

**REFLEXO VAGAL CARDÍACO E
ARRITMIAS CARDÍACAS EM
SITUAÇÕES DE EXERCÍCIO: ANÁLISE
BASEADA EM DOIS ESTUDOS**

LAURO CASQUEIRO VIANNA

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

REFLEXO VAGAL CARDÍACO E ARRITMIAS CARDÍACAS EM SITUAÇÕES DE EXERCÍCIO: ANÁLISE BASEADA EM DOIS ESTUDOS

Por

Lauro Casqueiro Vianna

Dissertação Apresentada ao
Programa de Pós-Graduação em Educação Física da
Universidade Gama Filho
Como Requisito Parcial à Obtenção do
Título de Mestre em Educação Física

Novembro, 2005

**REFLEXO VAGAL CARDÍACO E ARRITMIAS
CARDÍACAS EM SITUAÇÕES DE EXERCÍCIO: ANÁLISE
BASEADA EM DOIS ESTUDOS**

Lauro Casqueiro Vianna

Apresentada a Dissertação à

Banca Examinadora:

**Prof. Dr. Claudio Gil Soares de Araújo
- Orientador -**

Prof. Dr. Djalma Rabelo Ricardo

Prof. Dr. Ricardo Vivacqua Cardoso Costa

Novembro, 2005

DEDICATÓRIA

Passaram-se mais dois anos importantes na minha vida. Foram anos de crescimento em todas as esferas do ser humano. No entanto, não foi nada fácil, especialmente pelo fato de ficar longe do meu porto seguro, a minha família. Ainda assim, em nenhum momento pensei em desistir de me tornar Mestre em Educação Física, até porque, a carreira acadêmica foi a que escolhi para seguir. Inclusive, nesses dois anos de convívio com a pesquisa e a docência percebi a cada dia o quão era apaixonado e motivado pelo que fazia. Todavia, essa automotivação intelectual e profissional não esteve sempre presente na minha vida. No entanto, sempre tive ao meu lado uma pessoa especial que sempre procurou me impulsionar, especialmente naquelas horas que outras já tinham desistido. Por tudo isso, orgulhosamente dedico este trabalho à Professora Ilda Rosa, em outras palavras mais biológicas e amorosas, minha mãe.

Mãe, esse trabalho é fruto do seu incessante investimento de amor, respeito e principalmente educação, obrigado por tudo!

Reflexões

“Faço o melhor que sou capaz, só para viver em paz”
(Marcelo Camelo)

AGRADECIMENTOS

- Agradeço ao meu melhor amigo e pai pelo irrestrito apoio durante essa caminhada. Desculpe-me pela minha ausência neste período!
- Aos meus queridos irmãos Sabino, Gabriela e Eduardo. Sem vocês, eu não tenho pernas para continuar nesta caminhada.
- Aos amigos Gilson e Patrícia! Vocês solidificaram a base da nossa família, muito obrigado!
- Ao meu primo preferido, Vinícius! Espero que um dia eu possa retribuir na mesma magnitude e tenacidade à ajuda que me concedeu durante a seleção de mestrado!
- À minha madrinha Tina, pelas suas orações e constante demonstração de amor.
- À minha Tia Cacau, por ter contribuído na minha formação educacional, especialmente na língua inglesa.
- Aos meus afilhados João e Léo, amo muito vocês!
- Aos meus grandes amigos Dedei e Kiko Vasques! Vocês estavam comigo em um dos dias mais felizes da minha vida, o dia em que fui aprovado no mestrado!
- À Dorothéa, minha sogra e que esteve literalmente vibrando e festejando todas as minhas conquistas, obrigado por tudo!
- Ao Professor Ricardo, meu sogro e que sempre está disponível para escutar alguma coisa sobre fisiologia do exercício.
- Agradeço especialmente a duas pessoas maravilhosas que nos últimos anos me adotaram como neto: Vó Yére e Vó Zéa.
- Ao querido professor José Galdino S. da Silva, quem me iniciou na fisiologia do exercício.
- Ao querido amigo e professor Valter Abrantes P. da Silva, quem me iniciou na reabilitação cardíaca e outras coisas mais. Tenho uma dívida de gratidão com você pelo resto da minha vida! Muito obrigado meu amigo!
- Ao Prof^o Dr. Francisco José G. Pitanga, quem me iniciou no MedLine.
- Aos amigos e parceiros da UCSal, Lucas e Marcinho!
- Agradeço a todos os docentes, discentes e funcionários do Programa de Pós-Graduação em Educação Física da Universidade Gama Filho. Obrigado pelo convívio!
- Aos médicos, professores e funcionários da CLINIMEX, em especial a Prof^a Cláudia Lúcia Barros de Castro pelos ensinamentos e excelentes comentários no processo de qualificação do presente trabalho.
- Agradeço a todos os voluntários que participaram deste trabalho e que eu tive grande satisfação de conhecê-los.
- Ao CNPq, por ter investido na minha qualificação profissional.
- Enfim, agradeço a todos os amigos e familiares que contribuíram direta e indiretamente para mais esse longo passo na jornada profissional. A todos vocês, meus sinceros agradecimentos!

AGRADECIMENTOS ESPECIAIS

Um seleto grupo de pessoas contribuiu de forma importante no meu processo de formação durante o curso de mestrado, deste modo, decidi agradecê-las de modo especial.

- Primeiramente agradeço ao amor e a razão da minha vida, Tatiana. Quando ficou sabendo da minha aprovação no mestrado, a sua felicidade era tão grande que, em alguns momentos, não sabia mais quem tinha sido aprovado. Obrigado pelo incentivo, ajuda, dedicação e principalmente compreensão naqueles momentos difíceis que passamos juntos. E, acima de tudo, agradeço por me amar tanto, fazendo de mim o homem mais feliz do mundo. Sem você, eu não teria realizado esse sonho!
- Aos novos mestrandos Bruno e Flávia, que chegaram para abrilhantar ainda mais o nosso grupo de pesquisa. Do ponto de vista da estatística, houve interação entre os fatores, e o p ficou ainda mais significativo para um IC95% mais estreito. Espero que vocês continuem nota 10 em pesquisa e principalmente em amizade! Aprendi muito com vocês e, muito obrigado pelo convívio.
- Agradeço ao meu novo irmão e parceiro de mestrado, Ricardo Brandão de Oliveira. Uma pessoa inteligentíssima e crítica que me ensinou várias coisas da vida. Abriu as portas da sua casa para mim, onde fui sempre tratado com muita distinção pelos seus queridos pais. Parceiro, todos os momentos que passamos juntos ficaram guardados na minha memória e a sua amizade guardada do lado esquerdo do peito, debaixo de sete chaves.
- Agradeço também aos meus amigos, irmãos e professores, Kiko e Djalma. Na verdade agora, Dr Marcos Almeida e Dr Djalma Ricardo. Agradeço pela valorosa ajuda como co-orientadores deste trabalho, pelo apoio moral e pela paciência com as minhas limitações. Agradeço inclusive, a humildade de vocês indicando os meus defeitos e sempre apontando soluções. Sem vocês, eu não teria crescido e nem aprendido tanto. Espero um dia poder retribuir na mesma magnitude e tenacidade à ajuda que me concederam durante o curso de mestrado! Tenho muita admiração, respeito e carinho por vocês. Obrigado por compartilhar grande parte do tempo de vocês comigo!
- Enfim, os meus agradecimentos ao meu querido orientador Professor Doutor Claudio Gil S. Araújo, quem me iniciou na ciência e também foi meu padrinho na docência do ensino superior. Além de ótimo cientista, gostaria de te agradecer dizendo que o senhor é um excelente orientador e que é impressionante a sua incansável motivação de orientar de modo presente seus mestrandos e doutorandos. Por esse motivo, ansiosamente procurei aproveitar ao máximo todos os seus ensinamentos, especialmente aqueles que transgridem o aspecto da ciência. Por exemplo, o senhor é um homem que preza muito pela família e esse ensinamento sempre estará dentro do meu coração. Fique tranquilo, pois será sempre com muito orgulho, responsabilidade e galhardia que farei valer o seu nome como meu orientador, professor e amigo. Certamente, gostaria muito de continuar desfrutando de seu convívio nos próximos anos. Obrigado por ter confiado no meu potencial e me propiciar uma excelente formação.

VIANNA, LC. (2005). Reflexo Vagal Cardíaco e Arritmias Cardíacas Em Situações de Exercício: Análise Baseada Em Dois Estudos. (Dissertação de Mestrado). Rio de Janeiro: Programa de Pós-Graduação em Educação Física - Universidade Gama Filho.

Orientador: Prof. Dr. Claudio Gil Soares de Araújo

RESUMO

O período de recuperação pós-exercício está associado com alterações no sistema nervoso autônomo, mais especificamente no seu ramo parassimpático, podendo resultar em uma maior instabilidade elétrica do coração, aumentando a sua vulnerabilidade e facilitando o surgimento de arritmias. Inclusive, as arritmias induzidas por exercício parecem estar diretamente associadas à doença cardíaca, à atividade vagal cardíaca e ao nível de condição aeróbica. Contudo, os poucos estudos demonstrando o efeito agudo de uma única sessão de exercício aeróbico sobre a atividade vagal cardíaca são conflitantes. Além disso, na literatura há uma carência de dados quanto à frequência e o tipo de arritmias desencadeadas por situações de esforço outras que não as do teste de exercício, e mais especificamente, em exercícios súbitos e de curta duração, situações relativamente comuns da vida diária. Para tanto, foram desenvolvidos dois estudos originais. O objetivo desta dissertação foi de analisar aspectos clínicos e fisiológicos de diferentes respostas cardiovasculares em situações distintas de exercício, por outro lado, inter-relacionando a atividade vagal cardíaca e arritmias cardíacas em situações de esforço físico. No primeiro estudo, verificou-se em 12 indivíduos (9 homens) com idade entre 23 e 72 anos, que 30 minutos não são suficientes para uma completa reativação do controle vagal cardíaco, fato esse ratificado em duas visitas. Nossos resultados também sugerem uma resposta autonômica à ingestão de água. Neste sentido, a ingestão de 500 mL de água imediatamente após a sessão de exercício, aumentou a velocidade de recuperação do reflexo vagal cardíaco, medido pelo teste de exercício de 4 segundos, atingindo seu pico no 20º minuto pós-exercício ($1,55 \pm 0,09$ vs $1,43 \pm 0,06$; $p=0,03$). Já o segundo estudo identificou a presença e o tipo de arritmias cardíacas associadas à realização de quatro procedimentos clínicos em uma amostra prospectiva de 322 indivíduos adultos (244 homens), saudáveis e não-saudáveis. Desses indivíduos, 48 desenvolveram arritmias exclusivamente durante esforços súbitos e curtos, sendo 50% deles com doença cardiovascular, 31% outras doenças e 19% assintomáticos. A razão de chance ajustada indicou que uma maior atividade vagal é um fator de proteção contra a presença de arritmias em todos os procedimentos ($p<0,05$). A potência aeróbica máxima e a atividade vagal cardíaca estão reduzidas naqueles indivíduos com arritmias em todos os quatro procedimentos ($p<0,05$). Sendo assim, os dados da presente dissertação demonstraram que: a) os possíveis fatores de cardioproteção vago-dependente estão atenuados após o exercício, especialmente se não for feita uma ingestão importante de água e b) a associação de esforços curtos para a identificação de eventos arrítmicos pode ser clinicamente importante, principalmente quando analisados em função da atividade vagal cardíaca.

VIANNA, LC. (2005). Cardiac Vagal Reflex and Cardiac Arrhythmias in Exercise Condition: an Analysis Based on Two Studies. (Master Thesis). Rio de Janeiro: Gama Filho University (Graduate Program on Physical Education).

Adviser: Prof. Dr. Claudio Gil Soares de Araújo

ABSTRACT

The post-exercise period is associated with autonomic nervous system changes, more specifically a reduced vagal efferent activity that may favor cardiac electrical instability, increasing its vulnerability and facilitating the emergence of potentially lethal arrhythmias. The prevalence and frequency of exercise-induced arrhythmias may be influenced by the presence of cardiac diseases, cardiac vagal activity and aerobic fitness. Yet, a few studies of short-term effects of a single bout of aerobic exercise on cardiac vagal activity had provided conflicting results. In addition, there is a lack of scientific data regarding the frequency and type of arrhythmia triggered by short and sudden efforts, situations that are otherwise relatively common in daily activities. So that, this thesis is based on two original studies. Our work intended to analyze clinical and physiological aspects of different cardiovascular responses in distinct exercise situations, in particular, relating cardiac vagal activity and arrhythmias during exercise. In the first study, in 12 subjects (9 men) aged between 23 and 72 years, we verified that 30 minutes were not sufficient for a complete recovery of cardiac vagal activity after exercise, fact ratified in two visits. Also, our results suggest an acute autonomic response to water ingestion. In this sense, 500 mL of water immediately after the exercise bout determined a faster recovery of cardiac vagal reflex, as measured by the 4-s exercise test, reaching its peak in 20th minute after exercise (1.55 ± 0.09 vs 1.43 ± 0.06 ; $p=0.03$). The second study, looked for identifying the presence and type of cardiac arrhythmia associated with performance of four clinical procedures in a prospective sample of 322 adults, including healthy and unhealthy subjects (244 men). Among these subjects, 48 presented arrhythmia exclusively during short and sudden efforts, being 50% of subjects with cardiovascular disease, 31% other diseases and 19% asymptomatics. Adjusted odds ratio indicates that a higher cardiac vagal activity negatively influences presence of arrhythmia in all procedures ($p < 0.05$). Maximal aerobic power and cardiac vagal activity were reduced in subjects with arrhythmias in all four procedures ($p < 0.05$). Therefore, our data shows that vagal activity seems to be diminished during post-exercise period, especially if substantial water ingestion is not provided. Also, it seems that use of different types of efforts to identify arrhythmias could be clinically important, especially when analyzed as a function of cardiac vagal activity.

ÍNDICE

	Página
RESUMO	vii
ABSTRACT	viii
LISTA DE ANEXOS	x
LISTA DE FIGURAS	xi
LISTA DE TABELAS	xii
CAPÍTULO	
I. INTRODUÇÃO	1
. Objetivos Gerais	6
. Objetivos Específicos	6
. Referências	7
II. ARTIGO 1. EFEITO AGUDO DA INGESTÃO DE ÁGUA SOBRE O REFLEXO VAGAL CARDÍACO APÓS 30-MIN DE EXERCÍCIO AERÓBICO	10
. Resumo	12
. Introdução	13
. Métodos	15
. Resultados	19
. Discussão	24
. Conclusões	28
. Referências	29
III. ARTIGO 2. POTENCIAL ARRITMOGÊNICO DE ESFORÇOS SÚBITOS E CURTOS	32
. Resumo	34
. Introdução	35
. Métodos	37
. Resultados	42
. Discussão	49
. Conclusões	56
. Referências	57
IV. DISCUSSÃO GERAL	61
V. CONCLUSÕES GERAIS	65
. Referências	66
VI. ANEXOS	68

LISTA DE ANEXOS

	Página
Artigo 1	
Termo de Consentimento	69
Banco de dados	71

LISTA DE FIGURAS

	Página
Artigo 1	
Figura 1. Comportamento do IVC antes e após exercício aeróbico	21
Figura 2. Comportamento da FC antes e após exercício aeróbico	22
Figura 3. Comportamento da PAS antes e após exercício aeróbico	23
Artigo 2	
Figura 1. Índice vagal cardíaco e potência aeróbica máxima entre os indivíduos com e sem arritmia cardíaca.	48

LISTA DE TABELAS

	Página
Artigo 1	
Tabela 1. Dados dos indivíduos	19
Tabela 2. Resultados nas duas sessões de exercício	19
Artigo 2	
Tabela 1. Características gerais e comparativas dos pacientes sem e com arritmias cardíacas em pelos menos um dos procedimentos	42
Tabela 2. Freqüência e tipo das arritmias por procedimentos	44
Tabela 3. Freqüência e tipo das arritmias desencadeadas exclusivamente nos esforços súbitos e curtos	45
Tabela 4. Regressão Logística: associação independente entre o evento arritmico e as varáveis independentes	46

INTRODUÇÃO

Consensualmente, está bem estabelecido que a prática regular de exercício físico é inversamente associada com a morbidade e a mortalidade por diversos tipos de doenças crônico-degenerativas. Do ponto de vista histórico e, principalmente de notoriedade científica e epidemiológica, um dos estudos clássicos sobre atividade física e doenças cardiovasculares foi conduzido por Morris et al.¹, em 1953. Já naquele período, os autores demonstraram que os cobradores tinham menor incidência de ataques cardíacos que os motoristas dos ônibus de dois andares na cidade de Londres. Ainda no mesmo estudo, resultados semelhantes foram encontrados para o serviço postal de Londres, quando os autores compararam os carteiros com os funcionários de escritório¹. Posteriormente, estudos prospectivos epidemiológicos demonstraram que a atividade física ou exercícios físicos de intensidade vigorosa e/ou moderada, são consistentemente associados com a redução da incidência de doença arterial coronariana^{2,3}.

Dentro desta perspectiva, o exercício físico realizado de forma regular destaca-se como uma importante intervenção para a redução dos riscos de mortalidade e da incidência de eventos cardiovasculares. Se por um lado os efeitos crônicos são favoráveis, a situação é diferente em termos dos efeitos agudos do exercício físico. Alguns estudos têm demonstrado a ocorrência de eventos cardiovasculares durante uma sessão de exercício físico, como por exemplo, a morte súbita^{4,5}. Este paradoxo do exercício é confirmado através do estudo de Albert et al.⁴, envolvendo 21481 participantes entre 40 e 83 anos

de idade, que identificaram um risco relativo para morte súbita durante ou até 30 minutos após uma sessão de exercício vigoroso de 16,9 (IC95% = 10,5 a 27,0; $p < 0,001$).

Não obstante, aproximadamente 20 anos atrás, um estudo conduzido pelo grupo do Dr. Paul Thompson ⁵ evidenciou que, entre o período de 1º de janeiro de 1975 a 1º de maio de 1982, 81 indivíduos morreram durante ou imediatamente após a prática de exercícios recreativos no estado norte-americano de *Rhode Island*. Surpreendentemente, cerca de 10% das vítimas não possuíam historia clinica relevante ou fatores de risco para doença arterial coronariana, sendo inclusive considerados saudáveis por suas famílias. Curiosamente, considerando esses resultados e de outros grupos de pesquisa, os eventos cardiovasculares associados à prática de exercício, algumas vezes independem da presença de distúrbios do ritmo cardíaco ⁶, da condição física ⁷ e da idade ⁸.

Alguns mecanismos parecem explicar o risco aumentado para morte súbita durante e nos primeiros minutos após o exercício. Sob o prisma dos efeitos agudos imediatos, o exercício produz complexas alterações fisiológicas que parece potencializar ou suprimir a entrada de arritmias cardíacas ⁹. Por exemplo, um simples aumento da frequência cardíaca pode suprimir uma atividade ectópica ventricular, neste sentido, eliminando um potencial foco de surgimento de arritmias mais severas. No entanto, está bem estabelecido que durante o exercício físico é observado um aumento progressivo do tônus simpático e das catecolaminas circulantes, assim como uma concomitante

inibição do tônus vagal ¹⁰. Essas alterações na regulação autonômica cardíaca que ocorrem durante e após esforço físico parecem ser potencialmente arritmogênicas ⁹.

Considerando os aspectos de vulnerabilidade cardíaca, tanto em repouso quanto em exercício, os estudos clínicos ¹¹ e experimentais ¹² sugerem que uma redução da atividade parassimpática cardíaca representa um importante fator de risco relacionado à morte súbita. Em outras palavras, uma atividade vagal cardíaca preservada parece ser fator de proteção contra as arritmias e a morte súbita. Por outro lado, são poucos os estudos demonstrando o efeito agudo tardio de uma única sessão de exercício aeróbico sobre a atividade vagal cardíaca ^{13, 14}. Alguns estudos utilizando a variabilidade da frequência cardíaca mensuradas nos domínios do tempo e da frequência, evidenciaram durante os minutos subseqüentes a uma sessão de exercício uma redução da atividade vagal cardíaca ^{13, 15}, muito embora esses achados não sejam universais, como mostrou um estudo do grupo de pesquisa da Dr^a La Rovere ¹⁶. Apesar de clinicamente importante, as alterações autonômicas durante a fase de recuperação pós-exercício ainda não parecem estar muito bem compreendidas.

Um outro aspecto a se considerar é que, ao melhor do nosso conhecimento, em nenhum dos estudos que avaliaram a função autonômica cardíaca na fase de recuperação pós-exercício, parece ter sido controlada criteriosamente a ingestão líquida nesse período. Isso parece relevante, pois sabe-se que a ingestão de líquido parece promover alterações clinicamente

favoráveis no controle autonômico cardíaco ¹⁷. No entanto, desconhece-se na prática, qual seria o efeito da ingestão hídrica sobre o comportamento da atividade vagal cardíaca, imediatamente após uma sessão de exercício aeróbico.

Mesmo quando não são fatais, as arritmias cardíacas geradas por meio de um teste de exercício podem possuir significado clínico importante ¹⁸, especialmente quando identificadas no período de recuperação pós-exercício ¹⁹. Um estudo conduzido pelo grupo de pesquisa liderado pelo Dr. Lauer da *Cleveland Clinic* ¹⁹, demonstrou que a atividade ectópica ventricular freqüente durante a fase de recuperação pós-esforço possui melhor valor prognóstico para mortalidade que o risco relativo proveniente das arritmias ventriculares detectadas durante o teste de exercício. Conseqüentemente, uma atenuada reativação vagal durante a fase de recuperação pós-exercício parece ter sido associada com arritmias ventriculares mais importantes que aquelas desencadeadas pelo exercício *per se*. Sendo assim, além do seu potencial clínico bem conhecido, o teste de exercício máximo freqüentemente fornece informações complementares a outras técnicas específicas em relação a detecção de anormalidades no ritmo cardíaco, como por exemplo, o monitoramento ambulatorial de 24 horas ²⁰.

Várias das atividades diárias exigem esforços bruscos e de súbita solicitação muscular ou cardiovascular, desse modo, os procedimentos mais convencionais (ex. teste de exercício máximo) podem algumas vezes ser pouco sensíveis para detectar arritmias cardíacas. Todavia, há na literatura uma

carência de dados quanto à frequência e o tipo de arritmias desencadeadas por situações de esforço outras que não as do teste de exercício, e mais especificamente, em exercícios súbitos e de curta duração, situações relativamente comuns da vida diária.

Ao longo desta introdução, procuramos expor algumas lacunas do conhecimento numa perspectiva clínica e fisiológica das respostas cardiovasculares ao exercício, especialmente em relação à reativação vagal durante a fase de recuperação pós-exercício, assim como, às arritmias cardíacas geradas por diferentes tipos de esforço físico.

Face ao exposto, seria interessante analisar a dinâmica do controle vagal cardíaco durante a fase de recuperação pós-exercício e, elucidativo estudar o efeito da ingestão de água sobre o comportamento da atividade vagal cardíaca, imediatamente após uma sessão de exercício aeróbico. Além disso, torna-se imperiosa a necessidade de verificar o potencial arritmogênico de duas situações de esforço súbito e de curta duração, representados por dois procedimentos clínicos específicos: a espirometria e um teste autonômico cardiovascular denominado de teste de exercício de 4 segundos ²¹. Desta forma, considerando as lacunas científicas apresentadas no texto, a presente dissertação é constituída de dois estudos originais sobre os tópicos acima discutidos.

OBJETIVOS GERAIS

Os objetivos gerais desta dissertação foram apresentar e discutir aspectos clínicos e fisiológicos das respostas cardiovasculares em situações de exercício, interrelacionando a atividade vagal cardíaca e arritmias cardíacas em situações de esforço físico.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Verificar o efeito da ingestão de água sobre a atividade vagal cardíaca após uma sessão de exercício aeróbio.
2. Observar a presença e o tipo de arritmias cardíacas desencadeadas por quatro procedimentos clínicos em função da condição aeróbica e autonômica.

REFERÊNCIAS

1. Morris JN, Heady JA, Raffle PA, Roberts CG, Parks JW. Coronary heart-disease and physical activity of work. *Lancet* 1953; 265:1053-7; contd.
2. Paffenbarger RS, Hale WE. Work activity and coronary heart mortality. *N Engl J Med* 1975; 292:545-50.
3. Leon AS, Connett J, Jacobs DR, Jr., Rauramaa R. Leisure-time physical activity levels and risk of coronary heart disease and death. The Multiple Risk Factor Intervention Trial. *Jama* 1987; 258:2388-95.
4. Albert CM, Mittleman MA, Chae CU, Lee IM, Hennekens CH, Manson JE. Triggering of sudden death from cardiac causes by vigorous exertion. *N Engl J Med* 2000; 343:1355-61.
5. Ragosta M, Crabtree J, Sturner WQ, Thompson PD. Death during recreational exercise in the State of Rhode Island. *Med Sci Sports Exerc* 1984; 16:339-42.
6. Spooner PM, Albert C, Benjamin EJ, Boineau R, Elston RC, George AL, Jr., Jouven X, Kuller LH, MacCluer JW, Marban E, Muller JE, Schwartz PJ, Siscovick DS, Tracy RP, Zareba W, Zipes DP. Sudden cardiac death, genes, and arrhythmogenesis : consideration of new population and mechanistic approaches from a national heart, lung, and blood institute workshop, part I. *Circulation* 2001; 103:2361-4.
7. Mittleman MA, Siscovick DS. Physical exertion as a trigger of myocardial infarction and sudden cardiac death. *Cardiol Clin* 1996; 14:263-70.
8. Maron BJ, Araujo CG, Thompson PD, Fletcher GF, de Luna AB, Fleg JL, Pelliccia A, Balady GJ, Furlanello F, Van Camp SP, Elosua R, Chaitman BR, Bazzarre TL. Recommendations for preparticipation screening and the assessment of cardiovascular disease in masters athletes: an advisory for healthcare professionals from the working groups of the World Heart Federation, the International Federation of Sports Medicine,

- and the American Heart Association Committee on Exercise, Cardiac Rehabilitation, and Prevention. *Circulation* 2001; 103:327-34.
9. Pashkow FJ, Schweikert RA, Wilkoff BL. Exercise testing and training in patients with malignant arrhythmias. *Exerc Sport Sci Rev* 1997; 25:235-69.
 10. Almeida MB, Araujo CG. Efeitos do treinamento aeróbico sobre a frequência cardíaca. *Rev Bras Med Esp* 2003; 9:104-12.
 11. Buch AN, Coote JH, Townend JN. Mortality, cardiac vagal control and physical training--what's the link? *Exp Physiol* 2002; 87:423-35.
 12. Vanoli E, De Ferrari GM, Stramba-Badiale M, Hull SS, Jr., Foreman RD, Schwartz PJ. Vagal stimulation and prevention of sudden death in conscious dogs with a healed myocardial infarction. *Circ Res* 1991; 68:1471-81.
 13. Hautala A, Tulppo MP, Makikallio TH, Laukkanen R, Nissila S, Huikuri HV. Changes in cardiac autonomic regulation after prolonged maximal exercise. *Clin Physiol* 2001; 21:238-45.
 14. Pober DM, Braun B, Freedson PS. Effects of a single bout of exercise on resting heart rate variability. *Med Sci Sports Exerc* 2004; 36:1140-8.
 15. 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; 256:H132-41.
 16. Raczak G, Pinna GD, La Rovere MT, Maestri R, Danilowicz-Szymanowicz L, Ratkowski W, Figura-Chmielewska M, Szwoch M, Ambroch-Dorniak K. Cardiovagal response to acute mild exercise in young healthy subjects. *Circ J* 2005; 69:976-80.
 17. Routledge HC, Chowdhary S, Coote JH, Townend JN. Cardiac vagal response to water ingestion in normal human subjects. *Clin Sci (Lond)* 2002; 103:157-62.

18. Podrid PJ, Venditti FJ, Levine PA, Klein MD. The role of exercise testing in evaluation of arrhythmias. *Am J Cardiol* 1988; 62:24H-33H.
19. Frolkis JP, Pothier CE, Blackstone EH, Lauer MS. Frequent ventricular ectopy after exercise as a predictor of death. *N Engl J Med* 2003; 348:781-90.
20. Lown B, Calvert AF, Armington R, Ryan M. Monitoring for serious arrhythmias and high risk of sudden death. *Circulation* 1975; 52:III189-98.
21. 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; 2:35-40.

Artigo nº 1

EFEITO AGUDO DA INGESTÃO DE ÁGUA SOBRE O REFLEXO VAGAL CARDÍACO APÓS 30-MIN DE EXERCÍCIO AEROBICO

Palavras-chave: reflexo vagal cardíaco, teste de 4 segundos, ingestão de água, recuperação.

Lauro C. Vianna¹

Ricardo B. Oliveira¹

Djalma R. Ricardo²

Bruno M. Silva¹

Claudio Gil S. Araújo^{1,3}

1. Programa de Pós-Graduação em Educação Física da Universidade Gama Filho
2. Faculdade de Ciências Médicas e da Saúde de Juiz de Fora
3. CLINIMEX – Clínica de Medicina do Exercício

Dr. Claudio Gil S. Araújo
Clínica de Medicina do Exercício – CLINIMEX (www.clinimex.com.br)
22031-070 - Rua Siqueira Campos, 93/101- Rio de Janeiro - RJ
cgaraujo@iis.com.br

RESUMO

A ingestão de água parece promover alterações clinicamente favoráveis no controle autonômico cardíaco. Todavia, não é conhecido o efeito da ingestão de água sobre o reflexo vagal cardíaco, imediatamente após uma sessão de exercício aeróbico. Em 12 indivíduos (9 homens) com idade entre 23 e 72 anos, foi avaliado o efeito agudo tardio da ingestão de água (500 mL vs controle) sobre o reflexo vagal cardíaco após 30-min de exercício aeróbico realizado em cicloergômetro a uma intensidade de 80% do limiar anaeróbico. A ingestão de água, 50 ou 500 mL, foi realizada em ordem randômica. O reflexo vagal cardíaco expresso pelo índice vagal cardíaco (IVC), foi avaliado através do Teste de Exercício de 4 segundos (T4s), na condição pré-exercício (T4sPRE) e a cada 10-min na primeira meia hora pós-exercício: T4s10, T4s20 e T4s30. A ANOVA 2 x 4 para medidas repetidas demonstrou interação entre os fatores para o IVC, especificamente no momento T4s20, onde houve diferença significativa entre as visitas ($1,55 \pm 0,09$ vs $1,43 \pm 0,06$; $p=0,03$), denotando uma mais rápida recuperação do controle vagal cardíaco durante a visita água (500 mL) quando comparado com a visita controle (50 mL). Em conclusão, a ingestão de água imediatamente após uma sessão de exercício aeróbico moderado parece alterar favoravelmente a atividade vagal cardíaca no período pós-exercício, atenuando o tempo de recuperação do controle parassimpático cardíaco, apesar deste ainda permanecer algo reduzido até 30-min pós-exercício.

INTRODUÇÃO

O risco de morte súbita está aumentado durante e imediatamente após uma sessão de exercício físico, em indivíduos normais ou com doença cardíaca estabelecida ¹. Os mecanismos que parecem estar relacionados ao risco aumentado de morte súbita podem ser explicados, em parte, por alterações agudas do controle autonômico cardíaco durante e após o esforço físico ². Neste sentido, está bem estabelecido que durante o exercício físico é observado um aumento progressivo do tônus simpático e das catecolaminas circulantes, assim como uma concomitante inibição do tônus vagal ³. Por outro lado, existe pouca informação contemplando tal temática em relação à dinâmica da regulação autonômica nos primeiros minutos da recuperação pós-exercício.

Há relativamente poucos estudos analisando o comportamento autonômico após uma única sessão de exercício ⁴⁻⁹. Um estudo publicado em 2005 por Parekh *et al.*¹⁰, demonstrou que a regulação autonômica vagal está atenuada na recuperação pós-exercício e que, provavelmente, é restaurada mais rapidamente após uma sessão realizada a 50% do consumo máximo de oxigênio, quando comparada à sessão desempenhada a 80% e de gasto calórico semelhante. Posteriormente, Raczac *et al.*¹¹, observaram a resposta vagal cardíaca após uma sessão de exercício, onde sugeriram que 30-min de exercício promove melhoras na regulação neural cardíaca. Contudo, apesar de ser interessante conhecer a influência da intensidade e de outras variáveis sobre o controle autonômico parassimpático, parece não estar claro e nem

muito bem delineado o tipo de alterações autonômicas na fase de recuperação pós-exercício.

Em adendo, outro aspecto importante é que em nenhum dos estudos supracitados parece ter sido controlada criteriosamente a ingestão líquida no período pós-exercício. A ingestão de líquido parece promover alterações clinicamente favoráveis no controle autonômico cardíaco ¹². Desconhece-se na prática, qual seria o efeito da ingestão hídrica sobre o comportamento da atividade vagal cardíaca, imediatamente após uma sessão de exercício aeróbico. Neste sentido, parece interessante e oportuno associar a ingestão de um volume de água conhecido imediatamente após o término de uma sessão de exercício aeróbico com o controle vagal cardíaco durante este período. Face ao exposto, o presente estudo objetiva avaliar o reflexo vagal cardíaco após 30-min de exercício aeróbico com a ingestão de 50 e de 500 mL de água a temperatura ambiente.

MÉTODOS

Amostra

Inicialmente, oito voluntários assintomáticos (6 homens), com idade entre 23 e 34 anos, foram estudados. O experimento foi precedido de uma anamnese seguida de um exame clínico e físico, com ênfase em sinais e sintomas cardiorespiratórios ou autonômicos anormais. Em adendo, quatro indivíduos com doença cardiovascular conhecida (3 homens), com idade entre 57 e 72 anos, participantes de um programa de exercício supervisionado, aceitaram voluntariamente participar do estudo. Todos os indivíduos foram informados da proposta do estudo, inclusive dos eventuais riscos envolvidos, tendo lido e assinado um termo de consentimento específico antes da realização dos procedimentos, o qual foi previamente aprovado pelo comitê de pesquisa institucional.

Protocolo

Os indivíduos realizaram três visitas ao nosso laboratório (CLINIMEX), com intervalos de tempo distintos entre as ocasiões: as Visitas 1 e 2 foram separadas por no mínimo 48h, enquanto que, as Visitas 2 e 3 por 24h. Foi solicitado a todos os indivíduos que evitassem exercícios físicos intensos e ingestão de álcool, nas 24h que antecederam as visitas 2 e 3. Os indivíduos portadores de doença cardiovascular mantiveram as medicações habituais durante todo o período do estudo. Cabe ressaltar ainda que todas as visitas foram realizadas pelo menos 2h após a última refeição, no mesmo laboratório e

com condições ambientais controladas - temperatura mantida entre 21 e 23 °C e umidade relativa do ar entre 35 e 61%.

Visita 1. Após uma completa anamnese, foram medidos o peso e a estatura. A seguir, os indivíduos foram submetidos a um teste cardiopulmonar de exercício (TCPE) em um cicloergômetro eletromagnético Cateye EC-1600 (*Cat Eye*, Japão), de acordo com um protocolo individualizado de rampa, visando uma duração entre oito e 12 minutos, para atingir a potência aeróbica máxima. Durante o TCPE, um analisador metabólico **VO₂₀₀₀**[®] (*MedGraphics*, Estados Unidos), regularmente calibrado, foi utilizado para a coleta e análise dos gases expirados. O limiar anaeróbio (LAn) individual foi determinado mediante a análise das variáveis ventilatórias, notadamente a exponenciação da ventilação, seguindo critérios já estabelecidos¹³. A frequência e o ritmo cardíaco foram monitorados antes, durante e até cinco minutos após o TCPE, por um eletrocardiógrafo digital (ECG) em uma única derivação (CC₅ ou CM₅) sendo utilizado um *software* específico (ErgoPC Elite, versão 3.2.1.5, *Micromed*, Brasil). A pressão arterial foi medida a cada minuto de esforço pelo método auscultatório convencional. Houve um empenho real, através de encorajamento verbal, para que os indivíduos alcançassem um esforço efetivamente máximo, admitindo-se a exaustão voluntária como critério de interrupção. Nenhum dos testes foram interrompidos precocemente por razões clínicas ou eletrocardiográficas.

Visitas 2 e 3. A frequência e o ritmo cardíaco foram devidamente monitorados através de equipamentos específicos, conforme descrito na Visita

1. Em seguida, os indivíduos foram submetidos ao Teste de Exercício de 4 segundos (T4s) para avaliarmos isoladamente o reflexo vagal cardíaco na condição pré-exercício (**T4sPRE**). A descrição metodológica detalhada do T4s já foi apresentada em outros estudos do nosso grupo de pesquisa¹⁴⁻¹⁸. Resumidamente, o T4s consiste em pedalar o mais rápido possível, em um cicloergômetro sem carga, do 4^o ao 8^o segundo de uma apnéia inspiratória máxima de 12 segundos. Para a determinação do índice vagal cardíaco (IVC), são identificados e medidos com uma resolução de 3-ms, os intervalos RR imediatamente antes ou o primeiro do exercício, aquele que for mais longo (RRB), e o mais curto durante o exercício, geralmente o último (RRC). Desta forma, escolhe-se como representativo do IVC a razão entre os intervalos RRB e RRC. Após a realização do T4s, os voluntários realizaram 30 minutos de exercício aeróbico, sendo os três minutos iniciais utilizados como forma de aquecimento em intensidade menor, em um cicloergômetro eletromagnético Cateye EC-1600 (*Cat Eye*, Japão) em modo constante, com uma intensidade individualizada de aproximadamente 80% do LAn, previamente identificada na Visita 1 através do TCPE. No último minuto de exercício, foram registradas a frequência cardíaca (FC), a pressão arterial sistólica (PAS) e a percepção de esforço subjetiva (CR-10). Imediatamente após o encerramento dos 30 minutos de exercício, foi solicitado a todos os indivíduos que ingerissem água em temperatura ambiente, em até 90 segundos. As **Visitas 2 e 3**, diferiam apenas quanto a quantidade de água ingerida, randomicamente, - 50 (controle) ou 500 (água) mL de água. Durante todo o período de recuperação (30 minutos) do exercício, os indivíduos permaneceram sentados confortavelmente no cicloergômetro, respirando espontaneamente, para novamente avaliar a

atividade vagal cardíaca em intervalos de 10 minutos, conforme descrito a seguir: **T4s10** – 10^o min pós-exercício / **T4s20** – 20^o min pós-exercício / **T4s30** – 30^o min pós-exercício.

Análise Estatística

Além da estatística descritiva, foi utilizado o modelo de regressão linear generalizada para ANOVA de medidas repetidas em ambos os fatores **2** (água x controle) X **4** (intervalos de tempo). Foi ainda testada a esfericidade dos dados, assim como, foi utilizado o teste de Duncan's como *post-hoc*, conforme apropriado. Para comparar as variáveis de controle da intensidade de exercício medidas nas Visitas 2 e 3, foi utilizado o teste-t emparelhado para FC e PAS e o teste Wilcoxon, para a variável CR-10. Considerou-se 5% como nível de significância para todos os resultados, utilizando-se o *software* STATISTICA, versão 5.1 (Tulsa, Estados Unidos).

RESULTADOS

Os resultados da estatística descritiva das principais variáveis obtidas na visita 1 são apresentados na tabela 1.

Tabela 1. Dados dos indivíduos na visita 1*.

Idade (anos)	Estatura (cm)	Peso (kg)	$\dot{V}O_2$ máx mL.(kg.min) ⁻¹	% $\dot{V}O_2$ máx previsto	FCMÁX (bpm)	Carga _{máx} (W)
40 (23 - 72)	170,5 (157 - 181)	68,7 (55,5-83,8)	41,4 (19 - 64)	113 (86 - 142)	171 (73 - 204)	196 (78 - 294)

*Todos os valores expressos em: média (min - máx).

Em relação as sessões, na tabela 2 são apresentados os dados obtidos nos 30-min de exercício, incluindo, carga e o comportamento da FC, PAS e CR-10, nas visitas 2 e 3. Não houve diferenças para nenhuma das variáveis estudadas nas duas sessões ($p > 0,05$) (Tabela 2). Comparando aos valores máximos, a FC nas duas sessões de treino corresponderam a aproximadamente 85% da FCMÁX medida no TCPE, para uma carga de aproximadamente 60% da Carga_{máx}.

Tabela 2. Resultados nas duas sessões de exercício para o último minuto de exercício*

	Visita Água	Visita Controle	<i>p</i>
FC (bpm)	145 (71 - 189)	146 (71 - 187)	0,77
PAS (mm Hg)	162 (136 - 180)	164 (138 - 186)	0,38
CR-10	5 (3 - 9)	6 (3 - 8)	0,36
Carga** 80% LAn (w)	119 (45 - 200)		-

*Valores expressos em: média (min-max) exceto para CR-10 que foi mediana (min - máx).

**Carga utilizada nas duas ocasiões.

A figura 1 nos mostra o comportamento do IVC representativo da atividade vagal cardíaca antes e após exercício de intensidade moderada. Na condição T4sPRE, os valores são semelhantes nas duas visitas e compatíveis com os valores esperados de acordo com o nosso banco de dados (mais de

4000 resultados de T4s em 25 anos). Podemos observar ainda, que 30-min não são suficientes para uma completa reativação do controle vagal cardíaco, fato esse ratificado nas visitas 2 e 3. Outro aspecto importante dos nossos resultados, a análise estatística empregada demonstrou interação entre os fatores (Água x Tempo), especificamente no momento T4s20, onde houve diferença entre os IVC das visitas ($1,55 \pm 0,09$ vs $1,43 \pm 0,06$; $p=0,03$), denotando recuperação relativamente mais rápida do controle vagal cardíaco com a maior ingestão de água no período de recuperação. Ao final de 30-min, a influência da ingestão do maior volume de água tornou-se menos evidente, em função da recuperação do IVC na visita controle (Figura 1).

Em relação ao comportamento hemodinâmico após 30-min de exercício, nossos resultados demonstram valores de FC e PAS significativamente maiores e menores em relação à condição pré-exercício, respectivamente, para a FCPRE e a PAsPRE (Figuras 2 e 3). Cabe ressaltar que, a ingestão de 500 mL de água imediatamente após a sessão de exercício, parece não ter influenciado essas variáveis, havendo apenas uma tendência para modificar a FC aos 30-min ($p=0,09$) (Figuras 2 e 3). Em seguida, analisando separadamente os indivíduos com doença cardiovascular ($n=4$), não identificamos qualquer diferença relevante em relação aos dados obtidos nos adultos jovens saudáveis, o que permitiu mesclar os dois subgrupos como uma única amostra.

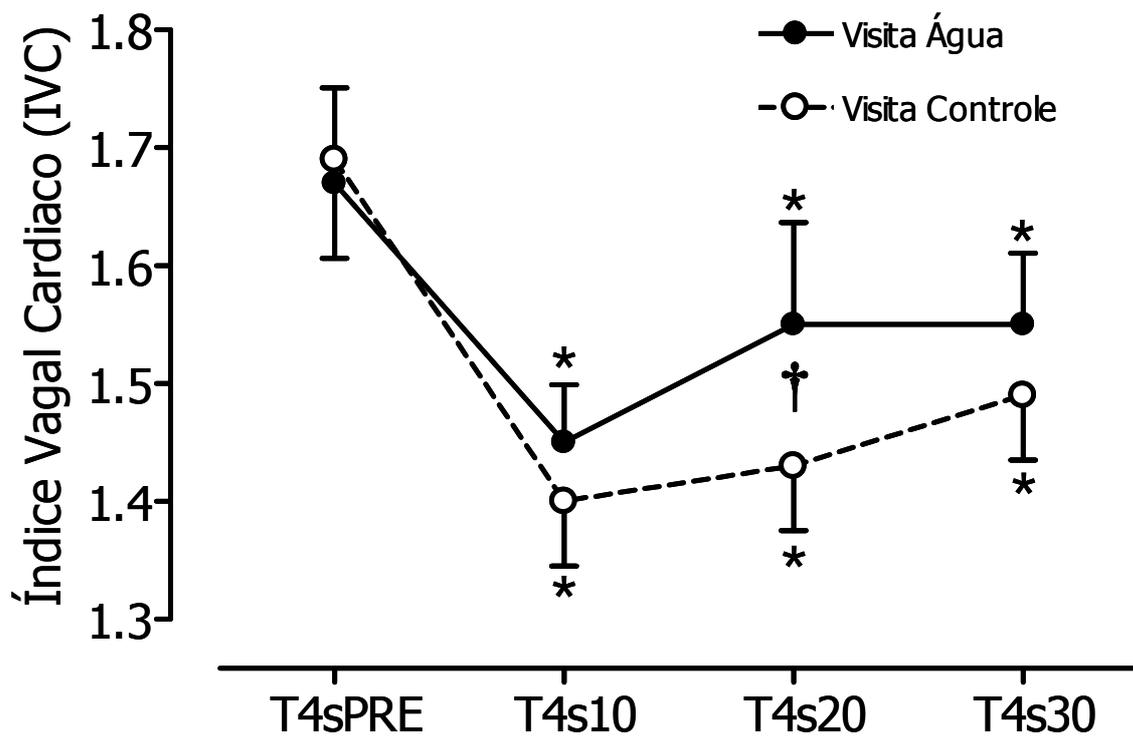


Figura 1. Comportamento do IVC antes e após exercício aeróbico. Barras representam erro padrão da média. * $p < 0,05$ em relação ao **T4sPRE**. † $p < 0,05$ relativo às diferenças entre visitas.

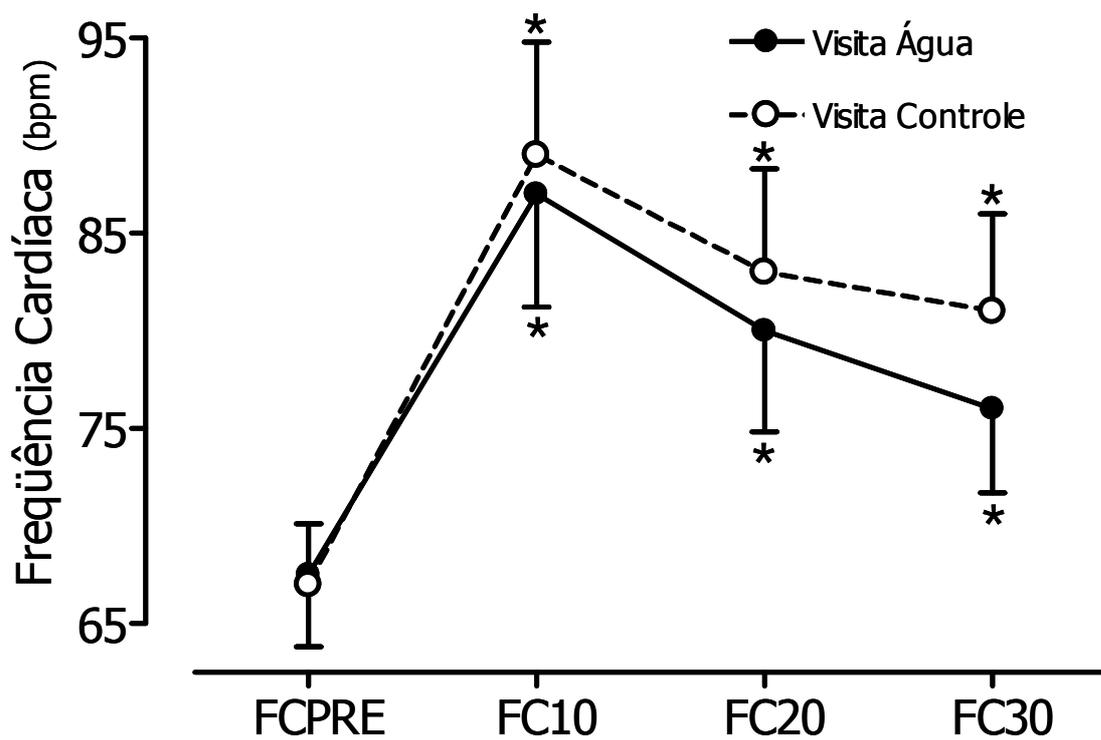


Figura 2. Comportamento da FC antes e nos 30-min após uma sessão de 30-min de exercício aeróbico. Barras representam erro padrão da média. * $p < 0,05$ em relação ao **FCPRE**.

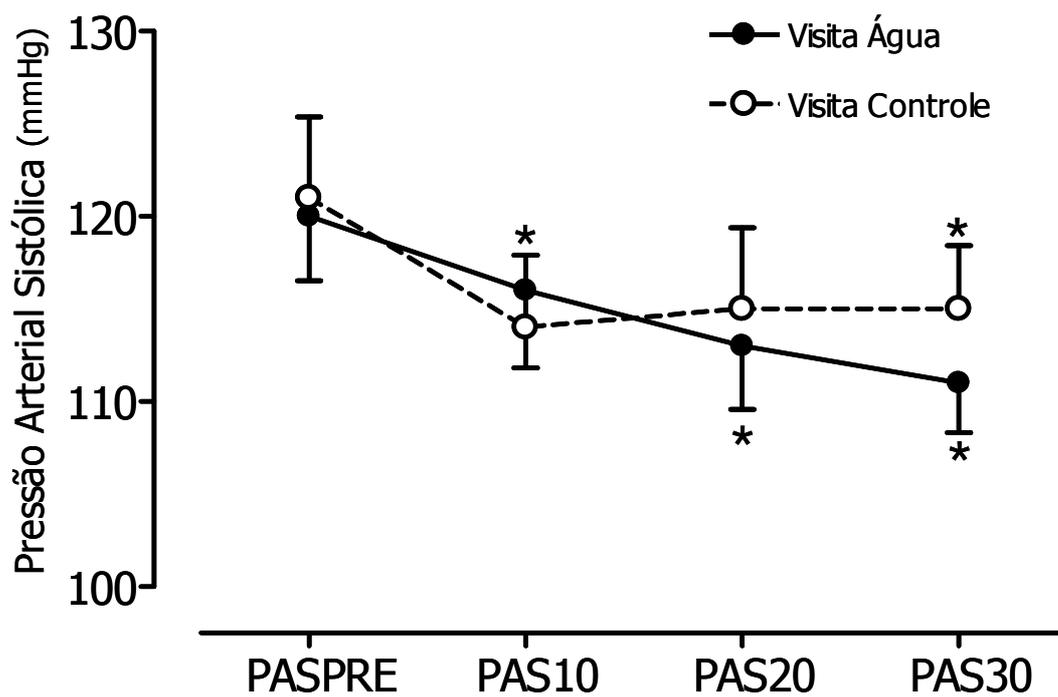


Figura 3. Comportamento da PAS antes e nos 30-min após uma sessão de 30-min de exercício aeróbico. Barras representam erro padrão da média. * $p < 0,05$ em relação ao **PAsPRE**.

DISCUSSÃO

O principal objetivo deste estudo foi observar o efeito da ingestão de água sobre a cinética da recuperação do reflexo vagal cardíaco no período de recuperação após exercício dinâmico de intensidade moderado. Para a sessão de exercício foi propositadamente escolhida uma intensidade de 80% do LAn, com a finalidade de padronizar e permitir que todos os indivíduos completassem confortavelmente os 30-min de exercício no cicloergômetro. A medida direta dos gases expirados no TCPE com determinação do LAn, permitiu assim uma individualização mais precisa das cargas utilizadas nos cicloergômetros para cada um dos indivíduos.

Os nossos resultados sugerem que o reflexo vagal cardíaco medido pelo T4s e expresso através do IVC, está significativamente diminuído até 30 minutos após uma sessão de exercício aeróbico. Existem poucos estudos demonstrando o efeito agudo tardio de uma única sessão de exercício aeróbico sobre o controle autonômico cardíaco. Inclusive, para o melhor de nosso conhecimento, Arai *et al.*⁹ em 1989 foram os primeiros que avaliaram a função autonômica cardíaca pós-exercício. Posteriormente, a grande maioria dos estudos envolvendo esta temática ^{4, 6, 8, 10, 11, 19-21}, utilizaram métodos semelhantes para a avaliação da função autonômica cardíaca: a variabilidade da FC mensuradas nos domínios do tempo e da freqüência. De uma forma geral, os resultados desses estudos evidenciaram uma baixa atividade autonômica parassimpática, mensurada pela variabilidade da FC, diferindo-se apenas quanto às magnitudes dessas respostas, devido provavelmente a um

controle limitado de variáveis potencialmente intervenientes (i.e., intensidade do exercício, tempo de observação pós-esforço). Todavia, há apenas um estudo que encontrou, após uma única sessão de exercício aeróbico a 65% da frequência cardíaca máxima (220-idade), um aumento da atividade vagal cardíaca ¹¹. Podemos assim, constatar que não há um consenso sobre a atividade vagal cardíaca no período de recuperação pós-exercício, muito provavelmente pelo fato de não existir uma uniformização nos protocolos empregados para a análise da variabilidade da FC, possibilitando assim, interpretações fisiológicas divergentes. Considerando a fundamentação fisiológica ^{17, 18, 22}, a alta reprodutibilidade ²³ e a exeqüibilidade, preferimos utilizar o teste de exercício de 4 segundos para avaliação da atividade vagal cardíaca e assim responder ao nosso objetivo.

Tem sido demonstrado que a ingestão de água durante as atividades da vida diária possui relevância clínica ¹². Desta forma, outro aspecto importante é que os resultados obtidos em nosso estudo sugerem uma resposta autonômica fisiológica à ingestão de água. Neste sentido, de acordo com os nossos resultados, a ingestão de 500 mL de água imediatamente após a sessão de exercício, acelerou a recuperação do reflexo vagal cardíaco, notadamente no 20^o minuto pós-exercício, bastante similar ao encontrado por Routledge *et al.*¹². Interessantemente, os nossos resultados ratificam os achados do estudo supracitado e ainda contribuem demonstrando uma nova faceta do controle autonômico cardíaco após uma sessão de exercício dinâmico moderado e, verificando uma nova variável interveniente ou independente, para os estudos

que avaliaram e pretendem examinar o controle autonômico no período de recuperação após sessão de exercício.

As alterações hemodinâmicas cardiovasculares durante o período pós-exercício, podem, teoricamente, contribuir para as mudanças do controle do sistema nervoso autônomo no pós-exercício. Dois estudos prévios demonstraram que a função sistólica ventricular esquerda e o padrão de enchimento cardíaco estão alterados após exercício vigoroso prolongado^{24, 25}, provavelmente havendo uma necessidade de uma maior atividade simpática neste período para compensar a queda do desempenho cardiovascular. É, todavia, pouco provável, que esses resultados se apliquem as condições de intensidades mais moderadas empregadas no nosso estudo. Isso pode ser, indiretamente inferido, pela observação que a ANOVA fatorial 2 x 4 para as variáveis hemodinâmicas (FC e PAS) não evidenciou efeito significativo da ingestão de 500 mL de água sobre estas variáveis. Portanto, a taquicardia e a hipotensão relativas observadas no período pós-exercício (Figuras 2 e 3), provavelmente não contribuíram para as alterações na velocidade de recuperação do controle vagal cardíaco, parecendo ser um reflexo mediado exclusivamente pela ingestão de 500 mL de água.

Nosso estudo não permite determinar precisamente os estímulos aferentes envolvidos na melhora da velocidade de recuperação da atividade vagal cardíaca mediante a ingestão de água. Por outro lado, o mecanismo que tem sido proposto para explicar essa resposta é a distensão gástrica²⁶. Deste modo, a distensão gástrica proveniente da rápida ingestão de 500 mL de água

imediatamente após o exercício, produziu reflexamente o aumento da atividade aferente vagal através do nervo vago, atingindo seu pico de aferência no 20º minuto pós-exercício. Não obstante, o efeito da ingestão de água sobre o sistema nervoso autônomo parece envolver uma complexa interação entre seus dois ramos: simpático e parassimpático^{12, 26, 27}. No entanto, o T4s avalia isoladamente o ramo parassimpático^{17, 18}, não sendo possível avaliar essa complexa interação entre os dois ramos. Outro aspecto deve ser destacado em relação ao T4s, a taquicardia reflexa a inibição do tônus vagal que ocorre entre 4º e 8º segundos durante o T4s, é mediada por ações integradas do comando central e das fibras aferentes tipo III (mecanorreceptores)²². No entanto, durante o período pós-exercício notadamente ocorrem alterações nas concentrações de metabólitos no músculo esquelético. Todavia, apesar de realizarmos o T4s em momentos metabolicamente distintos (PRE vs POS), desconhecemos se a sensibilidade das fibras aferentes tipo III é afetada por condições metabólicas distintas e, se esse fato poderia se traduzir em uma maior resposta cardiovascular.

CONCLUSÕES

Em conclusão, nossos resultados demonstraram que a ingestão de água imediatamente após uma sessão de 30-min de exercício aeróbio moderado em ambiente com condições climáticas controladas parece alterar favoravelmente a atividade vagal cardíaca no período pós-exercício, atenuando o tempo de recuperação do controle parassimpático cardíaco, sem contudo ser capaz de normalizá-lo completamente até 30-min pós-exercício. Além disso, o nosso estudo contribuiu metodologicamente para os próximos experimentos envolvendo tal temática, constatando experimentalmente uma nova variável que deverá ser necessariamente controlada durante período de recuperação após sessão de exercício: a ingestão de água. Contudo, novos estudos são necessários com o intuito de verificar a real implicação clínica do efeito da ingestão de água sobre o tempo de recuperação autonômica, tendo em vista que as alterações no sistema nervoso autonômico, mais especificamente a redução da atividade parassimpática, podem resultar em uma maior instabilidade elétrica do coração, aumentando a sua vulnerabilidade e facilitando o surgimento de arritmias potencialmente letais.

REFERÊNCIAS

1. Albert CM, Mittleman MA, Chae CU, Lee IM, Hennekens CH, Manson JE. Triggering of sudden death from cardiac causes by vigorous exertion. *N Engl J Med* 2000; 343:1355-61.
2. Schwartz PJ, De Ferrari GM. The influence of the autonomic nervous system on sudden cardiac death. *Cardiology* 1987; 74:297-309.
3. Almeida MB, Araujo CG. Efeitos do treinamento aeróbico sobre a frequência cardíaca. *Rev Bras Med Esporte* 2003; 9:104-12.
4. James DV, Barnes AJ, Lopes P, Wood DM. Heart rate variability: response following a single bout of interval training. *Int J Sports Med* 2002; 23:247-51.
5. Terziotti P, Schena F, Gulli G, Cevese A. Post-exercise recovery of autonomic cardiovascular control: a study by spectrum and cross-spectrum analysis in humans. *Eur J Appl Physiol* 2001; 84:187-94.
6. Hautala A, Tulppo MP, Makikallio TH, Laukkanen R, Nissila S, Huikuri HV. Changes in cardiac autonomic regulation after prolonged maximal exercise. *Clin Physiol* 2001; 21:238-45.
7. Halliwill JR, Taylor JA, Eckberg DL. Impaired sympathetic vascular regulation in humans after acute dynamic exercise. *J Physiol* 1996; 495 (Pt 1):279-88.
8. Hayashi N, Nakamura Y, Muraoka I. Cardiac autonomic regulation after moderate and exhaustive exercises. *Ann Physiol Anthropol* 1992; 11:333-8.
9. 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; 256:H132-41.

10. Parekh A, Lee CM. Heart rate variability after isocaloric exercise bouts of different intensities. *Med Sci Sports Exerc* 2005; 37:599-605.
11. Raczak G, Pinna GD, La Rovere MT, Maestri R, Danilowicz-Szymanowicz L, Ratkowski W, Figura-Chmielewska M, Szwoch M, Ambroch-Dorniak K. Cardiovagal response to acute mild exercise in young healthy subjects. *Circ J* 2005; 69:976-80.
12. Routledge HC, Chowdhary S, Coote JH, Townend JN. Cardiac vagal response to water ingestion in normal human subjects. *Clin Sci (Lond)* 2002; 103:157-62.
13. Wasserman K, Whipp BJ, Koysl SN, Beaver WL. Anaerobic threshold and respiratory gas exchange during exercise. *J Appl Physiol* 1973; 35:236-43.
14. Almeida MB, Ricardo DR, Araujo CG. Validation of the 4-second exercise test in the orthostatic position. *Arq Bras Cardiol* 2004; 83:160-4; 155-9.
15. 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; 127:318-27.
16. Knopfli BH, Bar-Or O, Araujo CG. Effect of ipratropium bromide on EIB in children depends on vagal activity. *Med Sci Sports Exerc* 2005; 37:354-9.
17. 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; 2:35-40.
18. Nobrega AC, Castro CL, Araujo CG. Relative roles of the sympathetic and parasympathetic systems in the 4-s exercise test. *Braz J Med Biol Res* 1990; 23:1259-62.

19. Furlan R, Piazza S, Dell'Orto S, Gentile E, Cerutti S, Pagani M, Malliani A. Early and late effects of exercise and athletic training on neural mechanisms controlling heart rate. *Cardiovasc Res* 1993; 27:482-8.
20. Halliwill JR, Taylor JA, Hartwig TD, Eckberg DL. Augmented baroreflex heart rate gain after moderate-intensity, dynamic exercise. *Am J Physiol* 1996; 270:R420-6.
21. Mourot L, Bouhaddi M, Tordi N, Rouillon JD, Regnard J. Short- and long-term effects of a single bout of exercise on heart rate variability: comparison between constant and interval training exercises. *Eur J Appl Physiol* 2004; 92:508-17.
22. Nobrega AC, Araujo CG. Heart rate transient at the onset of active and passive dynamic exercise. *Med Sci Sports Exerc* 1993; 25:37-41.
23. Araujo CG, Ricardo DR, Almeida MB. Intra and interdays reliability of the 4-second exercise test. *Rev Bras Med Esporte* 2003; 9:299-303.
24. Douglas PS, O'Toole ML, Hiller WD, Hackney K, Reichek N. Cardiac fatigue after prolonged exercise. *Circulation* 1987; 76:1206-13.
25. Niemela KO, Palatsi IJ, Ikaheimo MJ, Takkunen JT, Vuori JJ. Evidence of impaired left ventricular performance after an uninterrupted competitive 24 hour run. *Circulation* 1984; 70:350-6.
26. Rossi P, Andriessse GI, Oey PL, Wieneke GH, Roelofs JM, Akkermans LM. Stomach distension increases efferent muscle sympathetic nerve activity and blood pressure in healthy humans. *J Neurol Sci* 1998; 161:148-55.
27. Watanabe M, Shimada Y, Sakai S, Shibahara N, Matsuda H, Umeno K, Asanoi H, Terasawa K. Effects of water ingestion on gastric electrical activity and heart-rate variability in healthy human subjects. *J Auton Nerv Syst* 1996; 58:44-50.

Artigo nº 2

POTENCIAL ARRITMOGÊNICO DE ESFORÇOS SÚBITOS E CURTOS

Palavras-chave: arritmias cardíacas, reflexo vagal cardíaco, condição aeróbica, teste de 4 segundos, espirometria

Lauro C. Vianna¹

Ricardo B. Oliveira¹

Djalma R. Ricardo²

Marcos B. Almeida³

Claudio Gil S. Araújo^{1,4}

1. Programa de Pós-Graduação em Educação Física da Universidade Gama Filho
2. Faculdade de Ciências Médicas e da Saúde de Juiz de Fora
3. Centro Universitário UNIABEU
4. CLINIMEX – Clínica de Medicina do Exercício

Dr. Claudio Gil S. Araújo
Clínica de Medicina do Exercício – CLINIMEX (www.clinimex.com.br)
22031-070 - Rua Siqueira Campos, 93/101- Rio de Janeiro - RJ
cgaraujo@iis.com.br

RESUMO

Há pouca informação científica sobre as arritmias cardíacas geradas por esforços súbitos e curtos, típicos do cotidiano. Visando estudar melhor essa questão, objetivamos: a) detectar e caracterizar arritmias cardíacas em 4 procedimentos clínicos – eletrocardiograma de repouso (rECG), espirometria (ESPIRO), teste de exercício de 4 segundos (T4s) e teste cardiopulmonar de exercício máximo (TCPE); b) comparar a atividade vagal cardíaca e a potência aeróbica máxima entre os indivíduos sem e com arritmias cardíacas nos diversos procedimentos. Foram estudados prospectivamente 322 indivíduos (244 homens), com idade 54 ± 15 anos (16 a 91). Um total de 216 (66%) indivíduos apresentou arritmias cardíacas, em pelo menos um dos procedimentos, sendo a extrassístole supraventricular isolada, a mais freqüente. Desses indivíduos, 48 tiveram arritmias exclusivamente durante esforços súbitos e curtos (i.e., ESPIRO e T4s), dentre os quais, 50% deles possuíam doença cardiovascular, 31% outras doenças e 19% eram assintomáticos. Episódios curtos de taquicardia supraventricular não-sustentada foram identificados em 20 indivíduos, sendo 4 deles exclusivamente durante esforços súbitos e curtos. A razão de chance ajustada indicou que uma maior atividade vagal negativamente influencia a presença de arritmias em todos os procedimentos ($p < 0,05$). A potência aeróbica máxima e a atividade vagal cardíaca são menores naqueles indivíduos com arritmias cardíacas apresentada simultaneamente nos esforços súbitos e curtos e no TCPE ($p < 0,05$). Em conclusão: a) 23% dos indivíduos apresentaram arritmias exclusivamente em esforços curtos e súbitos; b) a atividade vagal cardíaca e a potência aeróbica máxima são menores nos indivíduos que apresentam arritmias cardíacas em todos os 4 procedimentos.

INTRODUÇÃO

O papel do teste de exercício (TE) máximo para avaliação, diagnóstico e prognóstico de arritmias cardíacas parece estar bem estabelecido ¹⁻³. Embora o monitoramento ambulatorial parece ser uma ferramenta mais sensível para a detecção de anormalidades no ritmo cardíaco, o TE pode freqüentemente fornecer informação complementar. Por exemplo, Lown et al.⁴, evidenciaram que em 15% dos pacientes, com história de taquicardia ventricular sustentada, apresentaram este tipo de arritmia apenas no TE máximo e não no monitoramento ambulatorial de 24 horas. A prevalência e a freqüência de arritmias induzidas pelo exercício parecem estar diretamente associadas à doença cardíaca ⁵, à idade ⁶ e ao nível de condição aeróbica ⁷. Em adendo, as arritmias cardíacas parecem variar substancialmente em condições de repouso e de exercício dinâmico prolongado e em indivíduos saudáveis e com doença cardiovascular.

Na literatura há uma carência de dados quanto a freqüência e o tipo de arritmias desencadeadas por situações de esforço outras que não as do TE, e mais especificamente, em exercícios súbitos e de curta duração, situações relativamente comuns da vida diária. O nosso interesse para a relevância do tema foi despertado acidentalmente. Submetendo um médico, jovem e portador de asma brônquica leve, a um teste cardiopulmonar de exercício (TCPE) máximo, observamos respostas eletrocardiográficas completamente normais até que durante a espirometria, feita 5 minutos pós-teste para caracterizar um broncoespasmo exercício-induzido, identificamos um episódio de taquicardia supraventricular de curta duração. Desde então, optamos por,

prospectivamente, monitorar o eletrocardiograma durante situações de esforço súbito e de curta duração, sob condições cuidadosamente controladas em laboratório.

Esse estudo prospectivo avalia o potencial arritmogênico em duas situações de esforço súbito e de curta duração, representados por dois procedimentos clínicos específicos: a espirometria e um teste autonômico cardiovascular denominado de teste de exercício de 4 segundos⁸. Para uma melhor caracterização do fenômeno, procuramos: a) observar a frequência e o tipo de arritmias cardíacas em 4 procedimentos clínicos realizados no mesmo dia – eletrocardiograma de repouso (rECG), espirometria (ESPIRO), teste de exercício de 4 segundos (T4s) e o TCPE máximo e b) comparar a atividade vagal cardíaca e a potência aeróbica máxima entre os indivíduos sem e com arritmias cardíacas nos diversos procedimentos realizados.

MÉTODOS

Amostra

Foram estudados 322 indivíduos (244 homens), com idade de 54 ± 15 anos (16 a 91), sendo 27% deles com doença arterial coronariana conhecida. Todos os indivíduos foram testados pelo mesmo avaliador (CGSA) em um único laboratório. Todos os indivíduos leram e assinaram um termo de consentimento específico antes da realização dos procedimentos, o qual foi previamente aprovado pelo comitê de pesquisa institucional. A quase totalidade dos indivíduos era de cor de pele clara e com um nível sócio-econômico elevado.

Dados Clínicos

O experimento foi precedido de uma anamnese seguida de um exame clínico, destacando os sinais, sintomas e a condição clínica dos pacientes. Em adendo, foi cuidadosamente registrado o uso de medicamentos de ação cronotrópica negativa (MACN), especialmente amiodarona, β -bloqueadores, digitálicos e bloqueadores dos canais de Ca^{++} .

Protocolo

Individualmente, em uma única visita, todos os indivíduos foram submetidos aos quatro procedimentos clínicos, detalhadamente descritos abaixo e sempre realizados na mesma ordem: rECG, ESPIRO, T4s e TCPE.

Eletrocardiograma de Repouso – rECG

O rECG era obtido nos indivíduos a partir da monitoração e registro nas doze derivações convencionais (Cardiovit AT-10, *Schiller*, Suíça), na posição supina, por um tempo total de 10s (derivação DII), após um tempo mínimo de repouso de um minuto.

Espirometria – ESPIRO

Antes de iniciar, esse procedimento, os indivíduos tinham o seu ECG monitorado em uma única derivação, usualmente CC₅ ou CM₅ (ErgoPC Elite, versão 3.2.1.5, *Micromed*, Brasil). Foram feitas um mínimo de duas e um máximo de cinco manobras de alça fluxo-volume utilizando um pneumotacógrafo previamente calibrado (Cardiovit AT-10, *Schiller*, Suíça), seguindo basicamente as recomendações da *American Thoracic Society*⁹. O tempo médio aproximado para a realização das manobras foi de dois minutos, durante o qual foi registrado continuamente o ECG.

Teste de Exercício de 4 Segundos - T4s

Para avaliarmos a atividade vagal cardíaca, observamos o reflexo vagal medido pelo transiente inicial rápido da frequência cardíaca obtido através do T4s⁸ e expresso pelo Índice Vagal Cardíaco (IVC). Basicamente, o T4s consiste em pedalar o mais rápido possível, um cicloergômetro (Cateye EC-1600, *CatEye*, Japão) sem carga, do 4º ao 8º segundo de uma apnéia inspiratória máxima de 12 segundos. Para a realização da manobra são dados quatro comandos verbais das ações a serem realizadas sucessivamente a cada quatro segundos: (a) inspiração máxima e rápida, primariamente pela boca; (b) pedalar o mais rápido possível; (c) parada brusca da pedalada e (d) expiração normal. O registro de ECG foi feito durante 35 segundos, para cada uma das duas manobras, iniciando-se 5 segundos antes do comando inicial para a inspiração máxima.

Para a determinação da magnitude do reflexo vagal cardíaco, são identificados e medidos com uma resolução de 10 ms os intervalos RR imediatamente antes ou o primeiro do exercício, aquele que for mais longo (RRB), e o mais curto durante o exercício, geralmente o último (RRC). Escolhia-se como representativo do IVC, um índice adimensional, a maior razão entre estes dois intervalos dentre as duas manobras do T4s.

Estudos anteriores mostraram que a magnitude do IVC independe da presença ou ausência de resistência oposta ao movimento dos pedais¹⁰, da execução ativa ou passiva^{11, 12} ou se realizado com membros inferiores ou

superiores ¹³ e que as reprodutibilidades intradias e interdias são extremamente altas ¹⁴.

Teste Cardiopulmonar de Exercício Máximo – TCPE

Foi realizado com coleta direta e análise de gases expirados (VO₂000, *MedGraphics*, Estados Unidos), logo após o T4s, e de acordo com um protocolo de rampa individualizado, objetivando alcançar uma duração entre oito e 12 minutos ^{15, 16}, na quase totalidade das vezes em um cicloergômetro (Cateye EC-1600, *CatEye*, Japão) e em menos de 10 casos, em uma esteira rolante (ATL-10200, *Inbramed*, Brasil). Os indivíduos foram verbalmente encorajados a alcançar um esforço efetivamente máximo, admitindo-se a fadiga voluntária como critério de interrupção, independentemente do valor de FC máxima alcançada em relação ao valor previsto a partir da idade. Imediatamente ao final do teste, os indivíduos eram rapidamente auxiliados a descer do equipamento, assumindo a posição supina (em geral entre 20 e 40 s pós-exercício) e assim permanecer em repouso por cinco minutos em uma maca posicionada a cerca de 1,5 m de distância. Para a identificação das arritmias cardíacas, alvo desse estudo, o ECG era registrado continuamente do início do exercício até o final do período de recuperação.

Procedimento para Análise dos Dados

A presença de arritmias supraventriculares e/ou ventriculares foi detectada visualmente através da revisão dos traçados de repouso e dos registros de ritmo obtidos nos outros três procedimentos por um único avaliador

experiente (CGSA) e quantificadas conforme a classificação apresentada nas tabelas 2 e 3. Outras análises foram realizadas dividindo os indivíduos de em função da presença ou ausência de arritmias: Grupo A – ausência, Grupo B – exclusivamente durante os esforços súbitos e curtos, Grupo C – exclusivamente durante rECG e/ou TCPE e Grupo D – durante ambos: esforços súbitos e curtos e TCPE + rECG. Em adição, para uma maior compreensão dos efeitos da condição clínica sobre a presença ou ausência de arritmias, os indivíduos foram classificados como: assintomáticos, portadores de doença cardiovascular conhecida e portadores de outras doenças sem componente cardiovascular manifesto.

Análise Estatística

Para investigarmos as diferenças entre os grupos, além da estatística descritiva, utilizou-se o teste *Cochrane Q* e o *Pearson Qui-quadrado* para variáveis categóricas e o teste-*t* de *Student* e ANOVA (única entrada) seguida de comparações *post-hoc* de Tukey, para as variáveis contínuas, conforme apropriado. Utilizou-se ainda a regressão logística para verificar os fatores (idade, gênero, MACN, atividade vagal cardíaca, condição clínica e aeróbica) que mais influenciaram o evento arritmico em cada um dos procedimentos. Considerou-se 5% como nível de significância para todos os resultados, utilizando-se o *software* SPSS (versão 10, SPSS, Estados Unidos) para todas as análises.

RESULTADOS

Os resultados para a estatística descritiva das variáveis são apresentados por subgrupos de indivíduos na Tabela 1.

Tabela 1. Características gerais e comparativas dos pacientes sem e com arritmias cardíacas em pelos menos um dos procedimentos*.				
	Total (n=322)	Com Arritmias (n=216)	Sem Arritmias (n=105)	Valor p
Idade (anos)	54±15	56±1	50±1	< 0,001
IMC (kg/m²)	28,0±14,3	27,5±0,3	29,1±2,3	0,336
Gênero				0,010
Homens	244 (76%)	173 (80%)	71 (67%)	
Mulheres	78 (24%)	43 (20%)	35 (33%)	
Condição Clínica				0,132
Aparentemente Saudáveis	61 (19%)	38 (18%)	23 (22%)	
Doença Cardiovascular	192 (60%)	137 (63%)	55 (52%)	
Doença Arterial Coronariana	88/192	65/137	23/55	
Hipertensão Arterial	50/192	34/137	16/55	
Outras Doenças	69 (21%)	41 (19%)	28 (26%)	
Dislipidemia	39/69	24/41	15/28	
Síndrome Metabólica	13/69	6/41	7/28	
Diabetes Mellitus	6/69	3/41	3/28	
Uso de Medicamentos				0,150
Sem MACN	204 (63%)	131 (61%)	73 (69%)	
Com MACN	118 (37%)	85 (39%)	33 (31%)	
Índice Vagal Cardíaco	1,39±0,25	1,37±0,02	1,45±0,02	0,009
Potência Aeróbica (METs)	8,0±3,4	7,8±0,2	8,2±0,3	0,359

MACN – medicações de ação cronotrópica negativa; P calculada em relação à diferença (variáveis contínuas) e a associação (variáveis categóricas) entre os indivíduos com e sem arritmias. * valores expressos como média ± desvio padrão para a amostra completa e como média ± erro padrão da média para os dois subgrupos.

Prevalência de Arritmias: Dentre os 322 indivíduos estudados, 216 (66%) apresentaram arritmias cardíacas em pelo menos um dos procedimentos, ocorrendo diferença significativa no percentual de ocorrência entre os quatro procedimentos: rECG=5%; ESPIRO=33%; T4s=23%; TCPE=53%; (p<0,001). Em relação aos tipos de arritmias, as extrassístoles supraventriculares isoladas foram as mais freqüentes em todos os quatro procedimentos (Tabela 2). Somente 11 indivíduos apresentaram arritmias nos quatro procedimentos, 33 em três procedimentos, 50 em dois procedimentos,

enquanto que, 122 sujeitos desenvolveram arritmias exclusivamente em um procedimento (rECG=0; ESPIRO=28; T4s=13; TCPE=81). Quarenta e oito dos 216 indivíduos (23%) desenvolveram arritmias somente durante os esforços súbitos e curtos, representados pela ESPIRO e pelo T4s, sendo 50% deles com doença cardiovascular, 31% com outras doenças e 19% assintomáticos (Tabela 3). Revendo os registros de ritmo durante esses procedimentos, observou-se que a grande maioria das extrassístoles supraventriculares isoladas acontece durante a fase inicial do esforço inspiratório rápido e máximo. Algumas anormalidades no ritmo cardíaco detectadas durante os procedimentos súbitos e curtos foram considerados clinicamente relevantes, baseadas em nossa classificação (Tabela 3). Interessantemente, episódios curtos de taquicardia supraventricular não-sustentada foram identificados em 20 indivíduos, sendo 4 deles exclusivamente durante esforços súbitos e curtos. A tabela 4 mostra a razão de chance ajustada para cada um dos fatores em cada procedimento. Nossos dados demonstram uma relação inversa entre a magnitude do IVC e a presença de arritmia em cada um dos procedimentos ($p=0,03$, $p<0,001$, $p=0,005$ e $p=0,002$ -, respectivamente, rECG, ESPIRO, T4s e TCPE), enquanto que o gênero masculino ($p=0,012$ e $p=0,014$ -, respectivamente, ESPIRO e T4s) influencia apenas nos esforços súbitos (Tabela 4).

Tabela 2. Frequência e tipo das arritmias por procedimentos (n = 322).

	rECG	ESPIRO	T4s	TCPE
Eventos Arrítmicos	16	106	73	170
Extrassístole Supraventricular				
Isolada Única	4 (25%)	39 (37%)	34 (47%)	21 (12%)
Isoladas Múltiplas	5 (31%)	27 (25%)	9 (12%)	59 (35%)
Bigeminadas/Trigeminadas/ Quadrigeminadas	-	1 (1%)	4 (5%)	16 (9,5%)
Emparelhadas	-	4 (4%)	2 (3%)	9 (5%)
Extrassístole Ventricular				
Isolada Única	3 (19%)	11 (10%)	11 (15%)	10 (6%)
Isoladas Múltiplas	3 (19%)	13 (12%)	2 (3%)	15 (9%)
Bigeminadas/Trigeminadas/ Quadrigeminadas	-	-	2 (3%)	2 (1,4%)
Emparelhadas	-	3 (3%)	1 (1%)	5 (3%)
Extrassístoles Supraventriculares/Ventriculares	-	7 (7%)	5 (7%)	16 (9%)
Marcapasso migratório	1 (6%)	-	-	-
Taquiarritmias				
Supraventricular não-sustentada	-	1 (1%)	3 (4%)	16 (9,5%)
Ventricular não-sustentada	-	-	-	1 (0,6%)

Tabela 3. Frequência e tipo das arritmias desencadeadas exclusivamente nos esforços súbitos e curtos (procedimentos isolados e considerados simultaneamente) (n = 48).

Eventos Arrítmicos	ESPIRO 28	T4s 15	ESPIRO + T4s 5 (10 total)
Extrassístole Supraventricular			
Isolada Única	13 (46%)	9 (60%)	5 (50%)
Isoladas Múltiplas	5 (18%)	-	1 (10%)
Bigeminadas/Trigeminadas/ Quadrigeminadas	-	-	-
Emparelhadas	1 (4%)	-	2 (20%)
Extrassístole Ventricular			
Isolada Única	3 (10%)	2 (13%)	1 (10%)
Isoladas Múltiplas	2 (7%)	-	1 (10%)
Bigeminadas/Trigeminadas/ Quadrigeminadas	-	1 (7%)	-
Emparelhadas	2 (7%)	-	-
Extrassístoles Supraventriculares/Ventriculares	1 (4%)	-	-
Marcapasso migratório	-	-	-
Taquiarritmias			
Supraventricular	1 (4%)	3 (20%)	-
Ventricular	-	-	-

Tabela 4. Regressão Logística: associação independente entre o evento arritmico e as variáveis independentes.

	rECG			ESPIRO			T4s			TCPE		
	RC (IC 95%)	p		RC (IC 95%)	p		RC (IC 95%)	p		RC (IC 95%)	p	
Idade	1,02 (0,99 - 1,07)	0,191		1,01 (0,98 - 1,02)	0,556		1,01 (0,99 - 1,02)	0,992		1,03 (1,01 - 1,04)	0,001	
Homens	0,97 (0,28 - 3,37)	0,969		2,41 (1,21 - 4,78)	0,012		2,64 (1,22 - 5,71)	0,014		1,01 (0,57 - 1,79)	0,974	
Doença Cardiovascular	3,52 (0,13 - 98,88)	0,46		1,11 (0,60 - 2,06)	0,74		0,98 (0,47 - 2,01)	0,951		0,81 (0,48 - 1,35)	0,416	
Outras Doenças	0,26 (0,04 - 2,00)	0,196		0,44 (0,26 - 0,73)	0,002		0,60 (0,34 - 1,07)	0,087		0,85 (0,54 - 1,35)	0,499	
MACN	0,36 (0,12 - 1,12)	0,08		0,63 (0,34 - 1,14)	0,13		0,59 (0,31 - 1,14)	0,118		1,23 (0,70 - 2,18)	0,472	
Condição Aeróbica (METs)	0,87 (0,65 - 1,16)	0,355		1,08 (0,97 - 1,20)	0,146		0,95 (0,84 - 1,06)	0,378		1,06 (0,97 - 1,17)	0,217	
Reflexo Vagal Cardíaco (IVC)	0,15 (0,05 - 0,73)	0,03		0,17 (0,07 - 0,44)	< 0,001		0,21 (0,07 - 0,62)	0,005		0,26 (0,11 - 0,60)	0,002	

Atividade Vagal Cardíaca: Em relação à magnitude da atividade vagal cardíaca medida pelo transiente inicial da frequência no início do exercício dinâmico, o IVC foi menor nos indivíduos com eventos arrítmicos quando comparados com aqueles que permaneceram exclusivamente em ritmo sinusal ($1,37 \pm 0,02$ vs $1,45 \pm 0,02$; $p=0,009$) (Tabela 1), especialmente naqueles que apresentaram arritmias em todos os quatro procedimentos ($1,21 \pm 0,03$; $p=0,027$). Comparando o IVC entre os quatro grupos divididos em função do tipo de procedimento no qual apresentou arritmia, a análise de *post-hoc* foi capaz de identificar diferenças significativas somente entre o grupo “D” (i.e., arritmias desencadeadas tanto durante TCPE como nos esforços súbitos e curtos, – IVC= $1,29 \pm 0,02$) e os outros três grupos - “A” ($1,45 \pm 0,02$; $p<0,001$), “B” ($1,41 \pm 0,04$; $p<0,05$) e “C” ($1,42 \pm 0,03$; $p=0,004$) (Figura 1).

Condição Aeróbica: A potência aeróbica máxima é mais alta nos indivíduos sem eventos arrítmicos quando comparados com aqueles que desenvolveram arritmias em todos os quatro procedimentos ($8,2 \pm 0,3$ vs $5,4 \pm 0,7$ METs; $p=0,010$). Por outro lado, na análise por grupos conforme demonstrado na figura 1, nenhuma diferença significativa foi detectada ($p>0,05$).

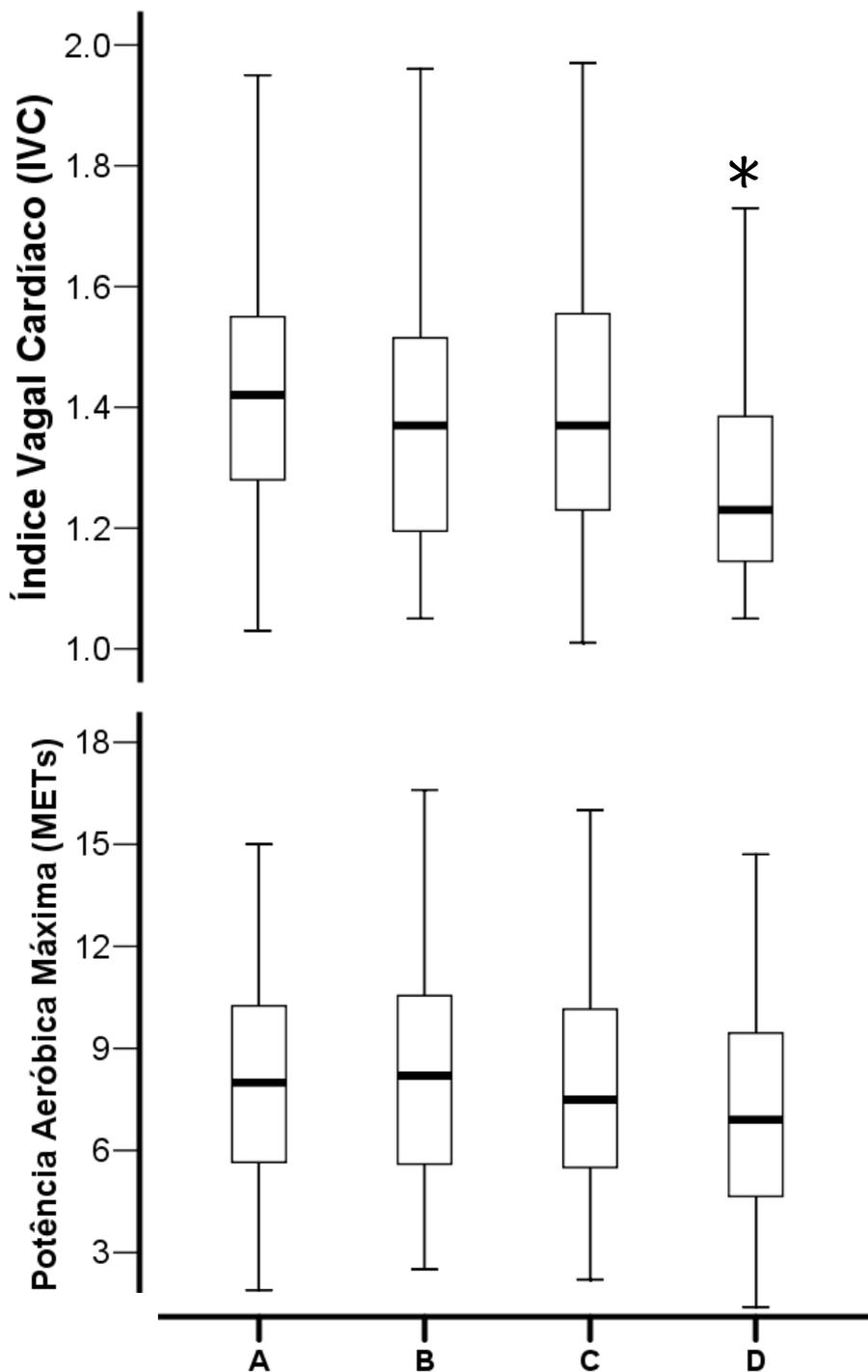


Figura 1. Índice vagal cardíaco e potência aeróbica máxima entre os indivíduos sem e com arritmia cardíaca durante os procedimentos. A = sem arritmias (n=104); B = arritmias exclusivamente durante os esforços súbitos e curtos, representados pelos procedimentos ESPIRO e T4s (n=47); C = sem arritmias nos esforços curtos e com arritmias durante TCPE (n=83); D = arritmias durante TCPE e em esforços súbitos e curtos (n=88). *Diferença em relação aos outros três grupos para a variável IVC ($p < 0.05$). Potência aeróbica máxima não foi diferente entre os grupos ($p > 0.05$).

DISCUSSÃO

Este estudo é original em investigar o potencial arritmogênico de esforços curtos e súbitos representados por situações controladas de procedimentos clínicos, como o T4s e a ESPIRO, assim como, relacionar a presença ou ausência de arritmias cardíacas em procedimentos clínicos específicos à atividade vagal cardíaca e a potência aeróbica máxima.

Prevalência de Arritmias Cardíacas: Considerações Gerais. Nossos resultados demonstraram uma grande variação quanto à presença e ao tipo de arritmias entre os quatro procedimentos propostos, sendo que 68% dos indivíduos desenvolveram arritmias cardíacas em pelo menos um destes. Em alguns casos, essas arritmias podem ter implicações clínicas mais relevantes. Por exemplo, um indivíduo com taquicardia ventricular não-sustentada exclusivamente no TCPE, e quatro outros com taquicardia supraventricular não-sustentada exclusivamente durante os esforços curtos e súbitos.

Estudos realizados na *Cleveland Clinic*¹⁷, demonstraram previamente que a presença de arritmias no esforço progressivo e máximo é comumente afetada por fatores como gênero, idade e condição aeróbica, fato este ratificado pelo nosso estudo, que acrescentou ainda a influência do reflexo vagal cardíaco. Todavia, nosso estudo apresenta algumas características particulares que merecem comentários. Dentro desta perspectiva, podemos ressaltar que as variáveis independentes selecionadas (idade, gênero, MACN, IVC, condição clínica e aeróbica) parecem influenciar diferentemente cada um

dos procedimentos. No entanto, uma atividade vagal cardíaca preservada, conforme demonstrado pelo IVC, parece ser um fator de proteção contra arritmias cardíacas em todos os procedimentos estudados. Cabe destacar, que o gênero masculino também se constitui um fator de risco para a presença de arritmias somente nos esforços súbitos e de curta duração, conforme demonstrado pela razão de chance ajustada (Tabela 4). Sendo assim, seria interessante e apropriado observar estes fatores na prática clínica, quando da aplicação destes procedimentos.

Um aspecto relevante em nossos resultados é que em 23% dos casos, a presença de arritmias cardíacas, mais frequentemente extrassístoles supraventriculares, não teriam sido detectadas, se não tivesse havido monitoração eletrocardiográfica nos esforços súbitos de curta duração. Atkins et al.¹⁸ compararam a incidência de arritmias durante e após exercícios estático prolongado e dinâmico em pacientes com doença cardíaca. Surpreendentemente, seus resultados demonstraram que 38% dentre os 45 indivíduos estudados desenvolveram arritmia ventricular no exercício de *handgrip*, enquanto que, apenas 22% o fizeram no teste de exercício dinâmico realizado em cicloergômetro. Em outra perspectiva, três prévios estudos investigaram o potencial clínico de esforços súbitos, entretanto, somente para o diagnóstico de isquemia do miocárdio. Barnard et al.^{19, 20}, verificaram uma elevada prevalência de depressão do segmento ST, em indivíduos saudáveis que foram submetidos a um exercício súbito e extremamente intenso em esteira rolante. Dentro do mesmo campo de investigação, Eschar et al.²¹ compararam indivíduos com doença coronariana durante um teste de exercício

escalonado versus outro apresentado de forma mais súbita, sendo que, novamente o esforço súbito tendeu a manifestar precordialgia e infradesnivelamento do segmento ST >2 mm mais prevalentes. Considerando os dados da literatura e os nossos resultados, é evidente que esforços súbitos e curtos podem induzir diversas alterações eletrocardiográficas. Parece assim que a utilização de diferentes tipos de esforços para a identificação de eventos arrítmicos pode ser clinicamente importante, especialmente naqueles casos com queixas de palpitações e que eventualmente não são identificados por alguns dos procedimentos mais convencionais, tais como, rECG ou TCPE.

ESPIRO. A associação entre a realização de uma espirometria e o desenvolvimento de arritmia cardíaca foi previamente reportado em dois estudos. Montenegro et al.²², evidenciaram uma alta freqüência de ectopia atrial durante a prova de função pulmonar em uma amostra envolvendo 150 indivíduos com doença pulmonar obstrutiva crônica. Esses achados não foram confirmados posteriormente por Fields et al.²³. Cabe aqui destacar que, ambos os estudos se diferenciam bastante do ponto de vista metodológico do nosso trabalho, principalmente, no que se refere ao tipo ao tempo de monitoração, características da amostra e critérios de diagnóstico, impossibilitando assim comparações quantitativas e objetivas dos achados. Teoricamente, poderia-se especular diversos mecanismos que podem estar envolvidos, incluindo alterações na P_aO_2 , no débito cardíaco e na atividade vagal cardíaca²⁴⁻²⁶ e até mesmo uma questão mecânica de contato entre o pulmão e o coração, ou ainda, simplesmente, a ocorrência de variações relativas da pressão intratorácica, muito embora essas não parecem ser de duração suficiente para

desencadear ou explicar a ocorrência de arritmias cardíacas durante os poucos segundos que duram uma espirometria simples ²³.

T4s. Este é o primeiro estudo que descreve formalmente a presença de distúrbios do ritmo cardíaco durante tal procedimento, inclusive demonstrando seu poder arritmogênico, algumas vezes, exclusivo. Alguns estudos desenvolvidos pelo nosso laboratório ^{8, 11, 12, 27-29} e por outros grupos de pesquisa ³⁰, nos possibilitam uma explicação dos possíveis mecanismos potencialmente arritmogênicos deste procedimento. Durante o T4s, o indivíduo pedala o mais rápido possível, sem a imposição de qualquer resistência mecânica, do quarto ao oitavo segundo de uma apnéia inspiratória rápida e máxima de 12 segundos de duração. A inspiração rápida e profunda estimula o reflexo vagal cardíaco a partir de suas aferências pulmonares (i.e., componente bifásico da frequência cardíaca), enquanto que o início súbito e rápido do exercício dinâmico que ocorre quatro segundos após, provoca uma imediata inibição vagal. Em adendo, alguns segundos pós-exercício, é possível notar a resposta adrenérgica ao estímulo anterior da pedalagem. Parece assim provocar uma situação ímpar de sinergismo simpático-parassimpático que parece ser associada ao surgimento de arritmias cardíacas. Desta forma, os resultados encontrados confirmam esta premissa fisiológica demonstrando seu poder arritmogênico.

TCPE. O papel do TE máximo enquanto método complementar diagnóstico de arritmias cardíacas parece estar bem definido ^{3, 17}, apesar de haver um questionamento quanto a reprodutibilidade das mesmas ³¹. As

arritmias supraventriculares e ventriculares ocorrem freqüentemente nesse tipo de procedimento como já foi descrito em estudos prévios ^{3, 17}. A ocorrência de arritmias cardíacas durante o TE progressivo máximo parecem ser devidas ao estresse cardiovascular caracterizado fisiologicamente em dois momentos: durante e imediatamente após o esforço. Notadamente, durante um TE observa-se um aumento progressivo do tônus simpático e das catecolaminas circulantes, inibição gradativa do tônus vagal, assim como alterações metabólicas e eletrofisiológicas cardíacas. Portanto, a interação simpato-vagal funciona como um potente fator arritmogênico ³, principalmente na fase de recuperação do TCPE. Como esperávamos, o TCPE foi o procedimento mais arritmogênico dentre todos, inclusive no que se refere as arritmias cardíacas clinicamente mais relevantes, portanto, confirmando o seu potencial clínico já evidenciado em outros estudos ¹⁷.

Atividade Vagal Cardíaca. Alterações no sistema nervoso autonômico, mais especificamente do seu ramo parassimpático, podem resultar em uma maior instabilidade elétrica do coração, aumentando a sua vulnerabilidade e facilitando o surgimento de arritmias potencialmente letais ³². Nossos resultados corroboram esse papel da ação vagal, mesmo sem a observação de arritmias potencialmente letais (Tabela 4). Em adendo, o IVC foi significativamente menor nos indivíduos que apresentavam arritmias desencadeadas no TCPE e em esforços súbitos e curtos (Figura 1). Por outro lado, a atividade vagal cardíaca parece ser semelhante entre os indivíduos sem arritmias e naqueles com arritmias exclusivamente detectadas nos esforços súbitos e curtos, assim como naqueles com arritmias exclusivamente durante o

TCPE (Figura 1). Para ganharmos introspecção nessa análise, poderíamos questionar se a monitoração durante esforços súbitos e curtos (ESPIRO e T4s), deve ser incorporada rotineiramente na prática clínica? Baseado em nossos resultados, parece que mesmo em indivíduos com anormalidades cardíacas irrelevantes, a presença concomitante de arritmias durante TCPE e ESPIRO e/ou T4s, representa ao menos uma hipo-atividade parassimpática (Figura 1), talvez sendo clinicamente mais importantes do que aquelas detectadas isoladamente no TCPE ³². Considerando isso, a incorporação dos esforços súbitos e curtos com o objetivo de identificar a presença de arritmias, poderia ser uma ferramenta complementar e clinicamente útil quando associada ao TCPE.

Condição Aeróbica. Um dos pontos fortes de nosso estudo é a coleta e a medida direta dos gases expirados durante TE máximos, fornecendo valores mais precisos do consumo máximo de oxigênio. Em adição, todos os testes foram supervisionados e analisados por um único e experiente avaliador (CGSA). Evidências epidemiológicas parecem apoiar a premissa de que o treinamento físico aeróbico altera favoravelmente o balanço autonômico cardíaco, aumentando a atividade vagal e atenuando a ação simpática ³³. Deste modo, sendo considerado uma intervenção anti-arrítmica e não-farmacológica. Neste sentido, sabendo-se que a condição aeróbica é um marcador do nível de treinamento aeróbico, parece lógico, que indivíduos com baixa condição aeróbica possuam maior susceptibilidade a arritmias cardíacas. Nesse sentido, nossos resultados demonstraram diferenças significativas na potência aeróbia máxima apenas quando os indivíduos que desenvolveram

arritmias em todos os quatro procedimentos eram comparados com aqueles sem arritmia ($5,2 \pm 0,6$ vs $8,2 \pm 0,3$ METs; $p=0,017$). Cabe aqui destacar, que as arritmias identificadas durante o TCPE, não foram consideradas critérios de interrupção do teste, não influenciando diretamente na medida da potência aeróbica máxima. Em adição, esta variável parece não afetar a análise ajustada pela regressão logística (Tabela 4).

Finalmente cabe enfatizar que o presente estudo apenas identificou a presença e o tipo de arritmias cardíacas associados com o desempenho de quatro procedimentos clínicos em uma ampla amostra de indivíduos adultos, saudáveis e não-saudáveis, sem todavia, analisar as potenciais implicações desses resultados sobre o prognóstico clínico a longo prazo para desfechos importantes, tais como a ocorrência de morte súbita, fibrilação ventricular ou infarto agudo do miocárdio. Estudos futuros devem abordar essa relevante questão.

CONCLUSÕES

Em sumário, os principais resultados deste estudo são: a) as arritmias cardíacas são relativamente comuns nos esforços súbitos e de curta duração tanto em indivíduos saudáveis como naqueles com doenças cardiovasculares ou metabólicas; b) 23% dos indivíduos desenvolveram arritmias exclusivamente nos esforços súbitos e curtos, representados pelos procedimentos de ESPIRO e T4s, que não foram identificadas no rECG e no TCPE; c) em alguns casos, a monitoração eletrocardiográfica durante esforços súbitos e curtos pode identificar casos de taquicardia supraventricular não-sustentada não evidenciados por outros procedimentos, d) arritmias ventriculares severas e potencialmente letais não parecem ser induzidos pelos procedimentos de ESPIRO e T4s, e e) a atividade vagal cardíaca e a potência aeróbica máxima tendem a estar diminuídas nos indivíduos que apresentam arritmias cardíacas nos quatro procedimentos.

REFERÊNCIAS

1. Pashkow FJ, Schweikert RA, Wilkoff BL. Exercise testing and training in patients with malignant arrhythmias. *Exerc Sport Sci Rev* 1997; 25:235-69.
2. Bunch TJ, Chandrasekaran K, Gersh BJ, Hammill SC, Hodge DO, Khan AH, Packer DL, Pellikka PA. The prognostic significance of exercise-induced atrial arrhythmias. *J Am Coll Cardiol* 2004; 43:1236-40.
3. Podrid PJ, Venditti FJ, Levine PA, Klein MD. The role of exercise testing in evaluation of arrhythmias. *Am J Cardiol* 1988; 62:24H-33H.
4. Lown B, Podrid PJ, De Silva RA, Graboys TB. Sudden cardiac death--management of the patient at risk. *Curr Probl Cardiol* 1980; 4:1-62.
5. O'Connor FC, Mayuga R, Arrington CT, Fleg JL. Do echocardiographic changes explain the age-associated increase in exercise-induced supraventricular arrhythmias? *Aging (Milano)* 1997; 9:120-6.
6. Fleg JL, Tzankoff SP, Lakatta EG. Age-related augmentation of plasma catecholamines during dynamic exercise in healthy males. *J Appl Physiol* 1985; 59:1033-9.
7. Maron BJ, Araujo CG, Thompson PD, Fletcher GF, de Luna AB, Fleg JL, Pelliccia A, Balady GJ, Furlanello F, Van Camp SP, Elosua R, Chaitman BR, Bazzarre TL. Recommendations for preparticipation screening and the assessment of cardiovascular disease in masters athletes: an advisory for healthcare professionals from the working groups of the World Heart Federation, the International Federation of Sports Medicine, and the American Heart Association Committee on Exercise, Cardiac Rehabilitation, and Prevention. *Circulation* 2001; 103:327-34.
8. 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; 2:35-40.

9. Standardization of Spirometry, 1994 Update. American Thoracic Society. *Am J Respir Crit Care Med* 1995; 152:1107-36.
10. Araújo CGS. Fast "on" and "off" heart rate transients at different bicycle exercise levels. *Int J Sports Med* 1985; 6:68-73.
11. Nóbrega ACL, Araújo CGS. Heart rate transient at the onset of active and passive dynamic exercise. *Med Sci Sports Exerc* 1993; 25:37-41.
12. Nóbrega ACL, Williamson JW, Araújo CGS, Friedman DB. Heart rate and blood pressure responses at the onset of dynamic exercise: effect of Valsalva manoeuvre. *Eur J Appl Physiol* 1994; 68:336-40.
13. Araújo CGS, Nóbrega ACL, Castro CLB. Similarities between fast initial heart rate response to arm and leg cycling exercise. *J Cardiopulm Rehabil* 1993; 13:348.
14. Araújo CGS, Ricardo DR, Almeida MB. Intra and interdays reliability of the 4-second exercise test. *Rev Bras Med Esporte* 2003; 9:299-303.
15. Buchfuerher M, Hansen J, Robinson T, Sue D, Wasserman K, Whipp B. Optimizing the exercise protocol for cardiopulmonary assessment. *J Appl Physiol* 1983; 55:1558-64.
16. Myers J, Buchanan N, Smith D, Neutel J, Bowes E, Walsh D, Froelicher VF. Individualized ramp treadmill. Observations on a new protocol. *Chest* 1992; 101:236S-41S.
17. Schweikert RA, Pashkow FJ, Snader CE, Marwick TH, Lauer MS. Association of exercise-induced ventricular ectopic activity with thallium myocardial perfusion and angiographic coronary artery disease in stable, low-risk populations. *Am J Cardiol* 1999; 83:530-4.
18. Atkins JM, Matthews OA, Blomqvist CG, Mullins CB. Incidence of arrhythmias induced by isometric and dynamic exercise. *Br Heart J* 1976; 38:465-71.

19. Barnard RJ, MacAlpin R, Kattus AA, Buckberg GD. Ischemic response to sudden strenuous exercise in healthy men. *Circulation* 1973; 48:936-42.
20. Barnard RJ, Gardner GW, Diaco NV, MacAlpin RN, Kattus AA. Cardiovascular responses to sudden strenuous exercise--heart rate, blood pressure, and ECG. *J Appl Physiol* 1973; 34:833-7.
21. Eshchar Y, Drory Y, Kellermann JJ. Sudden effort phenomenon in patients with anginal syndrome. *Acta Cardiol* 1972; 21:16-32.
22. Montenegro HD, Chester EH, Jones PK. Cardiac arrhythmias during routine tests of pulmonary function in patients with chronic obstruction of airways. *Chest* 1978; 73:133-9.
23. Fields CL, Byrd RP, Jr., Ossorio MA, Roy TM, Michaels MJ, Vogel RL. Cardiac arrhythmias during performance of the flow-volume loop. *Chest* 1993; 103:1006-9.
24. Hanly PJ, George CF, Millar TW, Kryger MH. Heart rate response to breath-hold, valsalva and Mueller maneuvers in obstructive sleep apnea. *Chest* 1989; 95:735-9.
25. Berk WA, Shea MJ, Crevey BJ. Bradycardic responses to vagally mediated bedside maneuvers in healthy volunteers. *Am J Med* 1991; 90:725-9.
26. Hong SK, Lin YC, Lally DA, Yim BJ, Kominami N, Hong PW, Moore TO. Alveolar gas exchanges and cardiovascular functions during breath holding with air. *J Appl Physiol* 1971; 30:540-7.
27. Nobrega AC, Castro CL, Araujo CG. Relative roles of the sympathetic and parasympathetic systems in the 4-s exercise test. *Braz J Med Biol Res* 1990; 23:1259-62.
28. 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; 127:318-27.

29. Almeida MB, Ricardo DR, Araujo CG. Validation of the 4-second exercise test in the orthostatic position. *Arq Bras Cardiol* 2004; 83:160-4; 155-9.
30. Knopfli BH, Bar-Or O. Vagal activity and airway response to ipratropium bromide before and after exercise in ambient and cold conditions in healthy cross-country runners. *Clin J Sport Med* 1999; 9:170-6.
31. Sheps DS, Ernst JC, Briese FR, Lopez LV, Conde CA, Castellanos A, Myerburg RJ. Decreased frequency of exercise-induced ventricular ectopic activity in the second of two consecutive treadmill tests. *Circulation* 1977; 55:892-5.
32. Schwartz PJ, De Ferrari GM. The influence of the autonomic nervous system on sudden cardiac death. *Cardiology* 1987; 74:297-309.
33. Billman GE. Aerobic exercise conditioning: a nonpharmacological antiarrhythmic intervention. *J Appl Physiol* 2002; 92:446-54.

DISCUSSÃO GERAL

O principal objetivo desta dissertação foi apresentar e discutir aspectos clínicos e fisiológicos de algumas respostas cardiovasculares em situações distintas de exercício, especificamente interrelacionando a atividade vagal cardíaca e a presença de arritmias cardíacas em diferentes situações de esforço físico.

O período de recuperação pós-exercício está associado com alterações no sistema nervoso autonômico, mais especificamente no seu ramo parassimpático, podendo resultar em uma maior instabilidade elétrica do coração, aumentando a sua vulnerabilidade e facilitando o surgimento de arritmias potencialmente letais ¹⁻⁴. Não obstante, as arritmias cardíacas parecem variar substancialmente em condições de repouso e de exercício dinâmico prolongado e em indivíduos saudáveis e com doença cardiovascular. Inclusive, as arritmias induzidas por exercício parecem estar diretamente associadas à doença cardíaca ⁵, à idade ⁶ e ao nível de condição aeróbica ⁷. No entanto, os poucos estudos demonstrando o efeito agudo de uma única sessão de exercício aeróbico sobre o controle autonômico cardíaco são conflitantes ^{8, 9}. Além disso, na literatura médica há uma carência de dados quanto à frequência e o tipo de arritmias desencadeadas por situações de esforço outras que não as do teste de exercício, e mais especificamente, em exercícios súbitos e de curta duração, situações relativamente comuns da vida diária.

Ingestão de água e atividade vagal cardíaca pós-exercício. Pudemos verificar, que 30 minutos não são suficientes para uma completa normalização da atividade vagal cardíaca, fato esse ratificado nas visitas 2 e 3 do nosso estudo 1, independente da ingestão de água. Outro fato importante é que os nossos resultados sugeriram um responsividade vagal à ingestão de 500 mL de água imediatamente após a sessão de exercício, atingindo seu pico no 20^o minuto pós-exercício, bastante similar ao encontrado por Routledge *et al.*¹⁰. Interessantemente, os nossos resultados ratificam os achados do estudo supracitado e ainda contribuem demonstrando uma nova faceta do controle autonômico cardíaco após uma sessão de exercício dinâmico moderado e, verificando uma nova variável interveniente ou independente, para os estudos que avaliaram e pretendem examinar o controle autonômico no período de recuperação após sessão de exercício. Em adição, as alterações hemodinâmicas cardiovasculares constatadas durante o período pós-exercício, parecem não ter influenciado os nossos principais resultados, haja vista que a análise estatística empregada para as variáveis hemodinâmicas, frequência cardíaca e pressão arterial sistólica, não identificou efeito específico da ingestão de 500 mL de água sobre estas variáveis. Portanto, a taquicardia e a hipotensão relativas observadas no período pós-exercício, provavelmente não contribuíram para as alterações na velocidade de recuperação do controle vagal cardíaco, parecendo ser um reflexo mediado exclusivamente da ingestão de 500 mL de água a temperatura ambiente. Nossos dados abrem uma perspectiva interessante, ao sinalizar um efeito autonômico benéfico para a ingestão hídrica pós-esforço, somando-se a tradicional orientação voltada ao ajuste termoregulatório e a reidratação corpórea.

Arritmias Cardíacas em esforços súbitos e curtos. O estudo 2 identificou a presença e o tipo de arritmias associados com a realização de quatro procedimentos clínicos em uma ampla amostra de indivíduos adultos, saudáveis e não-saudáveis, sem todavia, analisar as potenciais implicações desses resultados sobre o prognóstico clínico a longo prazo para desfechos importantes, tais como a ocorrência de morte súbita, fibrilação ventricular ou infarto agudo do miocárdio. Neste sentido, um aspecto relevante em nossos resultados é que em 23% dos casos, presença de arritmias cardíacas, mais freqüentemente extrassístoles supraventriculares, não teriam sido detectadas, se não tivesse havido monitoração eletrocardiográfica nos procedimentos caracterizados como esforços súbitos de curta duração. Atkins et al.¹¹ compararam a incidência de arritmias durante e após exercícios estático prolongado e dinâmico em pacientes com doença cardíaca. Surpreendentemente, seus resultados demonstraram que 38% dentre os 45 indivíduos estudados desenvolveram arritmia ventricular no exercício de *handgrip*, enquanto que, apenas 22% o fizeram no teste de exercício dinâmico realizado em cicloergômetro. Considerando os dados da literatura e os nossos resultados, fica evidente que esforços súbitos e curtos podem induzir diversas alterações eletrocardiográficas. Parece assim que a utilização de diferentes tipos de esforços para a identificação de eventos arrítmicos pode ser clinicamente importante, especialmente naqueles casos com condição clínica latente. É possível que isso seja importante para aqueles pacientes com queixas inespecíficas de palpitações, provavelmente benignas, que não são identificadas pelos métodos mais convencionais, tais como ECG de repouso e de esforço máximo. Nesses casos, a realização desses procedimentos de

esforço súbitos e curtos com monitoração de ECG permitiria identificar e caracterizar essas arritmias supraventriculares mais simples e benignas, dando mais confiança na interpretação e explicação da etiologia da queixa clínica.

Ainda, baseado nos resultados do estudo 2, parece que mesmo em indivíduos com anormalidades cardíacas irrelevantes, a presença de arritmia durante os procedimentos TCPE e concomitantemente na ESPIRO e/ou T4s, representa ao menos uma hipo-atividade parassimpática e, parecendo assim que a presença das mesmas nos dois tipos de esforços seja clinicamente mais relevante do que aquelas detectadas isoladamente pelo TCPE ¹². Diferentemente da atividade vagal cardíaca, nossos resultados demonstraram diferenças significativas na potência aeróbia máxima apenas quando os indivíduos que desenvolveram arritmias em todos os quatro procedimentos eram comparados com aqueles sem arritmia ($5,2 \pm 0,6$ vs $8,2 \pm 0,3$ METs; $p=0,017$).

Face ao exposto, os dados da presente dissertação demonstraram que os possíveis fatores de cardioproteção vago-dependente ^{13, 14} estão atenuados após o exercício, inclusive provavelmente por mais tempo, caso não seja feita a ingestão de água a temperatura ambiente. Em adendo, do ponto de vista autonômico, parece interessante que a monitoração durante esforços súbitos e curtos, seja incorporada na prática clínica, pois, a presença de arritmia durante os procedimentos TCPE e, concomitantemente na ESPIRO e/ou T4s, representa, ao menos, uma atenuada atividade vagal cardíaca que pode vir a ter implicações diagnósticas e prognósticas.

CONCLUSÕES GERAIS

1. A ingestão de água imediatamente após uma sessão de exercício aeróbio moderado parece contribuir para uma recuperação mais rápida da atividade vagal cardíaca no período pós-exercício.
2. Recomenda-se que estudos futuros da função autonômica no período pós-exercício controlem a questão da ingestão de líquidos.
3. As arritmias cardíacas são relativamente comuns nos esforços súbitos e de curta duração tanto em indivíduos saudáveis como naqueles com doenças cardiovasculares ou metabólicas, sendo que, 23% dos indivíduos desenvolveram arritmias exclusivamente nos esforços súbitos e curtos, representados pelos procedimentos de ESPIRO e T4s.
4. A monitoração eletrocardiográfica durante esforços súbitos e curtos pode identificar casos de taquicardia supraventricular não-sustentada não evidenciados nos eletrocardiogramas de repouso e de esforço convencionais.
5. Arritmias ventriculares severas e potencialmente letais não parecem ser induzidas pelos procedimentos de ESPIRO e T4s.
6. A atividade vagal cardíaca e a potência aeróbica máxima tendem estar diminuída nos indivíduos que apresentam arritmias cardíacas na espirometria e/ou teste de exercício de 4 segundos e no teste cardiopulmonar de exercício máximo.

REFERÊNCIAS

1. Frolkis JP, Pothier CE, Blackstone EH, Lauer MS. Frequent ventricular ectopy after exercise as a predictor of death. *N Engl J Med* 2003; 348:781-90.
2. Almeida MB, Araujo CG. Efeitos do treinamento aeróbico sobre a frequência cardíaca. *Rev Bras Med Esp* 2003; 9:104-12.
3. Mittleman MA, Siscovick DS. Physical exertion as a trigger of myocardial infarction and sudden cardiac death. *Cardiol Clin* 1996; 14:263-70.
4. Vanoli E, De Ferrari GM, Stramba-Badiale M, Hull SS, Jr., Foreman RD, Schwartz PJ. Vagal stimulation and prevention of sudden death in conscious dogs with a healed myocardial infarction. *Circ Res* 1991; 68:1471-81.
5. O'Connor FC, Mayuga R, Arrington CT, Fleg JL. Do echocardiographic changes explain the age-associated increase in exercise-induced supraventricular arrhythmias? *Aging (Milano)* 1997; 9:120-6.
6. Fleg JL, Tzankoff SP, Lakatta EG. Age-related augmentation of plasma catecholamines during dynamic exercise in healthy males. *J Appl Physiol* 1985; 59:1033-9.
7. Maron BJ, Araujo CG, Thompson PD, Fletcher GF, de Luna AB, Fleg JL, Pelliccia A, Balady GJ, Furlanello F, Van Camp SP, Elosua R, Chaitman BR, Bazzarre TL. Recommendations for preparticipation screening and the assessment of cardiovascular disease in masters athletes: an advisory for healthcare professionals from the working groups of the World Heart Federation, the International Federation of Sports Medicine, and the American Heart Association Committee on Exercise, Cardiac Rehabilitation, and Prevention. *Circulation* 2001; 103:327-34.
8. Raczak G, Pinna GD, La Rovere MT, Maestri R, Danilowicz-Szymanowicz L, Ratkowski W, Figura-Chmielewska M, Szwoch M,

- Ambroch-Dorniak K. Cardiovagal response to acute mild exercise in young healthy subjects. *Circ J* 2005; 69:976-80.
9. Hautala A, Tulppo MP, Makikallio TH, Laukkanen R, Nissila S, Huikuri HV. Changes in cardiac autonomic regulation after prolonged maximal exercise. *Clin Physiol* 2001; 21:238-45.
 10. Routledge HC, Chowdhary S, Coote JH, Townend JN. Cardiac vagal response to water ingestion in normal human subjects. *Clin Sci (Lond)* 2002; 103:157-62.
 11. Atkins JM, Matthews OA, Blomqvist CG, Mullins CB. Incidence of arrhythmias induced by isometric and dynamic exercise. *Br Heart J* 1976; 38:465-71.
 12. Schwartz PJ, De Ferrari GM. The influence of the autonomic nervous system on sudden cardiac death. *Cardiology* 1987; 74:297-309.
 13. Buch AN, Coote JH, Townend JN. Mortality, cardiac vagal control and physical training--what's the link? *Exp Physiol* 2002; 87:423-35.
 14. Cole CR, Blackstone EH, Pashkow FJ, Snader CE, Lauer MS. Heart-rate recovery immediately after exercise as a predictor of mortality. *N Engl J Med* 1999; 341:1351-7.

ANEXOS ARTIGO 1

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Você está sendo convidado(a) para participar, como voluntário, em uma pesquisa. Após ser esclarecido(a) sobre as informações a seguir, no caso de aceitar fazer parte do estudo, assine ao final deste documento, que está em duas vias. Uma delas é sua e a outra é do pesquisador responsável. A qualquer momento você pode desistir de participar e retirar seu consentimento. Em caso de recusa você não será penalizado(a) de forma alguma.

INFORMAÇÕES SOBRE A PESQUISA:

Título do Projeto: Comportamento do Reflexo Vagal Cardíaco após sessão de Exercício Aeróbio.

Pesquisador Responsável : Cláudio Gil Soares de Araújo

Telefone para contato: (21) 81819161 (Lauro C.Vianna)

Pesquisadores participantes: **Lauro C.Vianna, Ricardo B. Oliveira, Bruno M. Silva, Djalma R. Ricardo, Marcos A. Bezerra, Cláudio Gil S. Araújo.**

Em alguns minutos, o Sr. (Sra.) será submetido(a), a um teste de exercício de 4 segundos (T4s) em cicloergômetro, originalmente proposto por **Araujo et. al 1992**. Trata-se de um teste que mede a integridade dos reflexos cardíacos, pedalando rapidamente sem carga no ciclo durante apenas quatro segundos com respiração controlada. Ocasionalmente, o teste poderá ser interrompido, caso o avaliador julgue apropriado ou necessário. Antes de iniciar o teste de exercício propriamente dito, o avaliador lhe entrevistará. Serão também realizadas medidas antropométricas, como peso corporal e estatura.

Encerrada essa etapa, você será submetido a uma sessão de exercício aeróbio em cicloergômetro com a duração de 30 min. Após esta sessão, você será submetido novamente ao T4s em três momentos distintos: 10, 20 e 30 minutos.

Para o experimento, serão colocados três eletrodos descartáveis em seu tórax, que ligados a um monitor cardíaco permitirão a observação e o registro do seu eletrocardiograma de esforço e a determinação da sua frequência cardíaca. Para que sua monitorização cardíaca tenha a melhor qualidade possível é necessária uma preparação cuidadosa da pele aonde serão colocados os eletrodos (para retirar a oleosidade da pele e a camada superficial de células mortas). Esta preparação da pele pode gerar um leve desconforto que é normalmente passageiro. Em raras ocasiões, pode ser necessária a raspagem de pêlos do tórax, apenas nas regiões a serem colocados os eletrodos, a qual será realizada com aparelho de barbear descartável.

Sua pressão arterial será aferida em repouso, esforço e na recuperação (pós-esforço), em intervalos de tempo regulares, através de um esfigmomanômetro de coluna de mercúrio (um manguito colocado em seu braço será inflado regularmente para a aferição de pressão arterial).

Normalmente ocorrem alterações fisiológicas nos sistemas cardiovasculares e respiratórios durante o esforço, que podem ser percebidas

como uma aceleração dos batimentos cardíacos e da respiração, um aumento da sudorese e uma sensação progressiva de cansaço. Dor muscular, durante ou após o teste, também pode ocorrer no teste, principalmente se não há o hábito de fazer exercício. Em raras situações, certas anormalidades podem surgir durante ou imediatamente após o esforço. Estas incluem: dor no peito, falta de ar, tonteira, elevação importante ou queda da pressão arterial, irregularidade do ritmo cardíaco, insuficiência de aporte de oxigênio no coração (isquemia miocárdica esforço-induzida).

Todo esforço será feito para minimizar estes riscos através da avaliação das informações preliminares relacionadas ao seu estado de saúde e pela observação atenta de qualquer anormalidade durante o exercício físico. Equipamento de emergência e pessoal treinado estarão disponíveis para combater qualquer anormalidade que possa surgir. Contudo, é de sua responsabilidade informar ao pesquisador sobre seu estado de saúde atual e progresso, uso ou interrupção de medicações, assim como sinais ou sintomas que já tenha experimentado durante o exercício ou atividade física (principalmente dor no peito, falta de ar ou tonteira). Qualquer alteração percebida durante a presente avaliação também deverá ser prontamente informada ou sinalizada à equipe que lhe assiste.

Sua permissão para realizar esta avaliação é voluntária. Ratificamos que o Sr. (Sra.) está livre para desistir da mesma neste momento ou em qualquer outro momento (até mesmo durante o exame), se assim desejar, podendo inclusive omitir o motivo.

Posto isto, solicitamos expressamente sua autorização para que os dados obtidos nessa avaliação possam ser eticamente utilizados para aulas, pesquisas, dissertações e teses, com finalidades estatísticas ou clínicas, desde que seja preservado seu anonimato e a confidencialidade dos resultados.

CONSENTIMENTO:

Fui devidamente informado e esclarecido pelo avaliador sobre a pesquisa, os procedimentos nela envolvidos, assim como os possíveis riscos e benefícios decorrentes de minha participação. Foi-me garantido que posso retirar meu consentimento a qualquer momento, sem que isto leve à qualquer penalidade ou interrupção de meu acompanhamento/ assistência/tratamento.

Desta forma, eu concordo, voluntariamente, em participar desta avaliação e em autorizar o uso dos dados em pesquisas.

Em,

Nome completo: _____

Assinatura do Avaliado

Assinatura Testemunha

Assinatura do Avaliador

BANCO DE DADOS – ESTUDO 1

	Sexo	Cond. Clin.	Idade	Peso	Estatura	FCMáx	%VO2previsto	VO2máx	CargaTre(w)	CargaLa(w)	CargaMax (w)
1	M	0	25	58.8	176	204	139.5	64.5	126	158	211
2	M	1	69	61	159.5	73	86	19	45	60	78
3	F	1	57	83.8	160	185	95.1	25.6	95	117	143
4	F	0	27	55.5	164	183	140.7	53.5	113	140	210
5	M	1	69	71.6	170.5	146	138.4	31.3	130	112	182
6	M	1	72	76	175	125	141.5	29.6	60	77	133
7	F	0	26	60	157	191	90.1	34.9	78	98	154
8	M	0	26	66.6	178	204	95.3	44.1	128	161	190
9	M	0	34	79.2	178	200	114.9	48.1	140	176	240
10	M	0	27	71	171	181	109.2	49.3	145	182	294
11	M	0	23	68	181	191	111.5	52.8	200	256	272
12	M	0	27	73	176	169	97.9	44.2	166	208	240

Dados dos indivíduos

	Sexo	Cond. Clin.	Idade	T4sPRE			T4s10			T4s20			T4s30		
				Água	Controle	Água	Controle	Água	Controle	Água	Controle	Água	Controle		
1	M	0	25	1.85	1.84	1.30	1.29	1.46	1.37	1.47	1.46	1.47	1.46		
2	M	1	69	2.13	1.85	1.70	1.83	2.28	1.82	2.01	1.87	2.01	1.87		
3	F	1	57	1.64	1.64	1.48	1.48	1.50	1.56	1.57	1.51	1.57	1.51		
4	F	0	27	1.99	2.05	1.58	1.52	1.98	1.48	1.69	1.56	1.69	1.56		
5	M	1	69	1.16	1.16	1.20	1.18	1.24	1.16	1.22	1.20	1.22	1.20		
6	M	1	72	1.39	1.32	1.41	1.37	1.41	1.28	1.42	1.35	1.42	1.35		
7	F	0	26	1.78	1.93	1.75	1.54	1.60	1.67	1.71	1.69	1.71	1.69		
8	M	0	26	1.75	1.72	1.51	1.13	1.55	1.30	1.59	1.58	1.59	1.58		
9	M	0	34	1.36	1.29	1.28	1.21	1.24	1.22	1.25	1.18	1.25	1.18		
10	M	0	27	1.49	1.67	1.43	1.49	1.32	1.36	1.42	1.41	1.42	1.41		
11	M	0	23	1.77	2.07	1.28	1.28	1.46	1.49	1.61	1.50	1.61	1.50		
12	M	0	27	1.73	1.73	1.45	1.46	1.61	1.46	1.61	1.54	1.61	1.54		

Comportamento do IVC antes e após exercício aeróbico

	PASPRE			PAS10			PAS20			PAS30			
	Sexo	Cond. Clin.	Idade	Água	Controle	Água	Controle	Água	Controle	Água	Controle	Água	Controle
1	M	0	25	108	112	104	106	102	108	102	108	102	108
2	M	1	69	136	124	152	146	140	144	128	138	128	138
3	F	1	57	134	146	126	128	116	132	116	128	116	128
4	F	0	27	120	106	100	100	100	100	98	104	98	104
5	M	1	69	118	138	112	122	112	130	112	122	112	122
6	M	1	72	136	140	126	118	122	120	122	120	122	120
7	F	0	26	112	118	108	110	106	120	108	118	108	118
8	M	0	26	108	110	108	102	102	100	108	100	108	100
9	M	0	34	122	132	126	120	122	122	120	122	120	122
10	M	0	27	100	100	104	100	100	98	98	102	98	102
11	M	0	23	128	108	118	112	118	102	110	106	110	106
12	M	0	27	112	114	112	108	112	104	112	104	112	106

Comportamento do PAS antes e após exercício aeróbico

	FCPRE			FC10			FC20			FC30			
	Sexo	Cond. Clin.	Idade	Água	Controle								
1	M	0	25	75	70	101	103	91	93	88	90	88	90
2	M	1	69	43	45	51	53	48	50	43	50	43	50
3	F	1	57	71	73	95	101	85	91	82	84	82	84
4	F	0	27	66	65	79	84	79	75	83	75	83	75
5	M	1	69	55	69	70	67	63	67	70	66	70	66
6	M	1	72	53	55	55	61	53	57	54	56	54	56
7	F	0	26	74	76	86	83	81	84	78	81	78	81
8	M	0	26	81	71	115	111	104	109	74	103	74	103
9	M	0	34	85	84	101	103	94	96	93	93	93	93
10	M	0	27	70	65	88	90	73	77	75	80	75	80
11	M	0	23	54	55	100	100	94	95	86	94	86	94
12	M	0	27	75	75	105	115	98	104	90	105	90	105

Comportamento do FC antes e após exercício aeróbico

	Sexo	Cond. Clin.	Idade	PAS		FC		CR-10	
				Água	Controle	Água	Controle	Água	Controle
1	M	0	25	160	172	180	175	7	6
2	M	1	69	160	164	71	71	3	3
3	F	1	57	180	172	151	151	4	4
4	F	0	27	152	148	159	150	4	3
5	M	1	69	172	186	118	118	4	4
6	M	1	72	160	156	90	90	3	3
7	F	0	26	136	150	127	136	5	6
8	M	0	26	170	162	189	187	8	8
9	M	0	34	172	180	160	165	5	5
10	M	0	27	140	138	150	150	6	6
11	M	0	23	172	176	185	181	9	8
12	M	0	27	172	168	163	175	8	8

Resultados nas duas sessões de exercício para o último minuto de exercício

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)