás carbônico. Quando o oxigênio fornecido para ativar os músculos for inadequado para a demanda metabólica, há uma estimulação dos nervos sensoriais e de reflexo da resposta isquêmica cerebral, contribuindo para regulação do fluxo cerebral e para os reflexos gerados nos mecanorreceptores ventriculares influenciando a contratilidade do coração, a frequência cardíaca, aumentando a atividade simpática e a pressão arterial (38).

Em estudos anteriores foram comparadas diferentes mobilizações de massa muscular e o comportamento alterado dos mecanorreceptores. No estudo de Vianna et al. (39), identificou-se relação direta entre a modulação da frequência cardíaca e a mobilização dos membros envolvidos no exercício, acarretando no rápido ajuste cardiovascular provido da necessidade de aporte de oxigênio na musculatura mobilizada, mesmo que de forma passiva. No entanto, o modelo de aumento de mobilização de massa muscular promovido utilizado no estudo apresenta limitações por não ser capaz de diferenciar uma efetiva maior mobilização de massa muscular em comparação com diferentes segmentos corporais mobilizados. De forma contrária, estudo Silva et al. (40) apresentou respostas reprodutivas semelhantes quando comparado exercício dos membros superiores com membros inferiores. Neste sentido, a realização de duas atividades feitas a uma mesma demanda

metabólica porém com maior massa muscular mobilizada pode gerar esclarecimento do fenômeno originalmente investigado por Vianna et al. (39) e Silva et al (40).

### **Teste anaeróbio máximo de corrida**

Os testes que analisam a potência anaeróbia máxima são comumente intermitentes e realizados a uma intensidade superior a intensidade máxima realizada no teste cardiopulmonar de exercício, sendo caracterizados como testes supramáximos. O teste anaeróbio máximo de corrida (MART), proposto por Rusko et al. (41), possui uma relação 1:5 de estímulo (20 s) vs. recuperação (100 s) com característica progressiva supramáxima. Este teste tem sido utilizado na determinação da potência anaeróbia máxima e da competência neuromuscular na corrida. A cada estágio, o teste anaeróbio máximo de corrida tem o acréscimo de  $6 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$  em sua demanda, até a exaustão voluntária máxima. A dinâmica do teste consiste em corridas intermitentes, onde o indivíduo entra abruptamente na esteira rolante a uma intensidade que pode chegar de 100% a 190% da potência aeróbia máxima, saindo após 20 s para se recuperar. Apesar de ainda não adequadamente explorado, o MART caracteriza-se como um modelo experimental adequado para analisar a resposta do transiente inicial e final da frequência cardíaca pela sua estruturação de estímulo recuperação de forma abrupta. Investigamos no presente estudo dois protocolos de MART com a mesma demanda metabólica por estágio e fim de investigar o efeito do aumento da mobilização muscular em atividade intermitente sobre as respostas da MAC.

### **Objetivos da dissertação**

- (a) Verificar a resposta cronotrópica cardíaca durante um teste anaeróbio máximo de corrida através dos comportamentos da frequência cardíaca nos segundos iniciais de estímulo e nos segundos iniciais de recuperação.
- (b) Correlacionar as variáveis cronotrópicas com as variáveis de desempenho aeróbio e anaeróbio.
- (c) Comparar em atletas e não-atletas de futebol a modulação autonômica cardíaca em repouso.
- (d) Comparar a influência das diferentes inclinações (12% vs. 7%) do teste anaeróbio máximo de corrida sobre a modulação autonômica cardíaca em atletas e não-atletas.
- (e) Estabelecer a influência da especialização esportiva (futebol) sobre as respostas da modulação autonômica cardíaca nos estágios extremos do

teste anaeróbio máximo de corrida (primeiro e último) nas duas inclinações investigadas (12% vs. 7%).

- (f) Comparar a influência da inclinação do teste anaeróbio máximo de corrida (12% vs. 7%) com a resposta da reativação parassimpática.

### **Apresentação**

A presente dissertação será estruturada no formato de artigos científicos, tratados em dois documentos separados em dimensão final para publicação. O primeiro documento trata do comportamento da frequência cardíaca em MART durante o transiente da frequência cardíaca inicial e final intitulado “Respostas Cronotrópicas ao Teste Anaeróbio Máximo de Corrida - MART” encontra-se em processo de revisão pela Revista Brasileira de Medicina do Esporte. No segundo manuscrito, objetiva-se avaliar a variabilidade da frequência cardíaca em MART com duas inclinações distintas e dois grupos treinados em modalidades desportivas distintas (futebol e corrida recreacional), intitulado “Resposta da Modulação Autonômica Cardíaca no Teste Anaeróbio Máximo de Corrida em jogadores de Futebol” tem como foco de publicação o Int J Sports Med, Eur J Appl Physiol ou Clinical Physiology and Functional Imaging.

## Referências Bibliográficas

1. Eric P. Widmaier HR, Kevin T. Strang. Vander et al.: Human Physiology: The Mechanism of Body Function. 8th ed: McGraw Hill; 2001.
2. 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 Oct 28;341(18):1351-7.
3. Heart rate variability. Standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use. Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. *Eur Heart J* 1996 Mar;17(3):354-81.
4. Remensnyder J, Mitchell J, Sarnoff S. Functional sympatholysis during muscular activity. *Circ Res* 1962 11:370-380.
5. Buchheit M, Gindre C. Cardiac parasympathetic regulation: respective associations with cardiorespiratory fitness and training load. *Am J Physiol Heart Circ Physiol* 2006 Jul;291(1):H451-8.
6. Nobrega AC, Araujo CG. Heart rate transient at the onset of active and passive dynamic exercise. *Med Sci Sports Exerc* 1993 Jan;25(1):37-41.
7. Williamson JW, Nobrega AC, Winchester PK, Zim S, Mitchell JH. Instantaneous heart rate increase with dynamic exercise: central command and muscle-heart reflex contributions. *J Appl Physiol* 1995 Apr;78(4):1273-9.
8. 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 Apr 4;132(7):552-5.
9. Goldberger JJ, Le FK, Lahiri M, Kannankeril PJ, Ng J, Kadish AH. Assessment of parasympathetic reactivation after exercise. *Am J Physiol Heart Circ Physiol* 2006 Jun;290(6):H2446-52.
10. Buchheit M, Chivot A, Parouty J, Mercier D, Al Haddad H, Laursen PB, Ahmaidi S. Monitoring endurance running performance using cardiac parasympathetic function. *Eur J Appl Physiol* 2010 Apr;108(6):1153-67.
11. Arai Y, Saul JP, Albrecht P, Hartley LH, Lilly LS, Cohen RJ, Colucci WS. Modulation of cardiac autonomic activity during and immediately after exercise. *Am J Physiol* 1989 Jan;256(1 Pt 2):H132-41.
12. Araujo CG, Nobrega AC, Castro CL. Heart rate responses to deep breathing and 4-seconds of exercise before and after pharmacological blockade with atropine and propranolol. *Clin Auton Res* 1992 Feb;2(1):35-40.
13. Araújo CGS. Interpretando o descenso da frequência cardíaca no teste de exercício: falácias e limitações. *Revista do DERC* 2011;17(1):24-6.
14. de Castro CL, da Nobrega AC, de Araujo CG. [Autonomic cardiovascular tests. A critical review. II]. *Arq Bras Cardiol* 1992 Aug;59(2):151-8.
15. de Castro CL, de Nobrega AC, de Araujo CG. [Autonomic cardiovascular tests. A critical review. I]. *Arq Bras Cardiol* 1992 Jul;59(1):75-85.
16. Ricardo DR, Silva BM, Vianna LC, Araujo CG. Cardiac vagal withdrawal and reactivation during repeated rest-exercise transitions. *Eur J Appl Physiol* 2010 Nov; 110(5):933-42.
17. Hautala AJ, Makikallio TH, Kiviniemi A, Laukkanen RT, Nissila S, Huikuri HV, Tulppo MP. Cardiovascular autonomic function correlates with the response to aerobic training in healthy sedentary subjects. *Am J Physiol Heart Circ Physiol* 2003 Oct;285(4):H1747-52.

18. Marocolo M, Nadal J, Benchimol Barbosa PR. The effect of an aerobic training program on the electrical remodeling of heart high-frequency components of the signal-averaged electrocardiogram is a predictor of the maximal aerobic power. *Braz J Med Biol Res* 2007 Feb;40(2):199-208.
19. Byrne EA, Fleg JL, Vaitkevicius PV, Wright J, Porges SW. Role of aerobic capacity and body mass index in the age-associated decline in heart rate variability. *J Appl Physiol* 1996 Aug;81(2):743-50.
20. Tulppo MP, Makikallio TH, Seppanen T, Laukkanen RT, Huikuri HV. Vagal modulation of heart rate during exercise: effects of age and physical fitness. *Am J Physiol* 1998 Feb;274(2 Pt 2):H424-9.
21. Melanson EL. Resting heart rate variability in men varying in habitual physical activity. *Med Sci Sports Exerc* 2000 Nov;32(11):1894-901.
22. Grant CC, Clark JR, van Rensburg DC, Viljoen M. Relationship between exercise capacity and heart rate variability: supine and in response to an orthostatic stressor. *Auton Neurosci* 2009 Dec 3;151(2):186-8.
23. Miyamura M, Ishida K, Hashimoto I, Yuza N. Ventilatory response at the onset of voluntary exercise and passive movement in endurance runners. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1997;76(3):221-9.
24. Sato K, Matsuo H, Katayama K, Ishida K, Honda Y, Katsumata K, Miyamura M. Ventilatory and circulatory responses at the onset of voluntary exercise and passive movement in sprinters. *Eur J Appl Physiol* 2004 Jun;92(1-2):196-203.
25. Ricardo DR, de Almeida MB, Franklin BA, Araujo CG. Initial and final exercise heart rate transients: influence of gender, aerobic fitness, and clinical status. *Chest* 2005 Jan;127(1):318-27.
26. Leeper NJ, Dewey FE, Ashley EA, Sandri M, Tan SY, Hadley D, Myers J, Froelicher V. Prognostic value of heart rate increase at onset of exercise testing. *Circulation* 2007 Jan 30;115(4):468-74.
27. Buchheit M, Laursen PB, Ahmaidi S. Parasympathetic reactivation after repeated sprint exercise. *Am J Physiol Heart Circ Physiol* 2007 Jul;293(1):H133-41.
28. Sandercock GR, Hardy-Shepherd D, Nunan D, Brodie D. The relationships between self-assessed habitual physical activity and non-invasive measures of cardiac autonomic modulation in young healthy volunteers. *J Sports Sci* 2008 Sep;26(11):1171-7.
29. Iellamo F, Legramante JM, Pigozzi F, Spataro A, Norbiato G, Lucini D, Pagani M. Conversion from vagal to sympathetic predominance with strenuous training in high-performance world class athletes. *Circulation* 2002 Jun 11;105(23):2719-24.
30. Buchheit M, Millet GP, Parisy A, Pourchez S, Laursen PB, Ahmaidi S. Supramaximal training and postexercise parasympathetic reactivation in adolescents. *Med Sci Sports Exerc* 2008 Feb;40(2):362-71.
31. Sloniger MA, Cureton KJ, Prior BM, Evans EM. Lower extremity muscle activation during horizontal and uphill running. *J Appl Physiol* 1997 83:2073-2079.
32. Astrand P, Saltin B. Maximal oxygen uptake and heart rate in various types of muscular activity. *J Appl Physiol* 1961 16(6):977-981.
33. Rowell LB, O'Leary DS. Reflex control of the circulation during exercise: chemoreflexes and mechanoreflexes. *J Appl Physiol* 1990 Aug;69(2):407-18.
34. Imai K, Sato H, Hori M, Kusuoka H, Ozaki H, Yokoyama H, Takeda H, Inoue M, Kamada T. Vagally mediated heart rate recovery after exercise is accelerated in athletes but blunted in patients with chronic heart failure. *J Am Coll Cardiol* 1994 Nov 15;24(6):1529-35.

35. Savin WM, Davidson DM, Haskell WL. Autonomic contribution to heart rate recovery from exercise in humans. *J Appl Physiol* 1982 Dec;53(6):1572-5.
36. Kaufman MP, Hayes SG. The exercise pressor reflex. *Clin Auton Res* 2002 Dec;12(6):429-39.
37. Wade JG, Larson CP, Jr., Hickey RF, Ehrenfeld WK, Severinghaus JW. Effect of carotid endarterectomy on carotid chemoreceptor and baroreceptor function in man. *N Engl J Med* 1970 Apr 9;282(15):823-9.
38. Ansorge EJ, Shah SH, Augustyniak RA, Rossi NF, Collins HL, O'Leary DS. Muscle metaboreflex control of coronary blood flow. *Am J Physiol Heart Circ Physiol* 2002 Aug;283(2):H526-32.
39. Vianna LC, Oliveira RB, Ramos PS, Ricardo DR, Araujo CG. Effect of muscle mass on muscle mechanoreflex-mediated heart rate increase at the onset of dynamic exercise. *Eur J Appl Physiol* 2010 Feb;108(3):429-34.
40. Silva BM, Vianna LC, Oliveira RB, Ricardo DR, Araújo CG. Similar cardiac vagal withdrawal at the onset of arm and leg dynamic exercise. *Eur J Appl Physiol* 2008 Apr;102(6):695-701.
41. 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(2):97-101.

## **1 ESTUDO 1 - RESPOSTA CRONOTRÓPICA AO TESTE ANAERÓBIO MÁXIMO DE CORRIDA – MART (ARTIGO CIENTÍFICO)**

Flávio Areal Lemos<sup>1,2</sup>, Tony Meireles Santos<sup>1,2,3</sup>

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. Grupo de Pesquisa Crossbridges, UGF

Autor correspondente:

Prof. Dr. Tony Meireles dos Santos

Laboratório Performance

Universidade Gama Filho

Rua Manoel Vitorino 553, Piedade, Rio de Janeiro, RJ,

20748-900, BRASIL

Tel/FAX: 55 21 2599 7138

E-mail: [tonyms@prohealth.com.br](mailto:tonyms@prohealth.com.br)



## Resumo

### Respostas Cronotrópicas ao Teste Anaeróbio Máximo de Corrida – MART

**Introdução:** O transiente da frequência cardíaca (FC) no teste anaeróbio máximo de corrida (MART) pode expressar comportamento autonômico cardíaco em exercício. Ainda não foi investigado se tais respostas cronotrópicas apresentam associação com o desempenho aeróbio e anaeróbio. **OBJETIVOS:** (a) Descrever a resposta cronotrópica cardíaca durante o MART nos segundos iniciais de estímulo ( $FC_{ON}$ ) e de recuperação ( $FC_{OFF}$ ); (b) estabelecer a associação entre as variáveis cronotrópicas com o desempenho aeróbio e anaeróbio. **MÉTODOS:** Foram voluntários 13 homens assintomáticos saudáveis 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·kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup>. 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 frequência cardíaca de recuperação foi registrada após 60 s do estímulo ( $58 \pm 20$  bpm) e apresentou maior amplitude de variação quando comparada à frequência cardíaca de pico alcançada nos 20 s de estímulo ( $39 \pm 14$  bpm) no primeiro e no último estágio do MART ( $P = 0,0017$ ). Foi encontrada uma maior amplitude de variação na  $FC_{ON}$  no momento inicial comparado ao final do MART ( $p = 0,007$ ). Foi encontrada um progressivo aumento de amplitude da  $FC_{OFF}$  nos momentos inicial vs. meio ( $p = 0,035$ ) e inicial vs. final ( $p = 0,005$ ) do MART. As correlações entre as variáveis cronotrópicas e de desempenho não apresentaram significância estatística ( $P > 0,05$ ). **CONCLUSÃO:** As respostas da frequência cardíaca de pico apresentaram o fator teto nos múltiplos estímulos de MART, já a FC de recuperação apresentou progressiva variação demonstrando que o tempo de 100 s de recuperação passiva não foi suficiente para reduzir a frequência cardíaca da mesma forma em todos os estágios de MART. No entanto, o MART pareceu ser um modelo de sobrecargas fisiológicas adequado para investigação dos transientes de frequência cardíaca, pois durante todo o teste houve aumento e redução da frequência cardíaca condizente com respostas múltiplas de estímulo.

**Palavras-Chave:** frequência cardíaca; potência anaeróbia máxima; desempenho; sistema nervoso autônomo.

## Abstract

### Chronotropic Response to the Maximal Anaerobic Running Test – MART

**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:** (a) Describe the cardiac chronotropic response during the MART in seconds of stimulation ( $HR_{ON}$ ) and recovery ( $HR_{OFF}$ ), (b) establish the association between chronotropic variables with aerobic and anaerobic performance. **METHOD:** Thirteen male volunteers were asymptomatic and physically active, with  $25.1 \pm 4.9$  years,  $76.8 \pm 12.5$  kg, 178.4 cm and  $50.6 \pm 9.0 \pm 4.1$  mL·kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup>. 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 performed until exhaustion MART. **RESULTS:** Heart rate recovery ( $58 \pm 20$  bpm) compared to the peak HR achieved in the first and last stage of MART ( $39 \pm 14$  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 a decrease in HR, and TCPE performance were not statistically significant ( $P < 0.05$ ), as well as the performance variables. **CONCLUSION:** The peak heart rate showed factor ceiling on multiple stimuli MART, as heart rate recovery showed progressive changes showing that the time of 100 s of passive recovery was not sufficient to reduce heart rate equally in all stages of MART. However, MART appears to be a model of physiological overload suitable for investigation of transient heart rate throughout the test because there was an increase and decrease in heart rate consistent with responses to multiple stimuli.

**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 intermitente (1-3). 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).

Atividade corrida intermitente de alta intensidade e baixa duração com inclinação produz um aumento do recrutamento dos músculos extensores de joelho (6) 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 s e 20 s 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) vs. 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 corrida (11-13). Apesar de sua configuração original não contemplar a resposta da FC, o seu desenho parece ser adequado para testar 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 mortalidade (15). No entanto, esta medida desconsidera os segundo 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 às variáveis cronotrópicas com as variáveis de desempenho aeróbio e anaeróbio.

## MÉTODOS

### Sujeitos

Foram voluntários 13 homens assintomáticos com  $25,1 \pm 4,9$  anos,  $76,8 \pm 12,5$  kg,  $178,4 \pm 9,0$  cm,  $50,6 \pm 4,1$  mL·kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup> e  $24,0 \pm 2,7$  kg·m<sup>-2</sup>. Todos os sujeitos treinavam regularmente ( $\geq 90$  min·sem<sup>-1</sup>) 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 sujeitos 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.

### Procedimentos

**Antropometria.** Para fins de caracterização da amostra, os sujeitos 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, Canada).

**Teste Cardiopulmonar de Exercício Máximo.** Para a determinação da potência aeróbia máxima ( $VO_{2Máx}$ ) e sua velocidade correspondente ( $V_{VO_{2Máx}}$ ), foi realizado o teste em esteira, com estágios de 2 min, inclinação constante em 1% e incrementos de 1.0 km·h<sup>-1</sup> (0.28 m·s<sup>-1</sup>) a partir da velocidade de 5.0 km·h<sup>-1</sup> (1.39 m·s<sup>-1</sup>) (24). Tais incrementos equivaleram, na fase da corrida, a uma sobrecarga de 3.5 mL·kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup> (25). 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

min que antecederam o teste cardiopulmonar de exercício máximo (TCPE) foi realizada uma medida de frequência cardíaca de repouso ( $FC_{REP}$ ) na posição supina sem controle respiratório e ao final do teste foi medida a FC de forma passiva por um período de 1 min representando o decréscimo da FC após o TCPE ( $FC_{REC\_TCPE}$ ) na posição supina sem controle respiratório.

Durante o teste, os sujeitos tiveram sua FC monitorada com registros a cada 5 s (*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 s das frações de  $VO_2$ ,  $VCO_2$  e VE a partir de um sistema analisador de gases automatizado (TEEM 100, MedGraphics Corp., St. Paul, USA) previamente calibrado para as concentrações conhecida de gases. A ventilação foi quantificada por um pneumotacômetro de fluxo médio (com amplitude de 20 a 110 L.min<sup>-1</sup>) e registrada a cada teste a pressão barométrica ( $675 \pm 1$  mmHg), temperatura ( $24 \pm 2$  °C) e umidade relativa do ar ( $73 \pm 11$  %). O  $VO_{2Máx}$  foi estabelecido como a média das três maiores medidas de  $O_2$  ao final do teste progressivo máximo.

**Teste Anaeróbio Máximo de Corrida (MART).** Foram realizados estímulos progressivos de 20 s e recuperação passiva com 100 s, partindo de 10.2 km.h<sup>-1</sup> com incrementos de 0.97 km.h<sup>-1</sup> a cada estágio com inclinação fixa de 12% até a exaustão voluntária máxima adaptado do protocolo de Rusko e Nummela et al. (10). Foi realizado um aquecimento com 3 min de duração a 5.0 km.h<sup>-1</sup> 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 TCPE (26). A demanda metabólica estimada pela equação correspondente a soma do componente de repouso (3,5 ml.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>), do componente vertical (deslocamento quando há inclinação) e do componente horizontal (velocidade de deslocamento) foi calculada no último estágio alcançado do teste anaeróbio máximo de corrida ( $MART_{DEMAND}$ ) (10).

**Análise do Comportamento Autonômico Cardíaco.** Durante os estágios do MART, a resposta da FC foi analisada a cada 5 s, como exemplificado na Figura 1. Desta forma foi possível observar a cinética da FC do MART representada por momentos de aceleração da FC nos 20 s de estímulo seguidos de recuperação representados por desaceleração da FC nos 100 s.

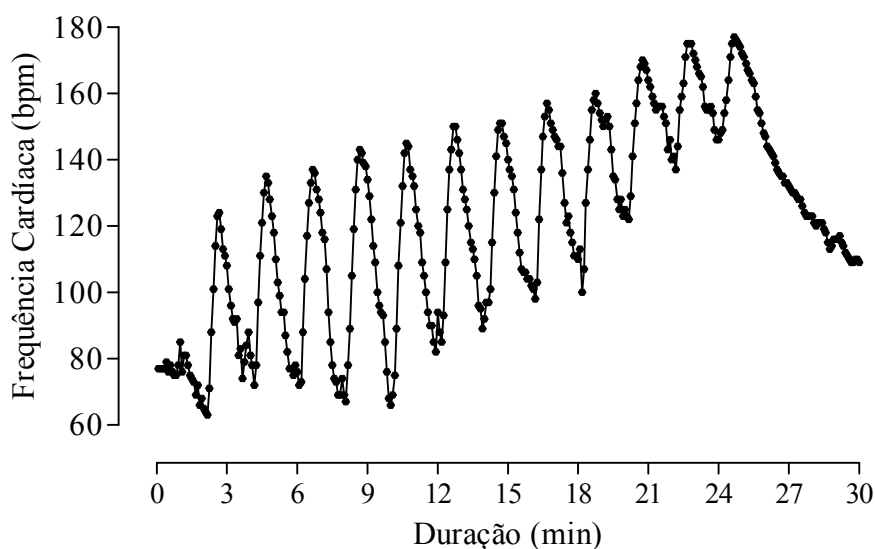


Figura 1. Resposta da FC de um dos sujeitos investigados escolhidos arbitrariamente que realizou o MART para representar o protocolo completo até o esforço máximo.

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 exercício (5). Para representar as respostas extremas de FC, foi analisada a variável frequência cardíaca de maior valor durante 20 s de cada estágio de MART ( $FC_{PICO}$ ) e a variável de menor frequência cardíaca no período de 60 s durante cada estágio de MART ( $FC_{REC}$ ). Estas respostas foram analisadas separadamente através de equações lineares 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 s 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 racionalizada 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, foi destacado os primeiros 20 s de estímulo e 20 s de recuperação. Foi assim, racionalizada a diferença entre a  $FC_{PICO}$  e a FC inicial do estágio de estímulo de MART ( $FC_{ON}$ ) seguida da diferença entre a  $FC_{PICO}$  e a FC de recuperação ( $FC_{OFF}$ ). Foram realizadas tais medidas em três estágios distintos no 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  $FC_{OFF}$ .

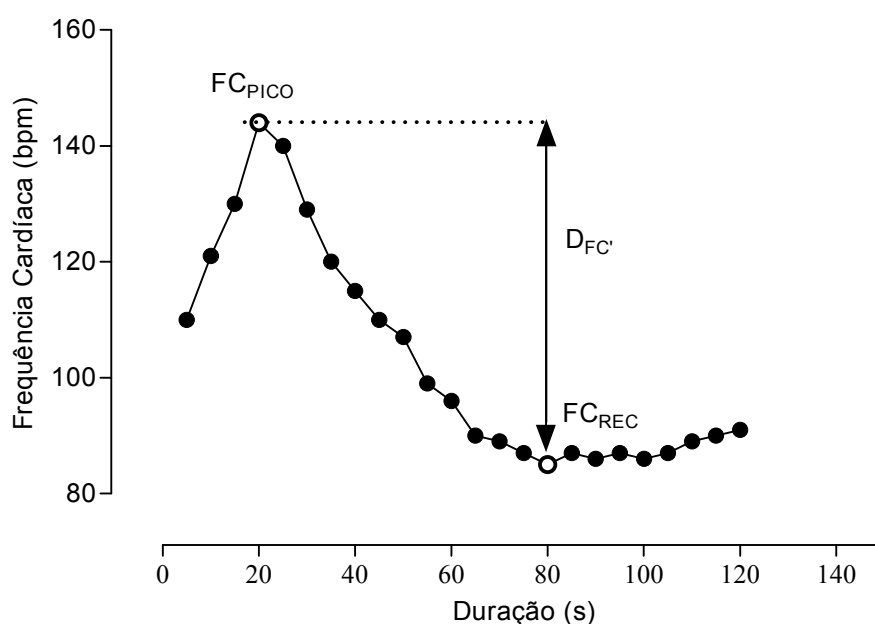


Figura 2: Decréscimo da FC durante um dos estágios de MART.  $FC_{PICO}$  - FC alcançada no estágio de MART;  $FC_{REC}$  - FC de recuperação no estágio de MART.

### 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 (EPE). 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 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  $VO_{2MÁX}$ ) 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 ( $VO_{2MÁX}$  e  $V_{VO_{2MÁX}}$ ) e anaeróbia ( $V_{MART}$ ) coerentes com o esperado para os sujeitos investigados.

Tabela1. Caracterização fisiológica de desempenho do grupo investigado (n = 13)

Variável	Média $\pm$ DP	IC <sub>95%</sub>	EP <sub>Média</sub>
FC <sub>REP</sub> (bpm)	64 $\pm$ 8	60 – 68	2,1
FCM (bpm)	189 $\pm$ 11	183 – 195	3,0
$V_{VO_{2MÁX}}$ (km.h <sup>-1</sup> )	13,5 $\pm$ 1,2	12,9 - 14,2	0,3
$VO_{2MÁX}$ (mL.kg <sup>-1</sup> .min <sup>-1</sup> )	50,6 $\pm$ 4,1	48,4 - 52,9	1,2
MART <sub>DEMAND</sub> (mL.km <sup>-1</sup> .min <sup>-1</sup> )	98,7 $\pm$ 6,6	97,9 - 99,3	0,4

n - número de sujeitos; FC<sub>REP</sub> - frequência cardíaca de repouso; FCM - frequência cardíaca máxima;  $V_{VO_{2MÁX}}$  - velocidade máxima alcançada no teste de esforço cardiopulmonar de exercício;  $VO_{2MÁX}$  - consumo de oxigênio máximo; MART<sub>DEMAND</sub> - demanda metabólica calculada pela equação de corrida em esteira com inclinação no último estágio alcançado de MART a 12% de inclinação; DP - desvio padrão; IC - intervalo de confiança 95%; EP<sub>Média</sub> - erro padrão da média.

As cinéticas da FC<sub>PICO</sub> e da FC<sub>REC</sub> apresentaram resposta linear e progressiva ao longo do MART (Figura 3). A cinética da FC<sub>REC</sub> comparada à da FC<sub>PICO</sub> apresentou maior inclinação, resultando em maior amplitude de variação ao longo do teste. Enquanto a FC<sub>PICO</sub> variou em média  $39 \pm 14$  bpm entre o primeiro e último estágios do MART, a FC<sub>REC</sub> variou  $58 \pm 20$  bpm caracterizando diferenças significativas ( $P = 0,0017$ ).



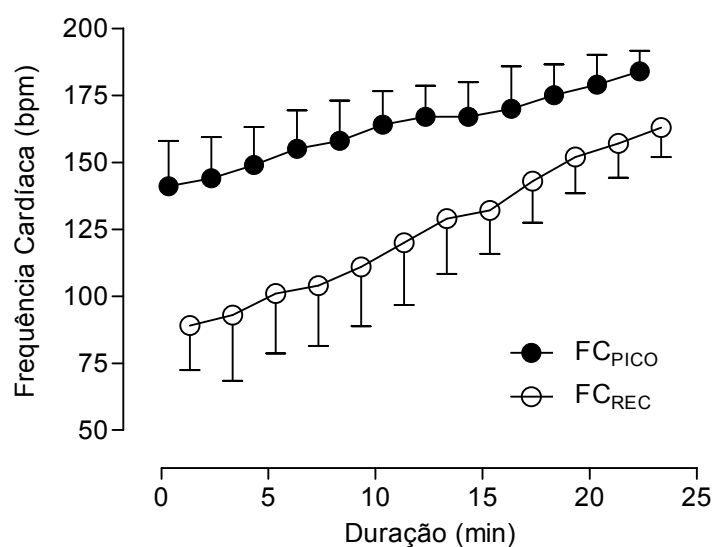


Figura 3: Resposta da FC nos estágios de MART. FC<sub>PICO</sub> - FC alcançada em cada estágio de MART; FC<sub>REC</sub> - FC de recuperação em cada estágio de MART.

A resposta vagal cardíaca no estímulo (FC<sub>ON</sub>) e na recuperação (FC<sub>OFF</sub>) do MART apresentou diferenças significativas (Figura 4). Quando a FC<sub>ON</sub> 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<sub>OFF</sub> 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 soma da FC<sub>ON</sub> e FC<sub>OFF</sub> ( $\Sigma FC_{ON:OFF}$ ) resultaram em respostas lineares e decrescentes da atividade parassimpática ao longo de todo o teste (Figura 4C). 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. Associação (r) e nível de significância (P) das relações entre as variáveis cronotrópicas e de desempenho do MART (n = 13)

Variáveis cronotrópicas	VO <sub>2MÁX</sub>	V <sub>MART</sub>
	r; P	r; P
D <sub>FC'</sub>	-0,322; 0,283	0,336; 0,262
D <sub>FC''</sub>	-0,303; 0,315	-0,148; 0,630
D <sub>MART</sub>	-0,325; 0,278	-0,325; 0,278
DFC <sub>TCPE</sub>	-0,107; 0,728	0,148; 0,629

n - número de sujeitos; D<sub>FC'</sub> - decréscimo da FC no segundo período do MART; D<sub>FC''</sub> - decréscimo da FC do último período de MART; D<sub>MART</sub> - razão entre os decréscimos D<sub>FC'</sub> e o D<sub>FC''</sub> durante todo o MART; VO<sub>2MÁX</sub> - consumo máximo de oxigênio; v<sub>MART</sub> - velocidade máxima alcançada durante o MART; Nível de significância de P < 0,05.

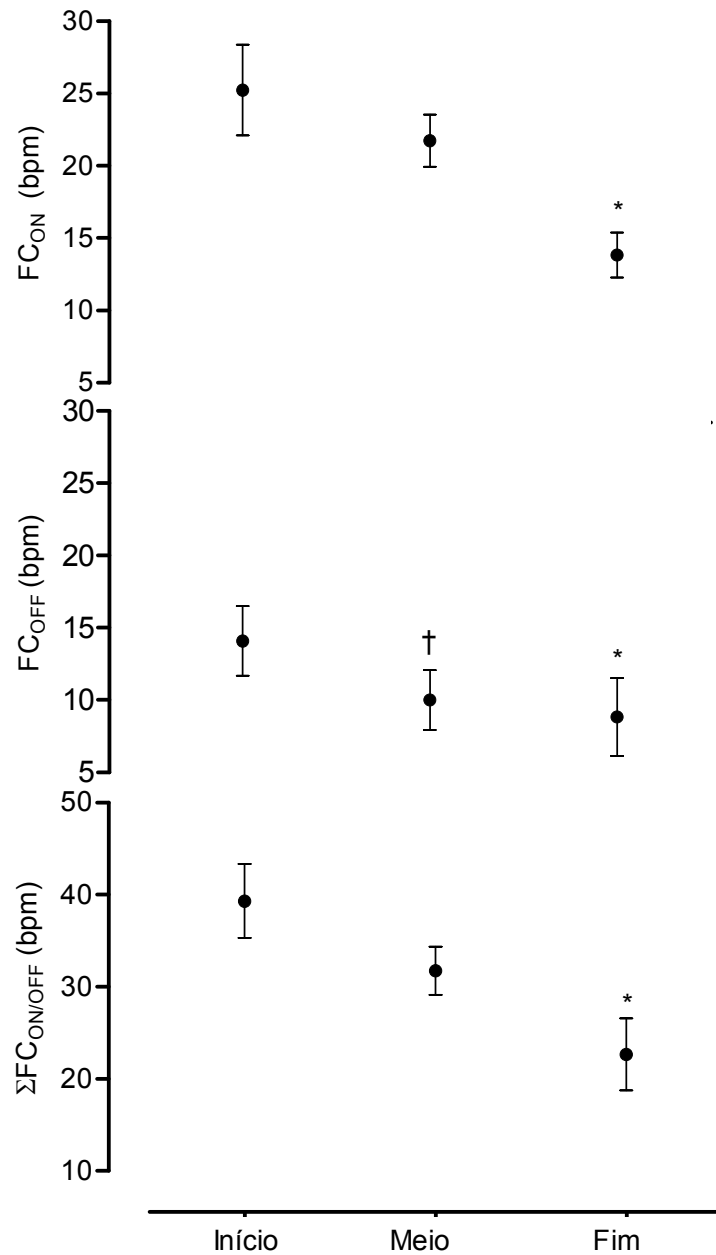


Figura 4. Comportamento da retirada e entrada vagal cardíaca no início, meio e fim do MART.  $FC_{ON}$  - Resposta da FC nos 20 s de estímulo do MART;  $FC_{OFF}$  - Resposta da FC nos 20 s iniciais da recuperação do MART;  $\Sigma FC_{ON:OFF}$  - Somatório das respostas da FC durante o estímulo e recuperação 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 metabólitos (13), 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 em 5 s iniciais do exercício, enquanto o sistema nervoso simpático tem sua latência em média de 2,5 min de exercício, quando a concentração de noradrenalina e adrenalina chega a seu valor máximo (4). Desta forma, durante estímulos curtos de 20 s 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 parassimpático (16), 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 Voth (28) 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 s de estímulo observada no presente estudo foi superior à reentrada vagal nos 20 s 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 responder 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 mais bem explorada, ampliando a utilidade do teste anaeróbio de corrida. Estudos com bloqueios farmacológicos cardiodepressores 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 V et al (30) analisados após 14 semanas de treinamento em diferentes intensidades.

O presente estudo limitou-se a captar as medidas de FC a cada 5 s. 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**

A frequência cardíaca pico aumentou progressivamente durante o teste, mas com menor magnitude que a frequência cardíaca de recuperação. Pelos transientes da frequência cardíaca podemos sugerir que a frequência cardíaca de recuperação não conseguiu alcançar os valores iniciais encontrados nos primeiros estágios do teste anaeróbio máximo de corrida, mesmo com uma recuperação maior que 60 s. Quando associadas às variáveis de desempenho com as variáveis cronotrópicas não foram encontradas diferenças significativas. Considerando que não houve bloqueio farmacológico como atropina ao longo do teste, o presente estudo não pode aferir se a complexa relação dos transientes da frequência cardíaca se deu pela atividade vagal cardíaca.

### **AGRADECIMENTOS**

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

## 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* 2010 Aug;24(8):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 Nov;110(5):933-42.
3. Buchheit M, Laursen PB, Ahmaidi S. Parasympathetic reactivation after repeated sprint exercise. *Am J Physiol Heart Circ Physiol* 2007 Jul;293(1):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(8):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 Jan;58(1):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 Aug;25(6):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 Nov;30(11):808-13.
8. Buchheit M, Millet GP, Parisy A, Pourchez S, Laursen PB, Ahmaidi S. Supramaximal training and postexercise parasympathetic reactivation in adolescents. *Med Sci Sports Exerc* 2008 Feb;40(2):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 Mar;108(5):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(2):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 Jul;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 Jul;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 Jul;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 Jan 1;25(1):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 Nov;36(5):901-6.
16. Araújo CGS. Interpretando o descenso da frequência cardíaca no teste de exercício: falácias e limitações. *Revista do DERC* 2011;17(1):24-6.
17. Savin WM, Davidson DM, Haskell WL. Autonomic contribution to heart rate recovery from exercise in humans. *J Appl Physiol* 1982 Dec;53(6):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 Jan;256(1 Pt 2):H132-41.

19. Tomlin DL, Wenger HA. The relationship between aerobic fitness and recovery from high intensity intermittent exercise. *Sports Med* 2001;31(1):1-11.
20. Hedelin R, Wiklund U, Bjerle P, Henriksson-Larsen K. Cardiac autonomic imbalance in an overtrained athlete. *Med Sci Sports Exerc* 2000 Sep;32(9):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 Aug;32(8):1480-4.
22. Norton K OT. *Anthropometrica*. Sidney, Australia: University of New South Wales Press 1996.
23. Ross WD CR, Carter JEL. *Anthropometry*. 1a ed. ed. Toronto, Canada: 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 Oct;18(5):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 Aug;93(2):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 Nov 15;24(6):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 Jul 1;94(1):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 Sep;95(1):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]

## **2 ESTUDO 2 - RESPOSTA DA MODULAÇÃO AUTONÔMICA CARDÍACA NO TESTE ANAERÓBIO MÁXIMO DE CORRIDA EM JOGADORES DE FUTEBOL (ARTIGO CIENTÍFICO)**

Flávio Areal Lemos<sup>1,2</sup>, Tony Meireles Santos<sup>1,2,3</sup>

Possíveis coautores:

- Cris Matsuura
- Bruno Silva
- Bruno Ramalho
- Ari Nummella

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, Rio de Janeiro, RJ, Brasil

3. Grupo de Pesquisa Crossbridges, UGF

Palavras-Chave: frequência cardíaca de recuperação; sistema nervoso autônomo; variabilidade da frequência cardíaca; potência anaeróbia máxima.

Autor correspondente:

Prof. Dr. Tony Meireles dos Santos  
Laboratório Performance  
Universidade Gama Filho  
Rua Manoel Vitorino 553, Piedade, Rio de Janeiro, RJ,  
20748-900, BRASIL  
Tel/FAX: 55 21 2599 7138  
E-mail: [tonyms@prohealth.com.br](mailto:tonyms@prohealth.com.br)



## RESUMO

**INTRODUÇÃO.** Diferentes mobilizações de massa muscular no teste anaeróbio máximo de corrida podem refletir na reativação parassimpática cardíaca pós-atividade. **OBJETIVO:** Comparar em jogadores de futebol e corredores recreacionais a modulação autonômica cardíaca em repouso e a influência das diferentes inclinações do teste anaeróbio máximo de corrida sobre a modulação autonômica cardíaca e a reativação parassimpática cardíaca. **MÉTODO:** Vinte voluntários (12 jogadores de futebol) realizaram três visitas experimentais com teste cardiopulmonar de exercício máximo, teste anaeróbio máximo de corrida com diferentes inclinações e o teste anaeróbio máximo de corrida exposto a inclinação que ainda não havia feito, respectivamente. Em todas as visitas foram analisados o consumo de gases expirados e a variabilidade da frequência cardíaca tanto em repouso quanto em exercício. **RESULTADO:** jogadores de futebol e corredores recreacionais apresentaram níveis semelhantes de condicionamento aeróbio ( $56,04 \pm 5,34$  vs.  $56,05 \pm 4,44$  mL.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>,  $P = 0,600$ ) e anaeróbio ( $113,87 \pm 10,00$  vs.  $109,89 \pm 8,36$  mL.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>,  $P = 0,649$ ). A modulação autonômica cardíaca em repouso pré-teste anaeróbio máximo de corrida comparada após o teste anaeróbio máximo de corrida apresentou diferença significativa em jogadores de futebol no teste anaeróbio máximo de corrida a 12% (RMSSD pré:  $75,8 \pm 24,4$  ms; RMSSD pós:  $11,2 \pm 5,2$ ;  $P = 0,008$ ), e para os corredores recreacionais no teste anaeróbio máximo de corrida a 7% (RMSSD pré:  $47,3 \pm 23,2$  ms; RMSSD pós:  $9,5 \pm 9,1$ ;  $P = 0,045$ ), não apresentando diferença significativa entre os grupos ( $P > 0,05$ ). Os dois estágios de teste anaeróbio máximo de corrida avaliados pela RMSSD apresentaram diferenças significativas na resposta pós-atividade somente em jogadores no primeiro estágio dos testes anaeróbio máximo de corrida (7% e 12%), ambos após 40 s de recuperação. Em ambas as análises da RMSSD não houve diferença significativa na resposta da reativação parassimpática dos grupos nos últimos estágios do teste anaeróbio máximo de corrida. Quando comparado o teste anaeróbio máximo de corrida (12% vs. 7%) de toda a amostra foi encontrada diferença significativa no estágio inicial para o momento tempo ( $P = 0,0005$ ) entre os intervalos de 20 s de recuperação pós-atividade, já o momento teste anaeróbio máximo de corrida (12% vs. 7%) não foi encontrada diferença significativa ( $P = 0,092$ ). No último estágio de teste anaeróbio máximo de corrida não foi encontrado diferença significativa. **CONCLUSÃO:** Os jogadores de futebol apresentaram

resposta mais rápida da reativação parassimpática quando comparada aos corredores recreacionais, mesmo com níveis de aptidão física semelhantes. As diferentes inclinações do teste anaeróbio máximo de corrida não foram suficientes para modificar a resposta da reativação parassimpática cardíaca.

Palavra-chave: variabilidade da frequência cardíaca, reativação parassimpática, teste anaeróbio máximo de corrida

## INTRODUÇÃO

As modalidades esportivas coletivas dependem da realização de estímulos com alta intensidade e curta duração seguidos de uma recuperação mais longa (1-3). Os jogadores de futebol, por exemplo, realizam em média 40 estímulos curtos de 2 a 3 s com uma recuperação de até 300 s (4-8). Estudos com esportes intermitentes têm investigado mudanças na modulação autonômica cardíaca (MAC) através de medidas não invasivas da variabilidade da frequência cardíaca (VFC) pelos intervalos R-R de repouso (1, 3). Já foi demonstrado que múltiplos estímulos em intensidades máximas interferem agudamente na MAC e também na reativação parassimpática cardíaca após o exercício. Entretanto, em intensidades submáximas este fenômeno parece não ser observado. (4, 9-10).

O teste anaeróbio máximo de corrida (MART) expressa competência neuromuscular e metabólica do desempenho anaeróbio máximo numa atividade intermitente com a intensidade relativa ao consumo máximo de oxigênio ( $VO_{2MÁX}$ ) entre 110% a 190%. Os múltiplos estímulos no MART são marcados pela progressiva e acentuada demanda cardiovascular com interferência nas respostas da VFC (10-12). A investigação com atletas de modalidades intermitentes através do MART pode possibilitar uma melhor compreensão das respostas agudas da VFC (1, 3, 13).

Parte das alterações observadas da VFC imediatamente pós-atividade são decorrentes da mobilização muscular de segmentos corporais refletindo no aumento da pressão arterial sistêmica e da frequência cardíaca pela atividade simpática ainda aumentada. Vianna et al. (14) identificaram interdependência da sensibilidade do estiramento dos mecanorreceptores sensitivos a quantidade de massa muscular envolvida (membros superiores versus membros inferiores). Entretanto, foi utilizado pelos autores um protocolo de exercício sem carga e com a mobilização de um número crescente de segmentos corporais para a ampliação da massa muscular. Os autores não investigaram um mesmo movimento em diferentes intensidades com consequente aumento no recrutamento muscular.

A relevância do presente estudo reside no preenchimento de uma lacuna deixada por Viana et al. (14), uma vez que o tipo de tarefa empregada (com o aumento no número de segmentos) não esclarece plenamente se as alterações na MAC são decorrentes do aumento da massa muscular envolvida ou do número de segmentos mobilizados. Além disso, embora estudos tenham apresentado

diferenças significativas na MAC pós-atividade em decorrência de diferentes intensidades de atividade, normalmente a população comparada possui níveis de aptidão física distintos. Já no presente estudo, a diferença entre os grupos foi à especialização esportiva principal. Assim, o objetivo do estudo foi: (a) comparar em jogadores de futebol e corredores recreacionais a MAC em repouso. Temos como hipótese que os jogadores de futebol possuem maior MAC; (b) comparar a influência das diferentes inclinações (12% vs. 7%) do MART sobre a MAC em jogadores de futebol e corredores recreacionais. Temos como hipótese que a mobilização muscular elevada pelo acréscimo da inclinação no MART reduz a reativação parassimpática; (c) estabelecer a influência da especialização esportiva sobre as respostas da MAC nos estágios extremos de MART (primeiro e último) nas duas inclinações investigadas (12% vs. 7%). Temos como hipótese que os jogadores de futebol devem responder melhor a reativação parassimpática pela especialização esportiva. (d) Comparar a influência da inclinação de MART (12% vs. 7%) com a resposta da reativação parassimpática. Temos como hipótese que uma maior inclinação durante um teste de corrida promoverá uma maior resposta da reativação parassimpática, mesmo que os protocolos utilizem a mesma demanda metabólica durante cada estágio.

## **MÉTODO**

### **Sujeitos**

Foram voluntários 20 homens, sendo jogadores (n: 12; idade:  $24,1 \pm 3,5$  anos) de futebol profissional que treinavam regularmente e participavam de dois jogos oficiais por semana há pelo menos dois anos. E corredores recreacionais (n: 8; idade:  $27,9 \pm 4,1$  anos) que treinavam regularmente ( $\geq 90$  min.sem<sup>-1</sup> de atividade vigorosa ou  $\geq 120$  min.sem<sup>-1</sup> de atividade moderada) exercícios aeróbios contínuos ou intermitentes há pelo menos três meses antes da coleta dos dados e não faziam uso regular de nenhum tipo de droga ou recurso ergogênico (15). Os voluntários foram submetidos a uma estratificação de risco onde foi utilizado como critério de exclusão histórico recente de lesão mioarticular, medicações que afetassem o desempenho atlético ou a resposta cronotrópica e inotrópica cardíaca. Todos assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido, tendo sido a pesquisa aprovada pelo comitê de ética da Universidade Gama Filho (078.2011).

## **Delineamento Experimental**

Foram realizadas três visitas experimentais. Na primeira, os voluntários realizaram medidas de bioimpedância, a análise em repouso da variabilidade da frequência cardíaca e, por fim, o teste cardiopulmonar de exercício máximo (TCPE)(16-17). Na segunda visita, foram realizadas em ordem previamente sorteadas o MART (7% ou 12%) com as medidas contínuas da frequência cardíaca antes, durante e após o teste. Na terceira visita, os procedimentos da segunda visita foram repetidos com a inclinação que ainda não havia sido testada. Foram comparadas entre os grupos de voluntários as medidas pré e pós de VFC no MART com diferentes inclinações e as medidas de VFC a cada 20 s durante os estágios de MART.

### **Procedimentos**

**Medidas com Bioimpedância.** As medidas foram realizadas através do equipamento de bioimpedância InBody 230 (Biospace Co. Ltda, EUA) antes e ao final dos testes medindo o nível de hidratação pela quantidade de água total do corpo e percentual de gordura corporal antes e após o MART.

**Teste Cardiopulmonar de Exercício máximo.** O teste cardiopulmonar de exercício (TCPE) foi iniciado pelo protocolo submáximo proposto por Swain et al.(16-17) e finalizado até a exaustão máxima dos avaliados. O teste foi realizado em uma esteira ergométrica Master ATL (Imbrasport, Brasil). Após 3 min de velocidade livre e inferior a  $10,0 \text{ km.h}^{-1}$  o teste foi iniciado a  $10,0 \text{ km.h}^{-1}$  e inclinação fixa de 1,0%, com incrementos de  $1,0 \text{ km.h}^{-1}$  a cada minuto até o alcance de 65% da frequência cardíaca de reserva. Em seguida, foi estabilizada a velocidade e a inclinação por um período total de 6 min. Ao final da estabilização, foi continuado o TCPE até alcançar o limite máximo tolerado pelo sujeito. A cada estágio de um minuto estabeleceu-se a percepção de esforço. Para a medida e análise de gases expirados, foi utilizado o transdutor metabólico VO2000 (MedGraphics, Estados Unidos) com gravação dos dados a cada 10 s. Foi utilizado o pneumotacógrafo de alto fluxo para todas as medidas de consumo de oxigênio. As medidas do transdutor em repouso foram respeitadas para;  $\text{FeO}_2$  entre 7,5 e 8,5,  $\text{FeCO}_2$  entre -3,6 e 2,1 e FLO de  $9,5 \pm 5\%$ . Os valores utilizados pelo fabricante para calibração do equipamento são de  $\text{O}_2 = 16,0 \text{ ml}$ ,  $\text{CO}_2 = 5,0 \text{ ml}$  balanceado com N. E as medidas eram realizadas através de uma máscara de silicone adequadamente vedada na face dos sujeitos.

**Teste Anaeróbio Máximo de Corrida (MART).** O MART é um teste progressivo máximo em esteira com estímulo de 20 s seguido de recuperação passiva de 100 s até a exaustão. Foram realizados dois protocolos com inclinação de 7% e velocidade inicial de  $16,1 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  com incrementos de  $1,37 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  ( $\text{MART}_{7\%}$ ). O outro, com inclinação de 12% e velocidade inicial de  $13,7 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  com incrementos de  $1,20 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  a cada estágio ( $\text{MART}_{12\%}$ ) (18). Em ambos os protocolos a demanda metabólica de cada estágio foram iguais. Para determinar a potência anaeróbia máxima, foi utilizada a demanda metabólica estimada pela equação do ACSM do último estágio alcançado ( $\text{MART}_{\text{DEMAND}}$ ) (19). Os testes foram encerrados quando os sujeitos apoiaram a mão no corrimão da esteira posicionando seus pés para fora do tapete rolante. A monitoração da HR se deu de maneira idêntica à já descrita para o teste aeróbio. A demanda metabólica alcançada ao final do MART ( $\text{MART}_{\text{DEMAND}}$ ) foi utilizada como indicador de desempenho anaeróbio máximo. Foi utilizado o analisador VO2000 (MedGraphics, Estados Unidos) para a medida e análise de gases expirados.

**Determinação da VFC em repouso.** A medida da VFC foi realizada pelo frequencímetro Polar S810i (Polar Electro, Oy, Finlândia) com o voluntário na posição sentada por um período de 10 min antes e após os exercícios nas três visitas. Durante a medida da VFC em repouso houve o controle respiratório (7 ciclos respiratórios.minuto<sup>-1</sup>) para evitar possível influência da arritmia sinusal respiratória (20). A VFC foi analisada sob o domínio do tempo pela raiz quadrada da média das diferenças sucessivas ao quadrado entre os intervalos normais adjacentes a um intervalo de tempo, expresso em milissegundos (RMSSD) e pelo desvio padrão da média dos intervalos RR (SDNN). Sob o domínio da frequência, foi analisada a banda alta (HF) como indicador da atividade parassimpática, banda baixa (LF) que reflete tanto a atividade simpática quanto a atividade parassimpática cardíaca e a razão entre as duas bandas (HF/LF). As medidas em repouso com controle respiratório foram registradas tanto no início quanto ao final dos testes. Imediatamente ao final dos testes os voluntários não conseguiram realizar o controle respiratório provavelmente pelo volume corrente. Desta forma, após 5 minutos dos testes o controle respiratório foi restabelecido e as gravações da VFC foram extraídas por janelas de intervalo de 5 min descartando a primeira janela como estabelecida pelas diretrizes da Sociedade Européia e Norte Americana de Cardiologia (21).

**Atividade Parassimpática Cardíaca durante MART.** Os registros a cada milissegundo de VFC foram gravados durante todo o MART. Desta forma, foi possível extrair de um estágio completo (120 s) as variáveis sob o domínio do tempo que identificam o comportamento da atividade parassimpática (a média da FC, RMSSD, SDNN), sendo composta pelo estímulo de 20 s e as respectivas recuperações divididas em intervalos de 20 s até o final do estágio. A monitoração realizada das variáveis possibilitou identificar o comportamento da atividade parassimpática em repouso, durante o exercício e sua recuperação. Para tornar possível a comparação entre os dois grupos foi utilizado como critério de seleção o primeiro e o último estágio completo de MART. Para analisar a resposta da reativação parassimpática, optou-se pelas seis medidas consecutivas de 20 s de VFC durante os dois estágios de MART selecionados. A reativação parassimpática foi também analisada percentualmente em ambos os protocolos de MART. O método utilizado para descrever o descenso percentual da FC entre os grupos foi a razão entre a FCM alcançada em MART e as respectivas médias de FC de recuperação em 100 s divididas de 20 em 20 s. E, por último, foram unidas as duas amostras e comparadas pelas duas inclinações nos dois momentos de MART (primeiro e último).

### **Análise Estatística**

Todos os dados medidos foram expressos pela média  $\pm$  desvio padrão com intervalo de confiança de 95%. A distribuição gaussiana dos dados foi analisada pelo teste de shapiro Wilk para testar a normalidade da medida.

Foi realizado na primeira visita o test t para analisar a diferença MAC em repouso entre os grupos. Foram feitas análises de variâncias ANOVA 2x2 para a resposta da MAC em repouso nos jogadores de futebol e corredores recreacionais pré e pós MART (7% e 12%). Foram realizados dois testes t pareado intergrupos para comparar a resposta da MAC pós o MART (12% e a 7%). Foi testada a ANOVA de medidas repetidas intergrupos para comparar a significância do estímulo com as cinco medidas consecutivas de recuperação de 20 s cada em dois estágios de MART, tanto a 12% quanto a 7%, no primeiro e no último do protocolo. Foi testado o tamanho do efeito (TE) da reativação parassimpática cardíaca nos dois estágios de MART<sub>12%</sub> e MART<sub>7%</sub> inter e intragrupos. O descenso da FC foi investigado através de MART entre os grupos pelo percentual de FC alcançado do estímulo (100%) e as demais recuperações até 100s. A amostra foi agrupada e testada por duas ANOVA

2x2 de fatores tempo e momento para comparar a velocidade de recuperação da frequência cardíaca em MART entre as diferentes inclinações (12% vs. 7%) nos estágios iniciais e finais de MART. Foi utilizado para todas as análises estatísticas o software GraphPad Prism v. 5 para Windows (GraphPad software, San Diego, CA, EUA), adotando-se o nível de significância de  $P \leq 0,05$ .

### Resultados

Jogadores e corredores recreacionais, respectivamente, apresentaram semelhantes níveis de condicionamento aeróbio ( $56,04 \pm 5,34$  vs.  $56,05 \pm 4,44$  mL.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>,  $P = 0,600$ ) e anaeróbio ( $113,87 \pm 10,00$  vs.  $109,89 \pm 8,36$  mL.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>,  $P = 0,649$ ). Estes achados indicam que apesar da especialização diferenciada, os grupos investigados possuem aptidão física semelhantes.

**Tabela 3. Caracterização da Amostra de Jogadores de futebol e corredores recreacionais.**

Variáveis	Jogadores de	Corredores	Valor de P
	Futebol (n=12)	Recreacionais (n=8)	
<b>Antropométricas</b>			
Idade (anos)	24,1 ± 3,5	27,9 ± 4,1	0,168
Estatura (cm)	179,9 ± 7,5	177,4 ± 7,0	0,281
Massa Corporal (kg)	77,7 ± 7,18	77,64 ± 8,3	0,461
IMC (kg.m <sup>-2</sup> )	24,0 ± 1,0	24,6 ± 1,5	0,376
Percentual de Gordura (%)	14,1 ± 3,6	14,3 ± 3,4	0,322
<b>Desempenho</b>			
VO <sub>2máx</sub> (mL.kg <sup>-1</sup> .min <sup>-1</sup> )	55,7 ± 4,9	56,9 ± 4,1	0,384
MART <sub>Demand</sub> (mL.kg <sup>-1</sup> .min <sup>-1</sup> )	113,9 ± 9,9	109,9 ± 8,3	0,300
FC <sub>Rest</sub> (bpm)	49 ± 7	54 ± 4	0,028*
FCM (bpm)	196 ± 10	197 ± 11	0,147

IMC: índice de massa corporal, VO<sub>2máx</sub> - Potência Aeróbia Máxima; MART<sub>Demand</sub> - Potência anaeróbia máxima calculada; FC<sub>Rest</sub> - frequência cardíaca de repouso; FCM - frequência cardíaca máxima. \* Significância para  $P < 0,05$ .



**Modulação Autonômica Cardíaca de repouso.** Os jogadores de futebol quando comparados em repouso com os corredores recreacionais, apresentaram diferença significativa para as variáveis pNN50, SDNN, LF e HF, sem apresentar diferença significativa para a variável RMSSD, como apresentado na Tabela 4. MAC em repouso pré MART comparada a 10 min após MART apresentou diferença significativa em jogadores de futebol no MART<sub>12%</sub> (RMSSD pré: 75,8 ± 24,4 ms; RMSSD pós: 11,2 ± 5,2; P = 0,008), e para os corredores recreacionais no MART<sub>7%</sub> (RMSSD pré: 47,3 ± 23,2 ms; RMSSD pós: 9,5 ± 9,1; P = 0,045).

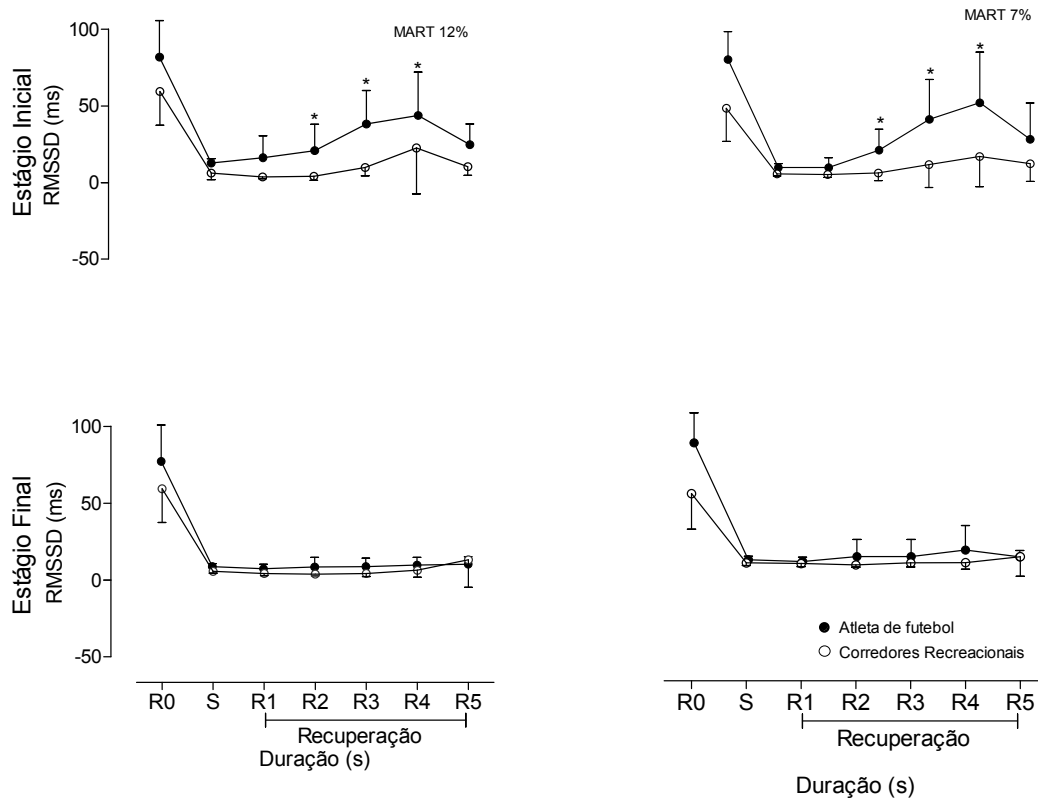
**Tabela 4. Modulação Autonômica Cardíaca em repouso.**

Variáveis	Jogadores de	Corredores	Valor de P
	Futebol (n=12)	Recreacionais (n=8)	
pNN50 (%)	47,7 ± 11,9	25,8 ± 16,3	0,007*
RMSSD (ms)	76,2 ± 21,5	50,0 ± 19,1	0,122
SDNN (ms)	117,4 ± 32,1	85,2 ± 18,4	0,025*
LF (nu)	84,8 ± 7,5	90,0 ± 3,2	0,005*
HF (nu)	15,6 ± 7,4	9,9 ± 3,2	0,005*

Média ± desvio padrão. pNN50 - percentual de intervalos RR adjacentes com diferença de duração maior que 50 ms. RMSSD - raiz quadrada da média das diferenças sucessivas ao quadrado entre os intervalos normais adjacentes a um intervalo de tempo, expresso em milissegundos; SDNN - desvio padrão dos intervalos RR adjacentes; Significância estatística para P < 0,05\*.

**Reativação Parassimpática Cardíaca.** O primeiro e último estágios do MART foram comparados sob o domínio do tempo (RMSSD). Os jogadores de futebol apresentaram diferenças significativas na resposta pós-atividade quando utilizado o teste de comparações múltiplas de Bonferroni no MART a 12% (S vs. R1 = - 3,55 (- 18,32 a 11,22; P > 0,05); S vs. R2 = - 8,17 (- 22,95 a 6,59; P > 0,05); S vs. R3 = - 25,28 (- 40,06 a - 10,51; P < 0,05); S vs. R4 = - 30,90 (- 45,67 a - 16,13; P < 0,05); S vs. R5 = - 12,07 (- 26,84 a 2,70; P < 0,05)) e no MART a 7% ((S vs. R1 = - 0,00 (- 18,25 a 18,23; P > 0,05); S vs. R2 = - 11,45 (- 29,69 a 6,79; P > 0,05); S vs. R3 = - 31,90 (- 50,14 a - 13,66; P < 0,05); S vs. R4 = - 42,93 (- 61,17 a - 24,69; P < 0,05); S vs. R5 = - 18,73 (- 36,97 a - 0,49; P < 0,05)).

Os jogadores de futebol e os corredores recreacionais apresentaram alteração após 40 s de recuperação (Figura 1). Não foram encontradas diferenças significativas nos estágios finais de MART tanto em jogadores de futebol quanto em corredores recreacionais. Em corredores recreacionais, os protocolos de MART não causaram diferenças significativas em RMSSD imediatamente pós-atividade (até 100 s).

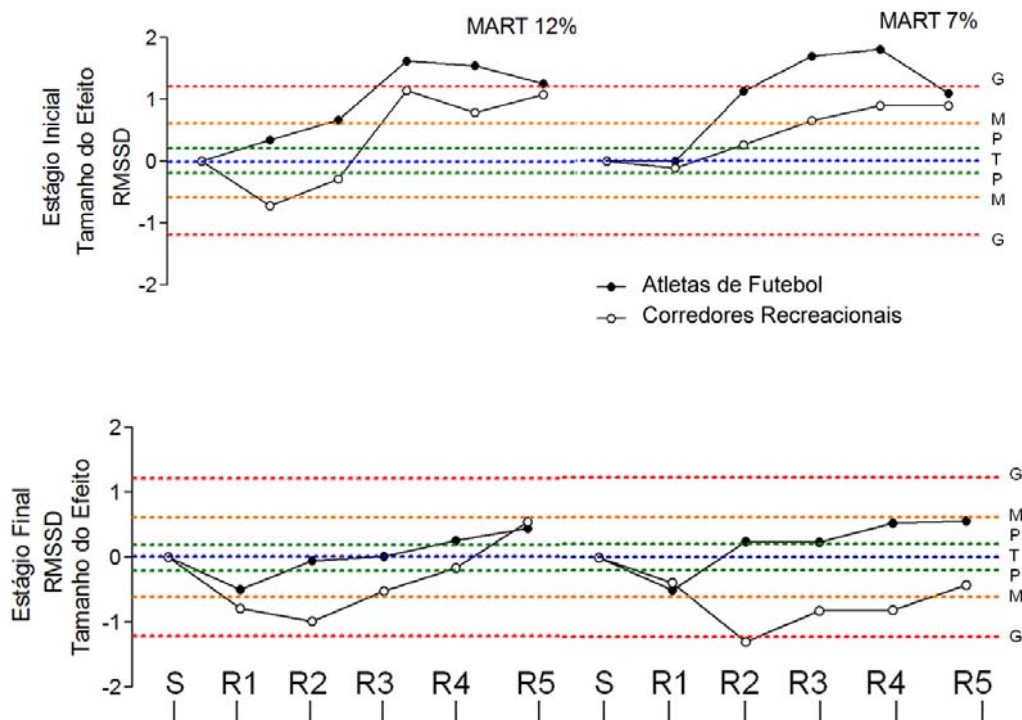


**Figura 5.** Reativação parassimpática nos estágios de MART<sub>12%</sub> e MART<sub>7%</sub> em atleta de futebol e corredores recreacionais medido pela raiz quadrada da média dos quadrados das diferenças entre os intervalos sucessivos R-R sucessivos (RMSSD) com diferença significativa  $P < 0,05^*$ . R0 - RMSSD a 5 min de repouso com controle respiratório; S - Fase de estímulo de 20 s. Recuperação - respectivas medidas de repouso (R1, R2, R3, R4, R5) a cada 20 s.

**TE da Reativação Parassimpática.** A variável sob o domínio do tempo (RMSSD) foi utilizada para medir o TE entre os grupos em MART (12% vs. 7%) nos estágios iniciais e finais. Os jogadores de futebol apresentaram a reativação parassimpática mais rápida em todos os estágios testados, mesmo que a priori não tenham

apresentado diferença significativa como apontada na Figura 2. Os corredores recreacionais apresentaram nos primeiros e nos últimos estágios a reativação parassimpática mais lenta e nos primeiros minutos pós-atividades uma forte atividade simpática, conseqüentemente, um aumento de FC nos primeiros 20 a 40 s de recuperação.

**Descenso da frequência cardíaca pós-atividade.** Em ambas as análises do domínio do tempo (RMSSD) e em ambos os grupos, não houve diferença significativa nos últimos estágios de MART da resposta da reativação parassimpática. Quando analisado o percentual de descenso da frequência cardíaca, foi observada, a cada recuperação, a redução da frequência cardíaca. Com isso, os jogadores de futebol obtiveram maiores decréscimos de frequência cardíaca que os corredores recreacionais.



**Figura 6.** Reativação parassimpática cardíaca medida pelo tamanho do efeito após o primeiro e o último estágio de MART<sub>12%</sub> (a) e MART<sub>7%</sub> (b) entre jogadores de futebol e corredores recreacionais pela variável da raiz quadrada da média dos quadrados das diferenças entre os intervalos sucessivos R-R sucessivos (RMSSD). S - estímulo de MART com duração de 20 s (12% e 7%); R1 - recuperação de 20 s após o estímulo; R2 - recuperação de 40 s após o estímulo; R3 - recuperação de 60 s após o estímulo; R4 - recuperação

de 80 s após o estímulo; R5 - recuperação de 100 s após o estímulo.

**Reativação parassimpática entre MART<sub>12%</sub> vs. MART<sub>7%</sub>.** Quando os resultados de MART a 7% e 12% foram comparados independentemente dos grupos (jogadores de futebol e corredores recreacionais), foi encontrada diferença significativa no estágio inicial entre os intervalos de 20 s de recuperação pós-atividade ( $P = 0,0005$ ). Enquanto que a diferença de inclinação no estágio inicial de MART (12% vs. 7%) não foi apresentada diferença significativa ( $P = 0,092$ ). No último estágio de MART não foi encontrada diferença significativa nem nos intervalos de 20 s de recuperação pós-atividade ( $P = 0,210$ ), nem na diferença de inclinação no MART ( $P = 0,537$ ).

### **Discussão**

Os estudos têm demonstrado que a reativação parassimpática cardíaca e a MAC são variáveis sensíveis ao nível de condicionamento físico (22-25). Buchheit et al. (25) estabeleceu uma relação interdependente entre o controle autonômico cardíaco e a potência aeróbia máxima, mas não pela especialidade esportiva individual, como demonstrado por Hautala et al. (23). O presente estudo corrobora os achados de Hautala et al. (23), pois os jogadores de futebol apresentaram uma resposta da MAC em repouso significativamente maior que os corredores recreacionais, mesmo apresentando semelhanças na potência aeróbia e anaeróbia máximas. O presente estudo foi o primeiro a comparar a MAC e a reativação parassimpática entre dois grupos com potência aeróbia máxima e anaeróbia máxima semelhante, mas com especialização esportiva diferente. A MAC após todos os esforços máximos realizados apresentou alteração dos índices de VFC (26-28).

A reativação parassimpática apresentou-se preservada em jogadores de futebol pós-atividade nos primeiros estímulos de MART não ocorrendo da mesma forma nos últimos estímulos de MART independente da inclinação utilizada no protocolo (12% e 7%). Os corredores recreacionais não apresentaram reativação parassimpática preservada em nenhum estágio analisado. A partir destes dados, concluímos que a mudança da resposta da MAC pode ser atribuída pela modalidade esportiva executada do grupo, embora nos últimos estágios pós-atividade ainda não se sabe se pós-atividade a queda da frequência cardíaca possa ser atribuída à redução simpática pela consequente redução do débito cardíaco pelo final do exercício.

A RMSSD foi escolhida para avaliar a reativação parassimpática por ser uma variável que apresenta extrema relação com as respostas do sistema nervoso parassimpático cardíaco (29). Nos estágios iniciais e finais de MART (12% e 7%) avaliadas pelo tamanho do efeito, apresentou reativação parassimpática, mesmo que reduzida, em jogadores de futebol. Em corredores recreacionais houve um retardo da sobreposição parassimpática pela atividade simpática cardíaca acentuada, apresentando elevada FC nos primeiros segundos de recuperação pós-atividade.

Estudos anteriores já haviam demonstrado que intensidades máximas de exercício influenciam a reativação parassimpática imediatamente após o exercício (até 60 s) (9, 25). Os resultados do presente estudo indicaram para os jogadores de futebol um padrão de recuperação mais rápido (40 s). Este fato não foi observado para os corredores recreacionais. Deve-se considerar que o padrão de cargas administradas nos estudos anteriores (9, 25) e no presente estudo diferem substancialmente. Enquanto nos estudos anteriores foram realizados exercícios de forma passiva ou ativa sem sobrecarga tanto em membros superiores quanto em membros inferiores, o presente estudo utilizou um teste intermitente de exercício com carga supramáxima comumente realizado em pessoas fisicamente ativas. Provavelmente, os jogadores de futebol estão mais adaptados ao tipo específico de estímulos intermitentes no seu treinamento e atividade desportiva.

Habitualmente, a hemodinâmica de recuperação pós-atividade é controlada pela complexa interação entre fatores neurais e humorais (30). A reativação parassimpática (31) e a retirada simpática cardíaca (31-32) são moduladas pela quantidade de metabólitos circulantes (noradrenalina, adrenalina, lactato, H<sup>+</sup>, fosfato inorgânico) decorrentes da intensidade e duração das contrações musculares. Desta forma, tanto o quimiorreflexo arterial (30) quanto o metaborreflexo muscular, controlam a frequência cardíaca (33). Os jogadores de futebol nos últimos estágios de MART apresentaram novamente um padrão mais rápido de recuperação que os corredores recreacionais, ainda que não significativo. Este resultado pode ser decorrente da exposição a estímulos intermitentes diários.

As inclinações de MART investigadas não influenciaram diferentemente a queda da frequência cardíaca na fase de recuperação dos estímulos. A mobilização de uma quantidade maior de massa muscular durante o exercício aumenta o débito cardíaco influenciando diretamente na resposta da frequência cardíaca. Em estudos

anteriores com exercício máximo encontraram aumento de 70% do  $V\dot{O}_{2\text{máx}}$  nos exercícios em ergômetros de membros superiores quando comparado aos de membros inferiores refletindo nos níveis de catecolaminas circulantes (34-35). Além disso, com as diferentes mobilizações de massa muscular há uma menor magnitude da ativação simpática encontrada pela frequência cardíaca máxima (34-35).

**Limitação.** O desenho experimental do presente estudo inviabilizou concluir que atletas de modalidades esportivas apresentam recuperação mais rápida da frequência cardíaca que modalidades de resistência.

### **Conclusão**

Os jogadores de futebol de uma modalidade intermitente (futebol) apresentaram comportamento da reativação parassimpática mais rápida. Provavelmente a treinabilidade diária da modalidade esportiva possa promover tal benefício. Considerando a equidade de potência aeróbia e anaeróbia da amostra, a prática regular de treinamento parece ser a única variável associada às respostas de MAC observadas. Entretanto, o desenho experimental do presente estudo inviabiliza conclusões mais consistentes sobre o tema. Futuros estudos deverão investigar a sensibilidade das respostas de VFC à diferentes modalidades desportivas. O presente estudo concluiu que os estágios de MART equilibrados metabolicamente e com inclinações distintas (12% vs. 7%), quando comparados, não influenciaram na reativação parassimpática cardíaca na recuperação.

## Referências Bibliográficas

1. Bradley PS, Mohr M, Bendiksen M, Randers MB, Flindt M, Barnes C, Hood P, Gomez A, Andersen JL, Di Mascio M, Bangsbo J, Krstrup P. Sub-maximal and maximal Yo-Yo intermittent endurance test level 2: heart rate response, reproducibility and application to elite soccer. *Eur J Appl Physiol* 2011 Nov 111(6):969-978.
2. Christensen PM, Krstrup P, Gunnarsson TP, Kiilerich K, Nybo L, Bangsbo J. VO<sub>2</sub> Kinetics and Performance in Soccer Players after Intense Training and Inactivity. *Med Sci Sports Exerc* 2011 Sep 43(9):1716-24.
3. Bangsbo J, Iaia FM, Krstrup P. The Yo-Yo intermittent recovery test : a useful tool for evaluation of physical performance in intermittent sports. *Sports Med* 2008;38(1):37-51.
4. 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* 2010 Aug;24(8):2115-21.
5. Hamilton AL, Nevill ME, Brooks S, Williams C. Physiological responses to maximal intermittent exercise: differences between endurance-trained runners and games players. *J Sports Sci* 1991 Winter;9(4):371-82.
6. Gaitanos GC, Williams C, Boobis LH, Brooks S. Human muscle metabolism during intermittent maximal exercise. *J Appl Physiol* 1993 Aug;75(2):712-9.
7. Christmass MA, Dawson B, Arthur PG. Effect of work and recovery duration on skeletal muscle oxygenation and fuel use during sustained intermittent exercise. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology* 1999;80(5):436-47.
8. Spencer M, Lawrence S, Rechichi C, Bishop D, Dawson B, Goodman C. Time-motion analysis of elite field hockey, with special reference to repeated-sprint activity. *J Sports Sci* 2004 Sep;22(9):843-50.
9. Buchheit M, Laursen PB, Ahmaidi S. Parasympathetic reactivation after repeated sprint exercise. *Am J Physiol Heart Circ Physiol* 2007 Jul;293(1):H133-41.
10. Dupont G, Moalla W, Matran R, Berthoin S. Effect of short recovery intensities on the performance during two Wingate tests. *Med Sci Sports Exerc* 2007 Jul;39(7):1170-6.
11. Buchheit M, Millet GP, Parisy A, Pourchez S, Laursen PB, Ahmaidi S. Supramaximal training and postexercise parasympathetic reactivation in adolescents. *Med Sci Sports Exerc* 2008 Feb;40(2):362-71.
12. 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 Nov;30(11):808-13.
13. Balsom PD, Gaitanos GC, Ekblom B, Sjodin B. Reduced oxygen availability during high intensity intermittent exercise impairs performance. *Acta Physiol Scand* 1994 Nov;152(3):279-85.
14. Vianna LC, Oliveira RB, Ramos PS, Ricardo DR, Araujo CG. Effect of muscle mass on muscle mechanoreflex-mediated heart rate increase at the onset of dynamic exercise. *Eur J Appl Physiol* 2010 Feb;108(3):429-34.
15. ACSM. ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription. 8th ed. Baltimore: Lippincott Williams & Wilkins; 2010.
16. SWAIN DP, LEUTHOLTZ BC. Heart rate reserve is equivalent to % $\dot{V}O_{2R}$ , not to % $\dot{V}O_{2M}$ . *Medicine & Science in Sports & Exercise* 1997;29(3):410-4.

17. Swain DP, Parrott JA, Bennett AR, Branch JD, Dowling EA. Validation of a new method for estimating VO<sub>2</sub>max based on VO<sub>2</sub> reserve. *Med Sci Sports Exerc* 2004 Aug;36(8):1421-6.
18. Nummela A, Mero A, Stray-Gundersen J, Rusko H. Important determinants of anaerobic running performance in male athletes and non-athletes. *Int J Sports Med* 1996 Jul;17 Suppl 2:S91-6.
19. 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(2):97-101.
20. Cooke WH, Cox JF, Diedrich AM, Taylor JA, Beightol LA, Ames JEt, Hoag JB, Seidel H, Eckberg DL. Controlled breathing protocols probe human autonomic cardiovascular rhythms. *Am J Physiol* 1998 Feb;274(2 Pt 2):H709-18.
21. Rusko HK. Measurement of maximal and submaximal anaerobic power: an introduction. *Int J Sports Med* 1996 Jul;17 Suppl 2:S89-90.
22. Aubert AE, Seps B, Beckers F. Heart rate variability in athletes. *Sports Med* 2003;33(12):889-919.
23. Hautala AJ, Makikallio TH, Kiviniemi A, Laukkanen RT, Nissila S, Huikuri HV, Tulppo MP. Cardiovascular autonomic function correlates with the response to aerobic training in healthy sedentary subjects. *Am J Physiol Heart Circ Physiol* 2003 Oct;285(4):H1747-52.
24. Buchheit M, Gindre C. Cardiac parasympathetic regulation: respective associations with cardiorespiratory fitness and training load. *Am J Physiol Heart Circ Physiol* 2006 Jul;291(1):H451-8.
25. Buchheit M, Chivot A, Parouty J, Mercier D, Al Haddad H, Laursen PB, Ahmaidi S. Monitoring endurance running performance using cardiac parasympathetic function. *Eur J Appl Physiol* 2010 Apr;108(6):1153-67.
26. Pichot V, Roche F, Gaspoz JM, Enjolras F, Antoniadis A, Minini P, Costes F, Busso T, Lacour JR, Barthelemy JC. Relation between heart rate variability and training load in middle-distance runners. *Med Sci Sports Exerc* 2000 Oct;32(10):1729-36.
27. Portier H, Louisy F, Laude D, Berthelot M, Guezennec CY. Intense endurance training on heart rate and blood pressure variability in runners. *Med Sci Sports Exerc* 2001 Jul;33(7):1120-5.
28. Iellamo F, Legramante JM, Pigozzi F, Spataro A, Norbiato G, Lucini D, Pagani M. Conversion from vagal to sympathetic predominance with strenuous training in high-performance world class athletes. *Circulation* 2002 Jun 11;105(23):2719-24.
29. Electrophysiology TFotESoCatNASoPa. Heart rate variability. Standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use. Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. *Eur Heart J* 1996 Mar;17(3):354-81.
30. Hammond RL, Augustyniak RA, Rossi NF, Churchill PC, Lapanowski K, O'Leary DS. Heart failure alters the strength and mechanisms of the muscle metaboreflex. *Am J Physiol Heart Circ Physiol* 2000 Mar;278(3):H818-28.
31. Imai K, Sato H, Hori M, Kusuoka H, Ozaki H, Yokoyama H, Takeda H, Inoue M, Kamada T. Vagally mediated heart rate recovery after exercise is accelerated in athletes but blunted in patients with chronic heart failure. *J Am Coll Cardiol* 1994 Nov 15;24(6):1529-35.
32. Savin WM, Davidson DM, Haskell WL. Autonomic contribution to heart rate recovery from exercise in humans. *J Appl Physiol* 1982 Dec;53(6):1572-5.
33. Kaufman MP, Hayes SG. The exercise pressor reflex. *Clin Auton Res* 2002 Dec;12(6):429-39.



34. Sawka MN. Physiology of upper body exercise. *Exerc Sport Sci Rev* 1986;14:175-211.
35. Pendergast DR. Cardiovascular, respiratory, and metabolic responses to upper body exercise. *Med Sci Sports Exerc* 1989 Oct;21(5 Suppl):S121-5.

## **CONCLUSÕES FINAIS**

O teste anaeróbio máximo de corrida parece ser um modelo de sobrecargas fisiológicas adequado para investigar a modulação autonômica cardíaca até o final do teste. Os atletas de modalidades esportivas com características intermitentes apresentaram resposta mais rápida da reativação parassimpática quando comparada aos corredores recreacionais, mesmo com níveis de aptidão física semelhantes entre os grupos. Desta forma, torna-se importante identificar quais modalidades desportivas promovem melhor comportamento do sistema nervoso parassimpático, principalmente no transiente inicial e final da frequência cardíaca. A utilização de diferentes inclinações provocando uma maior mobilização de massa muscular não foi suficiente para modificar a resposta da reativação parassimpática cardíaca quando comparado os dois testes anaeróbio máximo de corrida. Provavelmente a diferença da reativação parassimpática evidenciada em estudos anteriores somente ocorrera pela grande diferença de mobilização muscular (membros superiores vs. Membros inferiores) e falta de sobrecarga durante o exercício físico (teste de 4 segundos de exercício).

## **APLICAÇÕES PRÁTICAS**

O teste anaeróbio máximo de corrida demonstrou ser um modelo adequado para investigar os transientes da frequência cardíaca, trazendo a literatura um novo teste para avaliar a variabilidade da frequência cardíaca durante exercícios intermitentes, visto que o programa de exercício intervalado promove estímulos com intensidade máxima ou supramáxima, mas com duração inferior ao tempo máximo que o indivíduo consegue sustentar naquela intensidade. Além disso, é um teste onde o transiente da frequência cardíaca pode ser explorado, pois o tempo de estímulo (20 s) e o tempo de recuperação (100 s) são adequados para promover mudanças autonômicas.

## APÊNDICE A - Estratificação de Risco:

<b>Questionário do AHA/ACSM para Estratificação Pré-participação em Programas de Atividades Físicas</b>	
Para avaliar a sua condição de saúde, assinale todas as afirmativas que são verdadeiras:	
<p><b>Histórico</b>            Você tem ou já teve:  <input type="checkbox"/> Um ataque cardíaco.  <input type="checkbox"/> Uma cirurgia cardíaca.  <input type="checkbox"/> Uma cateterização cardíaca.  <input type="checkbox"/> Uma angioplastia coronária.  <input type="checkbox"/> Um implante de marcapasso.  <input type="checkbox"/> Uma desfibrilação ou distúrbio de ritmo cardíaco.  <input type="checkbox"/> Uma doença da válvula cardíaca.  <input type="checkbox"/> Um colapso cardíaco.  <input type="checkbox"/> Um transplante cardíaco.  <input type="checkbox"/> Uma doença cardíaca congênita.</p> <p><b>Sintomas</b>  <input type="checkbox"/> Você já experimentou desconforto no peito com o esforço.  <input type="checkbox"/> Você já experimentou uma falta de ar súbita.  <input type="checkbox"/> Você já experimentou tonturas, desmaios ou perda de sentidos.  <input type="checkbox"/> Você usa ou já usou medicações para o coração.</p>	<p><b>Outras Questões de Saúde</b>  <input type="checkbox"/> Você tem diabetes.  <input type="checkbox"/> Você possui asma ou outra doença pulmonar.  <input type="checkbox"/> Você já sentiu queimação ou câimbras em seus membros inferiores ao caminhar distâncias curtas.  <input type="checkbox"/> Você tem algum problema músculo-esquelético que limite sua prática de atividade física.  <input type="checkbox"/> Você tem preocupações quanto a segurança de se exercitar.  <input type="checkbox"/> Você tem alguma prescrição para medicação(ões).  <input type="checkbox"/> Se do sexo feminino, você está grávida.  <input type="checkbox"/> Você possui alguma doença da tireóide, dos rins ou do fígado.</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 10px;"> <p style="text-align: right; margin: 0;"><b>CONCLUSÃO 1</b></p> <p style="margin: 0;">Se você marcou qualquer um dos itens nesta seção, consulte o seu médico ou outro profissional de saúde antes de se engajar em um programa de exercícios. Você pode necessitar de uma estrutura que disponha de supervisão médica especializada.</p> </div>
<p><b>Fatores de Risco Cardiovasculares</b>            Se homem:  <input type="checkbox"/> Você tem 45 anos ou mais.            Se mulher:  <input type="checkbox"/> Você tem 55 anos ou mais ou já fez histerectomia ou está em pós-menopausa.            Para todos:  <input type="checkbox"/> Você fuma ou parou de fumar há menos de 6 meses.  <input type="checkbox"/> Sua <b>pressão</b>:              - <b>sistólica</b> é maior ou igual a 140 mmHg e/ou <b>diastólica</b> é maior ou igual a 90 mmHg, ou;              - é controlada por alguma medicação, ou;              - é desconhecida por você.  <input type="checkbox"/> Seu <b>colesterol</b> sanguíneo:              - <b>total</b> é maior que 200 mg/dL, ou;              - <b>LDL</b> é maior do que 130 mg/dL, ou;              - <b>HDL</b> é menor do que 40 mg/dL, ou;              - é desconhecido por você.  <input type="checkbox"/> O seu pai ou irmão (antes dos 55 anos) ou mãe e irmã (antes dos 65 anos), teve/tiveram um ataque</p>	<p>cardíaco ou fez/fizeram uma cirurgia cardíaca.  <input type="checkbox"/> Seu <b>açúcar sanguíneo</b>:              - apresenta níveis acima de 100 mg/dL, ou;              - é desconhecido por você.  <input type="checkbox"/> Você faz menos que 120 min por semana de atividades físicas moderadas (que levem a um discreto aumento da respiração).  <input type="checkbox"/> Você está mais que 9 kg acima do seu peso.</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 10px;"> <p style="text-align: right; margin: 0;"><b>CONCLUSÃO 2</b></p> <p style="margin: 0;">Se você marcou mais do que um item nesta seção, consulte o seu médico ou outro profissional de saúde antes de se engajar em um programa de exercícios. Você pode se beneficiar pela utilização de uma estrutura de atividades físicas que disponibilize supervisão profissional qualificada para orientar seu programa de exercícios.</p> </div>
<p><b>Outros</b>  <input type="checkbox"/> Nenhuma das afirmativas nos itens <b>Histórico</b>, <b>Sintomas</b> ou <b>Outras Questões de Saúde</b> e no máximo um item em <b>Fatores de Risco Cardiovasculares</b>.</p>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 10px;"> <p style="text-align: right; margin: 0;"><b>CONCLUSÃO 3</b></p> <p style="margin: 0;">Você está apto a iniciar seu programa de exercícios sem consultar o seu médico ou outro profissional de saúde em um programa auto-orientado ou em quase todos os centros de atividades físicas que atendam às suas necessidades para um programa de exercícios.</p> </div>

## APÊNDICE B - ESTUDO I: Termo de Consentimento



**Universidade Gama Filho - RJ**  
**Programa de Pós-Graduação Strictu-sensu em Educação Física**

Nome:	
Endereço:	
Telefone:	
E-mail:	
Matrícula:	
Identidade:	

Eu, acima identificado, voluntariamente concordo em participar do estudo intitulado **“RELAÇÃO ENTRE ASPECTOS NEUROMUSCULARES E DESEMPENHO AERÓBIO NA CORRIDA COM INCLINAÇÃO”**, parte complementar da tese de Doutorado de Tony Meireles dos Santos, do Programa de Pós-graduação em Educação Física da Universidade Gama Filho.

Estou ciente que o estudo tem como objetivo determinar as variáveis que melhor predizem o desempenho aeróbio na corrida a partir da utilização dos tradicionais Fatores de Potência Muscular (teste de corrida não-aeróbia máxima, salto vertical e índice do ciclo alongamentoencurtamento) em associação com a força muscular, nas inclinações de 1 e 10 %. Objetiva-se ainda verificar o papel da força no desempenho aeróbio em dois grupos equilibrados para a variável potência aeróbia máxima.

O estudo justifica-se pela carência de evidências de predição do desempenho que utilizem diversas variáveis preditivas, em especial que tenham utilizados indivíduos não atletas como voluntários.

Espera-se como benefício melhorar as orientações de treinamento de força para corredores recreacionais a partir de evidências mais aprofundadas sobre o tema. Para isso, serei submetido a quatro visitas às instalações da Academia de Musculação da Universidade Presidente Antônio Carlos – UNIPAC Campolide e Laboratório de Fisiologia do Exercício da mesma Instituição – Fisiolab. Em cada uma das visitas, serei submetido a diferentes procedimentos, sendo todos realizados por pessoal qualificado. A descrição dos procedimentos encontra-se abaixo:

**Visita 1 (≈ 45 min):** termo de consentimento, estratificação de risco, antropometria, familiarização ao teste aeróbio submáximo e familiarização ao teste de tempo limite na velocidade de potência aeróbia máxima a 1 e 10 %.

**Visita 2 (≈ 50 min):** teste de tempo limite na velocidade de potência aeróbia máxima a 1 ou 10 %. (dependendo do sorteio), familiarização 1 ao teste de nove a dez repetições máximas no exercício de leg-press e familiarização ao teste não-aeróbio máximo de corrida.

**Visita 3 (≈ 50 min):** teste não-aeróbio máximo de corrida, familiarização 2 ao teste de nove a dez repetições máximas no exercício de leg-press e familiarização ao teste de impulsão vertical.

**Visita 4 (≈ 35 min):** teste de impulsão vertical e teste de nove a dez repetições máximas no exercício de leg-press.

Estou ciente, também, que nos dias de teste não deverei realizar qualquer atividade física antes da coleta dos dados, estando liberado em seguida para a minha prática rotineira de exercícios. Deverei evitar também a ingestão de alimentos sólidos em no mínimo três horas antes da realização dos testes.

Considerando a duração total dos procedimentos e que já estarei presente nas proximidades do local de teste, não serão necessários reembolsos para custear gastos de transporte e alimentação.

Compreendo ainda que:

8. Em estudos dessa natureza, pode ocorrer algum tipo de desconforto, mesmo que raro, como: dores musculares, lesões musculares; cansaço, tonteira ou outras manifestações típicas da realização de esforços físicos de alta intensidade. Caso aconteça algum desses problemas, um profissional médico avaliará minha condição de saúde, orientando-me sobre as condutas mais adequadas a serem seguidas. Todos os custos de possíveis intercorrências correrão por conta do pesquisador responsável.

9. Caso alguma anormalidade seja detectada antes ou durante os procedimentos deste experimento, minha participação será automaticamente vetada;

10. Terei acesso a todos os dados referentes à minha participação nesse estudo, incluindo o relatório final;

11. Todas as informações obtidas nos testes por mim realizados serão única e exclusivamente utilizadas para fins acadêmicos e científicos, incluindo publicação em literatura especializada, sendo respeitado o meu anonimato;

12. Tenho plena liberdade para afastar-me do estudo em questão, a qualquer momento que desejar, sem nenhuma obrigatoriedade de prestar quaisquer esclarecimentos e sem um único ônus à minha pessoa.

13. Estou ciente que receberei ligações ou outra via de contato eletrônico dos organizadores do estudo a fim de detalhar os momentos de meu envolvimento.

14. Declaro ter tido todas as minhas dúvidas esclarecidas e se necessário, tenho toda a liberdade de solicitar novos esclarecimentos aos responsáveis pelo estudo.

Rio de Janeiro, \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2006

\_\_\_\_\_  
Voluntário

\_\_\_\_\_  
Testemunha

\_\_\_\_\_  
Investigador Responsável

\_\_\_\_\_  
Testemunha

Rio de Janeiro, \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2010

**Investigador Responsável**

Prof. Ms. Tony Meireles dos Santos  
Doutorando do PPGEFI-UGF (RJ)  
21 8896 3489 – tonyms@prohealth.com.br  
Universidade Presidente Antônio Carlos  
Rodovia MG 386 - Km 12 - Colônia Rodrigo  
Silva - Barbacena - MG - Tel. (32) 3693 8229

**Professor Orientador**

Prof. Ph.D. Paulo Sergio Chagas Gomes  
Professor do PPGEFI-UGF (RJ)  
21 9177 4402 - gomespscg@yahoo.com.br  
Universidade Gama Filho - Centro de Pesquisas  
Interdisciplinares em Saúde  
Rua Manoel Vitorino, 625 - Piedade - Rio de  
Janeiro - RJ - (21) 2599 7124

**Comitê de ética em Pesquisa**

CEP da Universidade Presidente Antônio Carlos - Pró-Reitoria de Pesquisa e Extensão  
Praça Presidente Antônio Carlos, 8 – São Sebastião - Barbacena – MG  
Protocolo # 090/06 – Aprovado em 27/04/06  
(32) 3693 8800 – [www.unipac.br](http://www.unipac.br)

Termo Livre de Registro Fotográfico

Eu,  autorizo  não autorizo o registro fotográfico da minha pessoa durante a realização de quaisquer procedimentos relacionados a este estudo, sabendo que será utilizado única e exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, incluindo publicações em literatura especializada. A negativa a esta autorização não inviabiliza minha participação neste estudo.

\_\_\_\_\_  
Voluntário

\_\_\_\_\_  
Testemunha

\_\_\_\_\_  
Investigador Responsável

\_\_\_\_\_  
Testemunha

Rio de Janeiro, \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2010

**Investigador Responsável**

Prof. Ms. Tony Meireles dos Santos  
Doutorando do PPGEFI-UGF (RJ)  
21 8896 3489 –  
tonyms@prohealth.com.br  
Universidade Presidente Antônio  
Carlos  
Rodovia MG 386 - Km 12 - Colônia  
Rodrigo Silva –  
Barbacena – MG – Tel. (32) 3693  
8229

**Professor Orientador**

Prof. Ph.D. Paulo Sergio Chagas  
Gomes  
Professor do PPGEFI-UGF (RJ)  
21 9177 4402 -  
gomespsc@yaho.com.br  
Universidade Gama Filho - Centro de  
Pesquisas  
Interdisciplinares em Saúde  
Rua Manoel Vitorino, 625 – Piedade –  
Rio de Janeiro – RJ  
– (21) 2599 7124

## APÊNDICE C - ESTUDO II: Termo de Consentimento



### Universidade Gama Filho - RJ Programa de Pós-Graduação Strictu-sensu em Educação Física

Nome:	
Endereço:	
Telefone:	
E-mail:	
Matrícula:	
Identidade:	

Você está sendo convidado a participar voluntariamente da pesquisa intitulada como "Resposta da Modulação Autonômica Cardíaca Após o Teste Anaeróbio Máximo de Corrida em Atletas", que servirá como parte do projeto final do programa de Pós-Graduação stricto sensu da Universidade Gama Filho, RJ, do aluno Flávio Areal De Lemos com orientação do Prof. Dr. Tony Meireles dos Santos.

O objetivo do estudo será estabelecer as oscilações da frequência cardíaca em repouso antes e após o teste anaeróbio máximo com duas diferentes inclinações (7% e 12%) em atletas e não atletas de esportes intermitentes. Para isso, deve-se comparecer a academia A!Bodytech Città localizada no Shopping Città América, Barra da Tijuca, Rio de Janeiro, em três (3) visitas com recuperação mínima de 24 horas entre elas. Nas visitas serão realizados diferentes procedimentos, sendo todos realizados por pessoal qualificado. A descrição dos procedimentos encontra-se abaixo:

**Visita 1.** Na primeira visita com aproximadamente 30 min de duração, haverá um esclarecimento geral sobre os procedimentos do estudo, assinatura do termo de consentimento, estratificação de risco cardíaco, medidas antropométricas para determinação da massa corporal, altura, percentual de gordura, mensuração da pressão arterial (PA) e medida da variabilidade da frequência cardíaca em estado de repouso com controle respiratório. E por fim o teste de esforço submáximo na esteira até a intensidade de 65% da Frequência Cardíaca de Reserva.

**Visita 2.** Na segunda visita, a duração será de aproximadamente de 60 min. repetindo o mesmo procedimento de teste da variabilidade da frequência cardíaca por duas vezes por um período de 15 minutos antes de qualquer teste e ao final após o MART. Em seguida, será realizado o sorteio de MART (7% ou 12%). Após sorteado o protocolo, iniciará o aquecimento exatamente igual ao teste de esforço submáximo realizado na primeira visita, em seguida, executa-se o teste com estágios de 20 s de estímulo e recuperação passiva de 100 s com característica progressiva máxima. Ao final do MART será realizada a análise da modulação autonômica cardíaca em repouso desde o primeiro minuto de recuperação do MART com duração de 15 min.

**Visita 3.** Na terceira visita, o protocolo dos testes será semelhante da segunda visita, no entanto o MART deverá ser realizado com a outra inclinação estabelecida. Nas 24 h que antecederem as visitas experimentais os participantes não devem realizar qualquer treinamento, estando liberado para a prática dessas atividades imediatamente após os testes. Deve-se evitar também a ingestão de alimentos sólidos em no mínimo três horas antes da realização dos testes.

Compreendo ainda que:

1. Em estudos dessa natureza, pode ocorrer algum tipo de desconforto, mesmo que raro, como: dores musculares, lesões musculares; cansaço, tonteira ou outras manifestações típicas da realização de esforços físicos de alta intensidade. Caso aconteça algum desses problemas, um profissional médico avaliará minha condição de saúde, orientando-me sobre as condutas mais adequadas a serem seguidas. Caso alguma anormalidade seja detectada antes ou durante os procedimentos deste experimento, minha participação será automaticamente vetada;
2. Terei acesso a todos os dados referentes à minha participação nesse estudo, incluindo o relatório final;
3. Todas as informações obtidas nos testes por mim realizados serão única e exclusivamente utilizadas para fins acadêmicos e científicos, incluindo publicação em literatura especializada, sendo respeitado o meu anonimato;
4. Tenho plena liberdade para afastar-me do estudo em questão, a qualquer momento que desejar, sem nenhuma obrigatoriedade de prestar quaisquer esclarecimentos e sem um único ônus à minha pessoa;
5. Estou ciente que receberei ligações ou outra via de contato eletrônico dos organizadores do estudo a fim de detalhar os momentos de meu envolvimento;
6. Declaro ter tido todas as minhas dúvidas esclarecidas e se necessário, tenho toda a liberdade de solicitar novos esclarecimentos aos responsáveis pelo estudo;

Todos os dados obtidos serão repassados aos participantes, onde poderão ser utilizados para o controle e otimização do treinamento e desempenho. Havendo a necessidade, será feito o ressarcimento de gastos que por ventura que possa ter com transporte e alimentação. Todos os custos de possíveis Intercorrências correrão por conta do pesquisador responsável.



---

 Voluntário

Rio de Janeiro, \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2011.

---

 Testemunha

---

 Investigador Responsável

**Co-Investigador**

 Prof. Flávio Areal De Lemos  
 Pós-Graduando UGF (RJ)  
 21 99713-0813/  
 flavioareal@superig.com.br  
 Universidade Gama Filho  
 Rua Manoel Vitorino, 553 - Piedade -  
 Rio de Janeiro - RJ - (21) 2599 7124

---

 Testemunha

**Orientador Responsável**

 Prof. Dr. Tony Meireles dos Santos  
 Professor do PPGEF-UGF (RJ)  
 21 7893-9600 /  
 tonyms@prohealth.com.br  
 Universidade Gama Filho – Centro de  
 Pesquisas  
 Interdisciplinares em Saúde  
 Rua Manoel Vitorino, 553 - Piedade -  
 Rio de Janeiro – RJ – (21) 2599 7124

Eu, autorizo  não autorizo  o registro fotográfico da minha pessoa durante a realização de quaisquer procedimentos relacionados a este estudo, sabendo que será utilizado única e exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, incluindo publicações em literatura especializada. A negativa a esta autorização não inviabiliza minha participação neste estudo.

---

 Voluntário

---

 Testemunha

---

 Investigador Responsável

---

 Testemunha

Rio de Janeiro, \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2011.

**Co-Investigador**

 Prof. Flávio Areal De Lemos  
 Pós-Graduando UGF (RJ)  
 21 99713-0813/  
 flavioareal@superig.com.br  
 Universidade Gama Filho  
 Rua Manoel Vitorino, 553 - Piedade -  
 Rio de Janeiro - RJ - (21) 2599 7124

**Orientador Responsável**

 Prof. Dr. Tony Meireles dos Santos  
 Professor do PPGEF-UGF (RJ)  
 21 7893-9600 /  
 tonyms@prohealth.com.br  
 Universidade Gama Filho – Centro de  
 Pesquisas  
 Interdisciplinares em Saúde  
 Rua Manoel Vitorino, 553 - Piedade -  
 Rio de Janeiro – RJ – (21) 2599 7124