



**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO *STRICTO SENSU*
ASSOCIADO EM EDUCAÇÃO FÍSICA
DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA /
UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA
ASPECTOS BIODINÂMICOS DO DESEMPENHO HUMANO.**

Zaqueline Fernandes Guerra

**MODULAÇÃO AUTÔNOMICA CARDÍACA NO REPOUSO E NA RECUPERAÇÃO
APÓS ESFORÇO FÍSICO MÁXIMO DE JOVENS SAUDÁVEIS COM DIFERENTES
NÍVEIS E TIPOS DE ATIVIDADE FÍSICA**

ESTUDO I: “Influência do treinamento aeróbio e resistido na modulação vagal cardíaca no repouso e recuperação. “

ESTUDO II: “Influência do nível das atividades laborais e de lazer no comportamento autonômico cardíaco de repouso e recuperação de jovens saudáveis.”

Juiz de Fora - MG

2009

Zaqueline Fernandes Guerra

**MODULAÇÃO AUTONÔMICA CARDÍACA NO REPOUSO E NA RECUPERAÇÃO
APÓS ESFORÇO FÍSICO MÁXIMO DE JOVENS SAUDÁVEIS COM DIFERENTES
NÍVEIS E TIPOS DE ATIVIDADE FÍSICA**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação Associado em Educação Física, da Universidade Federal de Juiz de Fora/Universidade Federal de Viçosa, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Educação Física, área de concentração: Aspectos biodinâmicos do desempenho humano.

Orientador: Prof. Dr. Jorge Roberto Perrout Lima

Juiz de Fora - MG

2009

Guerra, Zaqueline Fernandes

Modulação autonômica cardíaca no repouso e na recuperação após esforço físico máximo de jovens saudáveis com diferentes níveis e tipos de atividade física / Zaqueline Fernandes Guerra. -- 2009.

66 f. :il.

Dissertação (Mestrado em Educação Física)-Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2009.

1. Frequência cardíaca. 2. Atividade física. I. Título.

CDU 616.12-008.31

DEDICATÓRIAS

Ao meu amado pai...

Zaqueu, que dedicou sua vida à família, não medindo esforço para nos fazer felizes.

Meu querido pai não pode presenciar essa minha conquista, porque tão cedo nos deixou. Mas, embora não possa mais sentir seu abraço de parabéns, sei que sempre está comigo e torce pela minha vitória.

Ao meu querido esposo...

Vinícius, que sempre está ao meu lado em todos os momentos tristes e felizes, sendo um companheiro dedicado e atencioso.

A minha mãe...

Ernestina, cuja garra de lutar, mesmo quando tudo parece impossível, será sempre um grande exemplo para mim.

AGRADECIMENTOS

À Deus,

Meu pai e criador, que reserva sempre grandes e maravilhosas surpresas na minha vida e que não me desampara nunca.

Ao Prof. Dr. Jorge Roberto Perrout Lima,

Que como meu orientador soube me entender no momento mais difícil da minha vida, sempre calmo e compreensivo me mostrando que as dificuldades existem para serem superadas e que é preciso acreditar que nada pode impedir a conquista se o trabalho foi feito. Sua amizade e confiança foram fundamentais para que eu pudesse chegar ao final dessa jornada.

À Débora do Nascimento Moreira,

Minha colega de mestrado, grande colaboradora em todo o processo desse estudo.

Aos voluntários,

Que permitiram os resultados aqui encontrados graças à disponibilidade e credibilidade depositadas.

Aos meus alunos,

Inspiração de sempre na busca por mais conhecimento.

MUITO OBRIGADA!

RESUMO

Os fatores que influenciam a modulação autonômica cardíaca são ainda pouco conhecidos, destacando-se resultados controversos com relação à influência do treinamento físico regular. Neste contexto, propusemos o desenvolvimento de dois estudos cujos resultados poderiam contribuir com informações adicionais sobre esses fatores. O primeiro intitulado por “Influência do treinamento aeróbio e resistido na modulação vagal cardíaca no repouso e recuperação” teve como objetivo investigar a influência do treinamento físico (aeróbio ou resistido) na modulação autonômica cardíaca observando o comportamento da variabilidade da frequência cardíaca (VFC) e da taxa de recuperação da frequência cardíaca (RFC). Quarenta e sete jovens saudáveis com níveis de aptidão aeróbia estatisticamente semelhantes e próximos à média populacional foram divididos em três grupos de acordo com o nível e tipo de atividade física identificados pelo escore bruto esportivo (EBE) do questionário de Baecke: 18 sedentários (SE) com $21,8 \pm 1,5$ anos; 15 treinados em resistência (RT) com $21,2 \pm 2,3$ anos e 14 treinados aerobicamente (AT) com $23,3 \pm 4,1$ anos. O registro dos intervalos R-R foi feito ao repouso na posição supina por 15 min, durante todo o período de realização do teste cardiopulmonar máximo em cicloergômetro e por 5 min de recuperação após o teste. Os dados coletados permitiram a análise da VFC no domínio do tempo (índices SDNN, RMSSD, pNN50) e da frequência, pelas bandas de baixa frequência (LF), alta frequência (HF) e razão HF/(LF+HF); além do índice SD1 da plotagem de Poincaré. Os principais resultados com $p < 0,05$ mostraram que independente do tipo de treinamento físico realizado, os voluntários ativos apresentaram melhor taxa de RFC obtida pelo D_{60s} ($p = 0,002$) e τ ($p = 0,046$), sem no entanto apresentarem diferença nos índices da VFC de repouso. Apenas os voluntários do grupo AT apresentaram melhor reativação vagal no período de recuperação medida pelo RMSSD30 ($p < 0,05$). Nenhuma correlação foi encontrada entre os índices da VFC no repouso e os índices de RFC. Em conclusão, encontramos que, no início da recuperação após esforço físico máximo, tanto os praticantes de treinamento aeróbio, quanto os de treinamento resistido apresentaram melhor RFC do que sedentários. Apenas os praticantes do treinamento aeróbio apresentaram melhor reativação vagal medida pelo RMSSD30. Além disso, nem a queda da FC durante o período de recuperação, nem o RMSSD30 se relacionaram com os índices vagais da VFC de repouso. O segundo estudo com o título: “Influência do nível das atividades laborais e de lazer no comportamento autonômico cardíaco de repouso e recuperação de jovens saudáveis” objetivou investigar a influência do nível das atividades laborais e de lazer na modulação autonômica cardíaca de repouso e recuperação de jovens que embora não realizassem treinamento físico sistematizado, apresentassem diferentes níveis de atividade física ocupacional e de lazer. 20 homens foram divididos em dois grupos de acordo com escore bruto total (EBT): 10 menos ativos com $22,8 \pm 1,9$ anos e 10 mais ativos com $22,3 \pm 2,2$ anos. Os voluntários passaram pelos mesmos registros descritos anteriormente, assim como seus dados foram submetidos à mesma análise da VFC e da taxa de RFC do primeiro estudo. O principal achado mostra que não houve diferença significativa entre os dois grupos em nenhum dos índices no domínio do tempo e da frequência da VFC, assim como nos índices de RFC. Em conclusão, sugere-se que apenas atividades laborais e de lazer parecem não ter promovido efeitos significativo na modulação autonômica cardíaca dos jovens estudados. Nesse sentido, reforça-se a idéia da necessidade de um treinamento físico regular para promover adaptações autonômicas cardíacas.

Palavras-chave: modulação autonômica cardíaca, atividade física, variabilidade da frequência cardíaca, recuperação da frequência cardíaca..

ABSTRACT

Factors influencing cardiac autonomic modulation are not well known yet, and the results regarding the influence of regular physical training on such modulation are controversial. Considering this context, we propose the development of two studies whose results might contribute with additional information in regards to those factors. The first studied – “Influence of aerobic and resistance training on cardiac vagal modulation during rest and recovery” – aimed at investigating the influence of both aerobic and resistance training on cardiac autonomic modulation, observing the behavior of both the Heart Rate Variability (HRV) and the Heart Rate Recovery (HRR) indices. Forty-seven healthy young men with aerobic fitness levels which were statistically similar and close to the population average, were divided into three groups according to the level and type of physical activity identified through the Raw Sport Score (RSS) of Baecke questionnaire: 18 sedentary subjects (SE) being 21.8 ± 1.5 years old; 15 resistance trained subjects (RT) with mean age of 21.2 ± 2.3 years; and 14 aerobically trained subjects (AT), with mean age of 23.3 ± 4.1 years. The NN intervals records were obtained during rest in the supine position for 15 minutes, along all the period in which the maximum cardiopulmonary test in cycle ergometer was carried out, and for 5 minutes of recovery after the latter test. Data collected allowed the HRV analysis in the domains of both time (SDNN, RMSSD and pNN50 indices) and frequency, through the low frequency bands (LF), the high frequency ones (HF), and through the HF/(LF+HF) ratio; besides the SD1 index of Poincaré plot. The main results with $p < 0.05$ showed that, regardless the type of physical training performed, active volunteers presented better HRR results, obtained through D60s ($p = 0.002$) and τ ($p = 0.046$). However, they did not present differences in the HRV indices during rest. Only AT presented better vagal reactivation during the recovery period, assessed through RMSSD30 ($p < 0.05$). No correlation was found between the HRV indices during rest and the HRR ones. In summary, we found that, in the beginning of the recovery period subsequent to maximum physical effort, subjects involved in both aerobic and resistance training activities presented better HRR than sedentary ones. Only aerobically trained subjects presented better vagal reactivation assessed through RMSSD30. Besides, neither the Heart rate (HR) decrease during recovery nor RMSSD30 seem to be related to the HRV vagal indices during rest. The second study – “Influence of labor and leisure activities level on rest and recovery autonomic cardiac behavior of healthy young men” – aimed at investigating the influence of the level of labor and leisure activities on rest and recovery cardiac autonomic modulation of youngsters who, although did not engage in systematized physical training activities, presented different levels of labor and leisure activities. Twenty men were divided into two groups according to Total Score Baecke (TSB): 10 less active subjects, presenting an average age of 22.8 ± 1.9 years, and 10 more active subjects, with ages around 22.3 ± 2.2 years. Volunteers went through the same tests and recording procedures described above and data were submitted to the same HRV and HRR indices analyses performed in the first study. The main finding shows there were no significant differences between the two groups in the HRV and HRR indices in the domains of time and frequency. In summary, it is claimed that labor and leisure activities alone seem not to have caused significant effects to the autonomic cardiac modulation of the young men studied. Hence, the need for regular physical training is reinforced in order to promote cardiac autonomic adaptations.

Keywords: cardiac autonomic modulation, physical activity; heart rate variability,

heart rate recovery.

SUMÁRIO

RESUMO.....	6
ABSTRACT.....	8
CONTEXTUALIZAÇÃO.....	12
ESTUDO I: “Influência do treinamento aeróbio e resistido na modulação vagal cardíaca no repouso e recuperação”.....	18
Resumo.....	19
Abstract.....	20
Introdução.....	21
Métodos.....	23
Resultados.....	27
Discussão.....	32
Conclusão.....	35
ESTUDO II: “Influência do nível das atividades laborais e de lazer no comportamento autonômico cardíaco de repouso e recuperação de jovens saudáveis”.....	36
Resumo.....	37
Abstract.....	38
Introdução.....	39
Métodos.....	40
Resultados.....	44
Discussão.....	45
Conclusão.....	47
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	48
REFERÊNCIAS.....	51
ANEXOS.....	59
Anexo A: Parecer do Comitê de Ética em Pesquisa.....	60
Anexo B: Termo de consentimento Livre e esclarecido.....	61

Anexo C: Questionário de Baecke.....	63
Anexo D: Certificado de apresentação do tema livre: Relação entre aptidão aeróbia e a taxa de recuperação da frequência cardíaca após teste ergométrico máximo.....	65

1. CONTEXTUALIZAÇÃO



A atividade cardíaca é modulada intrínseca e extrínsecamente. A modulação intrínseca decorre dos disparos rítmicos determinados pelo nó sinusal, que percorrem todo o sistema especializado do coração. Já a modulação extrínseca é representada pela atividade das alças autonômicas sobre o nó sinusal, correspondentes ao sistema simpático e vagal (Rosenwinkel, Bloomfield *et al.*, 2001), além da ação das catecolaminas liberadas pelo sistema endócrino. Muitas dúvidas ainda existem sobre o funcionamento do complexo mecanismo da modulação autonômica cardíaca. Assim como, se busca um melhor entendimento dos fatores que influenciam tal modulação.

Várias situações patológicas são acompanhadas por redução na atividade vagal cardíaca (Buch, Coote *et al.*, 2002; Gibbons, 2002; Georgoulas, Orfanakis *et al.*, 2003; Arena, Guazzi *et al.*, 2006; Bilsel, Terzi *et al.*, 2006), sendo que essa redução pode explicar os casos de morte súbita que ocorrem durante o exercício ou no período de recuperação do mesmo (Billman, 2002).

A exposição do organismo a uma atividade física, produz inicialmente diminuição da atividade vagal cardíaca, seguida por aumento da atividade simpática, o que permite que o coração atenda às demandas do exercício (Rosenwinkel, Bloomfield *et al.*, 2001). Após o exercício, o sistema vagal gradativamente recupera sua atividade sobre o nó sinusal (Savin, Davidson *et al.*, 1982; Arai, Saul *et al.*, 1989), sendo ainda questionado o momento exato em que isso ocorre (Savin, Davidson *et al.*, 1982; Imai, Sato *et al.*, 1994), além do período no qual a atividade simpática permanece intensa, sendo importante destacar a influência da intensidade do esforço físico realizado nessa permanência (Danilowicz-Szymanowicz, Raczak *et al.*, 2005; Parekh e Lee, 2005).

A modulação autonômica cardíaca é comumente avaliada através de métodos não-invasivos. Tais métodos consideram o comportamento da variabilidade da frequência cardíaca (VFC) e da taxa de recuperação da frequência cardíaca após esforço físico máximo (Cole, Blackstone *et al.*, 1999; Nishime, Cole *et al.*, 2000; Pierpont, Stolpman *et al.*, 2000) ou submáximo (Lauer, Francis *et al.*, 1999; Cole, Foody *et al.*, 2000).

VARIABILIDADE DA FREQUENCIA CARDÍACA

A VFC reflete a variação que ocorre entre batimentos cardíacos sucessivos, em ritmo sinusal, obtida a partir dos intervalos R-R. Sua análise pode ser feita no domínio do tempo e da frequência em registros curta (5 a 30 minutos) ou longa

duração (24 horas). A coleta dos dados geralmente é feita durante o repouso sob condições adequadas (Heart rate variability. Standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use. Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology, 1996). Alguns índices da VFC indicam o predomínio da modulação vagal sobre o coração como o RMSSD (raiz quadrada da média da soma do quadrado das diferenças entre ciclos adjacentes durante o registro) e o pNN50 (percentual de variação > 50 ms entre os ciclos normais sucessivos durante o registro), na análise no domínio do tempo, e na análise espectral, o HF (componente de alta frequência abrangendo as respostas entre 0,15 e 0,40 Hz). Valores predominantes de tais índices estão presentes em indivíduos com elevados níveis de aptidão aeróbia (Buchheit e Gindre, 2006). Goldberger et al (2006) propuseram um índice para analisar a VFC no período de recuperação da FC após esforço físico (RMSSD30), permitindo com isso uma nova análise da reativação vagal (Goldberger, Le *et al.*, 2006).

TAXA DE RECUPERAÇÃO DA FREQUÊNCIA CARDÍACA

A taxa de RFC é um parâmetro que caracteriza um fenômeno multifacetado e ainda pouco esclarecido. O tempo necessário para que a frequência cardíaca (FC) retorne aos valores próximos aos do repouso pode ser de 1 a 24 horas, dependendo principalmente da intensidade do esforço físico realizado (Hautala, Tulppo *et al.*, 2001; Terziotti, Schena *et al.*, 2001; Danilowicz-Szymanowicz, Raczak *et al.*, 2005; Parekh e Lee, 2005). Destaca-se também que a posição do corpo do indivíduo no período de recuperação após o exercício parece influenciar essa taxa de RFC (Takahashi, Okada *et al.*, 2000).

A reativação do tônus vagal e a progressiva redução da atividade simpática após o exercício, são importantes componentes da recuperação da frequência cardíaca após um esforço físico máximo e submáximo (Perini, Orizio *et al.*, 1989). Para alguns pesquisadores, a retirada simpática ocorre logo após a interrupção do esforço físico e a reativação vagal um pouco depois (Savin, Davidson *et al.*, 1982). Para outros, no entanto, essa reativação vagal ocorre nos instantes iniciais da recuperação, sendo responsável pela cinética da FC nesse momento (Perini, Orizio *et al.*, 1989; Imai, Sato *et al.*, 1994; Kannankeril, Le *et al.*, 2004). Há ainda aqueles que defendem que essa cinética reflete, na verdade, a interação coordenada da

modulação simpaticovagal, não podendo ser considerada como resultado apenas da atividade de uma única alça autonômica (Pierpont e Voth, 2004).

Sugere-se que um atraso na RFC no primeiro minuto imediatamente após um exercício serve como um indicador de maior risco de morbi-mortalidade tanto em indivíduos assintomáticos como em cardiopatas (Cole, Blackstone *et al.*, 1999; Cole, Foody *et al.*, 2000; Nishime, Cole *et al.*, 2000; Terziotti, Schena *et al.*, 2001; Arena, Guazzi *et al.*, 2006; Evrengul, Tanriverdi *et al.*, 2006; Nanas, Anastasiou-Nana *et al.*, 2006), além de estar relacionado com uma resposta vagal diminuída (Cole, Blackstone *et al.*, 1999; Terziotti, Schena *et al.*, 2001; Davrath, Akselrod *et al.*, 2006). A taxa de RFC serve como indicador de maior risco quando a redução dos batimentos cardíacos é menor que 12 batimento por minuto (bpm) na recuperação ativa (Cole, Blackstone *et al.*, 1999) ou 18 bpm se a recuperação é passiva (Watanabe, Thamilarasan *et al.*, 2001).

A taxa de RFC pode ser analisada através de alguns índices sendo os mais frequentemente utilizados: a) o delta ou diferença absoluta do valor da FC obtida no final do exercício pelo valor obtido nos 60 segundos de recuperação (RFC_{60s}) (Cole, Blackstone *et al.*, 1999; Buchheit e Gindre, 2006); b) a constante de tempo da queda da FC obtida na RFC através de uma curva exponencial decrescente de primeira ordem (RFC_T) (Perini, Orizio *et al.*, 1989); c) valor obtido na análise dos primeiros 30 segundos da RFC via análise semi-logarítmica regressiva (T30) (Imai, Sato *et al.*, 1994).

ALGUNS FATORES QUE INFLUENCIAM A MODULAÇÃO AUTONÔMICA CARDÍACA

Entre alguns fatores que parecem influenciar a modulação autonômica cardíaca se destacam fatores genéticos (Kagamimori, Robson *et al.*, 1984; Singh, Larson *et al.*, 1999; Hautala, Rankinen *et al.*, 2006) e ambientais, como a condição física do indivíduo (Buchheit, Papelier *et al.*, 2007). No aspecto genético, sugere-se que variações no DNA manifestadas nos receptores muscarínicos do nó sinusal possam determinar modificações na RFC em sedentários ou indivíduos após curto período de treinamento (Hautala, Rankinen *et al.*, 2006). Além disso, elevados níveis de aptidão aeróbia, que podem ser determinados por fatores genéticos, também são relacionados ao predomínio da atividade vagal cardíaca (Maciel, Gallo Junior *et al.*, 1985; Shin, Minamitani *et al.*, 1997; Buchheit e Gindre, 2006).

Considerando a influência do treinamento físico sobre a modulação autonômica cardíaca, resultados controversos são encontrados. Enquanto alguns estudos observaram melhora na modulação vagal após o treinamento (Shin, Minamitani *et al.*, 1997; Goldsmith, Bloomfield *et al.*, 2000; Yamamoto, Miyachi *et al.*, 2001), vários outros não obtiveram os mesmos resultados (Sacknoff, Gleim *et al.*, 1994; Boutcher e Stein, 1995; Loimaala, Huikuri *et al.*, 2000; Catai, Chacon-Mikahil *et al.*, 2002).

Ao analisar a influência da atividade física na VFC, observou-se que uma única sessão de exercícios pode alterá-la por um período de 24 a 48 h (Hautala, Tulppo *et al.*, 2001; Mourot, Bouhaddi *et al.*, 2004), sendo capaz de promover redução de seus índices tanto no domínio do tempo quanto da frequência, o que sugere aumento da retirada vagal durante o período de recuperação (Brown e Brown, 2007), principalmente após exercícios com grande demanda metabólica (Martinmaki e Rusko, 2008).

Já quando a análise autonômica foi feita a partir da taxa de RFC, alguns estudos observaram que indivíduos treinados apresentavam recuperação mais rápida da FC do que sedentários, destacando a contribuição do treinamento físico no melhor desempenho da modulação autonômica cardíaca após o esforço físico (Buchheit e Gindre, 2006). Um aspecto a ser destaque nesses estudos, se refere ao elevado nível de aptidão aeróbia do voluntários (Buchheit e Gindre, 2006). Embora mudanças na taxa de RFC tenham sido observadas em alguns trabalhos, outros não encontraram qualquer diferença em seu comportamento quando se considerou o nível de atividade física (Arai, Saul *et al.*, 1989).

A diversidade dos achados indica que mais pesquisas precisam ser realizadas na busca de melhor entendimento do efeito do treinamento físico sobre a modulação autonômica cardíaca.

Foi objetivo deste trabalho observar a influencia do fator ambiental, nível e tipo de atividade física, no comportamento autonômico de repouso e recuperação de jovens saudáveis. Foram realizados dois estudos:

- Estudo I: **Influência do treinamento aeróbio e resistido na modulação vagal cardíaca no repouso e recuperação.** Neste estudo foi observado o comportamento autonômico de repouso e recuperação de voluntários jovens saudáveis que apresentavam níveis semelhantes de aptidão aeróbia, divididos em 3 grupos de acordo com o nível e o tipo de atividade física

realizada. A coleta dos dados foi feita em uma única visita dos voluntários ao laboratório com o registro dos intervalos R-R durante o repouso, teste cardiopulmonar máximo e recuperação.

- Estudo II: **Influência das atividades laborais e de lazer no comportamento autonômico cardíaco de repouso e recuperação em jovens saudáveis.** Neste segundo estudo, foi observado o comportamento autonômico de repouso e recuperação de voluntários que não praticavam treinamento físico regular, mas eram diferentes quanto ao nível de atividade realizada no tipo de ocupação e lazer. Os voluntários foram divididos em dois grupos para a análise dos índices da VFC no repouso e dos índices da taxa de RFC.

2. ESTUDO I

Influência do treinamento aeróbio e resistido na modulação vagal cardíaca no repouso e recuperação.

RESUMO

Algumas ferramentas não-invasivas, como a variabilidade da frequência cardíaca em repouso (VFC) e a recuperação da frequência cardíaca pós-exercício (RFC) têm sido propostas para avaliar a modulação vagal cardíaca. Apesar de, tanto a VFC de repouso, quanto a RFC serem indicadores da atividade vagal, parece que avaliam aspectos diferentes da atividade autonômica. Alguns estudos apontam forte correlação entre o nível de aptidão aeróbia e o comportamento da VFC, enquanto outros afirmam que a taxa de RFC esteja correlacionada com o treinamento físico, não estando claro no entanto, se o treinamento aeróbio e anaeróbio produzem os mesmos efeitos sobre essa taxa. O objetivo do presente estudo foi investigar a influência do treinamento físico e do tipo de atividade praticada (aeróbia ou anaeróbia) na modulação autonômica cardíaca observando o comportamento da VFC e da RFC. 47 jovens saudáveis com níveis de aptidão aeróbia estatisticamente semelhantes e próximos à média populacional foram divididos em três grupos de acordo com o nível e tipo de atividade física identificados pelo escore bruto esportivo (EBE) do questionário de Baecke: 18 sedentários (SE) com $21,8 \pm 1,5$ anos; 15 treinados em resistência (RT) com $21,2 \pm 2,3$ anos e 14 treinados aerobicamente (AT) com $23,3 \pm 4,1$ anos. A coleta dos dados foi feita inicialmente a partir do registro dos intervalos R-R sob a condição de repouso dos voluntários por 15 min, a seguir durante a realização do teste cardiopulmonar máximo em cicloergômetro e por 5 min de recuperação após o teste. Os dados coletados permitiram a análise da VFC no domínio do tempo (índices SDNN, RMSSD, pNN50) e da frequência, pelas bandas de baixa frequência (LF), alta frequência (HF) e razão HF/(LF+HF); além do índice SD1 da plotagem de Poincaré. Os principais resultados com $p < 0,05$ mostraram que independente do tipo de treinamento físico realizado, os voluntários ativos apresentaram melhor taxa de recuperação da frequência cardíaca (RFC) obtida pelo D_{60s} ($p = 0,002$) e τ ($p = 0,046$), sem no entanto apresentarem diferença nos índices da VFC de repouso. Apenas os voluntários que realizavam treinamento aeróbio apresentaram melhor reativação vagal medida pelo RMSSD30 ($p < 0,05$) no período de recuperação logo após o teste de esforço máximo. Confirmou-se com os resultados que o comportamento de repouso dos índices da VFC no repouso não se correlacionam com os índices de RFC. Em conclusão, encontramos que, no início da recuperação após esforço físico máximo, tanto os praticantes de treinamento aeróbio, quanto os de treinamento anaeróbio apresentaram melhor RFC do que sedentários. Porém, apenas o treinamento aeróbio possibilitou melhor reativação vagal medida pelo RMSSD30. Além disso, nem a queda da FC durante o período de recuperação, nem o RMSSD30 se relacionaram com os índices vagais da VFC de repouso.

Palavras-chave: modulação autonômica cardíaca, atividade física; frequência cardíaca, treinamento aeróbio, treinamento resistido.

ABSTRACT

Some non-invasive tools, such as the Heart Rate Variability during rest (HRV) and the Heart Rate Recovery after physical exercise (HRR), have been proposed as means to evaluate vagal cardiac modulation. Despite both HRV during rest and HRR being vagal activity indicators, they seem to be able to assess different aspects of autonomic activity. Some studies point to a deep correlation between the level of aerobic fitness and the HRV behavior, while others state that the HRR index is related to physical training. However, it was not made clear whether aerobic and anaerobic training produce the same effects over this index or not. This study aimed at investigating the influence of physical training and of the type of activity practiced (aerobic or anaerobic) on cardiac autonomic modulation, observing the behavior of both the Heart Rate Variability (HRV) and the Heart Rate Recovery (HRR) indices. Forty-seven healthy young men with aerobic fitness levels which were statistically similar and close to the population average, were divided into three groups according to the level and type of physical activity identified through the Raw Sport Score (RSS) of Baecke questionnaire: 18 sedentary subjects (SE) being 21.8 ± 1.5 years old; 15 resistance trained subjects (RT) with ages around 21.2 ± 2.3 years; and 14 aerobically trained subjects (AT), presenting average age of 23.3 ± 4.1 years. The INN intervals records were obtained during rest in the supine position for 15 minutes, along all the period in which the maximum cardiopulmonary test in cycle ergometer was carried out, and for 5 minutes of recovery after the latter test. Data collected allowed the HRV analysis in the domains of both time (SDNN, RMSSD and pNN50 indices) and frequency, through the low frequency bands (LF), the high frequency ones (HF), and through the HF/(LF+HF) ratio; besides the SD1 index of Poincaré plot. The main results with $p < 0.05$ showed that, regardless the type of physical training performed, active volunteers presented better HRR results, obtained through D60s ($p = 0.002$) and τ ($p = 0.046$). However, they did not present differences in the HRV indices during rest. Only AT presented better vagal reactivation during the recovery period, assessed through RMSSD30 ($p < 0.05$). No correlation was found between the HRV indices during rest and the HRR ones. In summary, we found that, in the beginning of the recovery period subsequent to maximum physical effort, subjects involved in both aerobic and resistance training activities presented better HRR than sedentary ones. Only aerobically trained subjects presented better vagal reactivation assessed through RMSSD30. Besides, neither the Heart Rate (HR) decrease during recovery nor RMSSD30 seem to be related to the HRV vagal indices during rest.

Keywords: cardiac autonomic modulation; physical activity; heart rate, aerobic training, resistance training.

Introdução

É bem estabelecido o papel cardioprotetor atribuído ao sistema parassimpático. A atividade vagal contribui para a estabilidade elétrica cardíaca e para redução do consumo de oxigênio do miocárdio (Podrid, Fuchs *et al.*, 1990; Esler, 1992; Buch, Coote *et al.*, 2002), o que diminui o risco de morbi-mortalidade. Algumas ferramentas não-invasivas, como a variabilidade da frequência cardíaca em repouso (VFC) (Heart rate variability. Standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use. Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology, 1996) e a recuperação da frequência cardíaca pós-exercício (RFC) têm sido propostas para avaliar a modulação vagal cardíaca (Buchheit, Papelier *et al.*, 2007). A VFC representa a atividade vagal e a interação entre as alças do sistema nervoso autônomo (Hedman, Hartikainen *et al.*, 1995) e está relacionada à aptidão aeróbia (Buchheit e Gindre, 2006) e a redução do risco de mortalidade (Villareal, Liu *et al.*, 2002). A reativação vagal é considerada o principal mecanismo responsável pela RFC após esforço físico máximo e submáximo (Savin, Davidson *et al.*, 1982; Carter, Watenpaugh *et al.*, 1999; Nishime, Cole *et al.*, 2000). O clássico estudo de Cole *et al.* (1999) foi um dos primeiros a utilizar a taxa de RFC como preditor de morbi-mortalidade (Cole, Blackstone *et al.*, 1999). A partir de então, vários outros estudos usam índices que refletem a reativação vagal e o equilíbrio simpaticovagal sobre o coração após esforço físico (Imai, Sato *et al.*, 1994; Pierpont, Stolpman *et al.*, 2000; Goldberger, Le *et al.*, 2006). Cinéticas diferentes da RFC são observadas em amostras distintas da população. Indivíduos mais idosos tendem a apresentar RFC mais lenta (Darr, Bassett *et al.*, 1988; Byrne, Fleg *et al.*, 1996; Kuo, Lin *et al.*, 1999), assim como portadores de aterosclerose (Jae, Carnethon *et al.*, 2006), obesos (Christou, Jones *et al.*, 2004), cardiopatas (Imai, Sato *et al.*, 1994), em comparação com jovens saudáveis. Além disso, sedentários possuem RFC mais lenta que indivíduos treinados (Darr, Bassett *et al.*, 1988).

Apesar de, tanto a VFC de repouso, quanto a RFC serem indicadores da atividade vagal, parece que avaliam aspectos diferentes da atividade autonômica (Javorka, Zila *et al.*, 2003; Buchheit, Papelier *et al.*, 2007; Dewland, Androne *et al.*, 2007). Há evidências de que não se observa correlação entre tais índices (Javorka, Zila *et al.*, 2002, 2003; Buchheit e Gindre, 2006; Buchheit, Papelier *et al.*, 2007), o

que sugere que a atividade vagal em repouso e sua reativação após o exercício sejam determinadas por mecanismos diferentes (Javorka, Zila *et al.*, 2002; Buchheit, Papelier *et al.*, 2007; Dewey, Freeman *et al.*, 2007; Dewland, Androne *et al.*, 2007). Além disso, alguns trabalhos mostram que a VFC de repouso está associada à aptidão aeróbia (VO_{2pico}) e a RFC ao treinamento aeróbio (Jensen-Urstad, Saltin *et al.*, 1997; Buchheit, Platat *et al.*, 2007). Buccheitt *et al.* (2006) avaliaram adultos ativos, de meia idade, com diferentes cargas de treinamento semanal e valores de VO_{2} pico e observaram que a aptidão aeróbia se relacionava com a VFC de repouso, mas não com a reativação vagal após esforço físico, que, por sua vez, estava diretamente relacionada à carga de treinamento aeróbio (Buchheit e Gindre, 2006). Também avaliando voluntários com aptidões aeróbias elevadas, Otsuki *et al.* (2007) observaram que tanto o treinamento aeróbio, quanto o resistido determinaram melhor reativação vagal após esforço físico submáximo (Otsuki, Maeda *et al.*, 2007). Hefferman *et al.* (2007) foram os primeiros a apresentarem um estudo longitudinal sobre os efeitos do treinamento resistido sobre a RFC. Neste estudo observou-se uma melhora na RFC, que não se refletia no aumento da VFC, mas que era acompanhada pelo aumento da complexidade da FC (Heffernan, Fahs *et al.*, 2007).

Neste estudo, considera-se a hipótese que VFC e RFC se comportam de forma independente e que, possivelmente, sejam determinadas por mecanismos autonômicos diferentes (Iwasaki, Zhang *et al.*, 2003; Buchheit e Gindre, 2006; Jae, Carnethon *et al.*, 2006; Buchheit, Papelier *et al.*, 2007). Se, por um lado, há um forte conjunto de evidências de que a VFC esteja associada à aptidão aeróbia (Javorka, Zila *et al.*, 2002; Buchheit, Platat *et al.*, 2007); por outro lado, apesar de haver algum consenso de que esteja associada à prática de atividade física (Javorka, Zila *et al.*, 2002; Buchheit, Platat *et al.*, 2007), não está ainda claro se exercícios aeróbios ou anaeróbios (resistidos) produzem o mesmo efeito acelerador sobre a RFC (Maciel, Gallo Junior *et al.*, 1985; Buchheit e Gindre, 2006). O presente estudo foi realizado com o objetivo de investigar a influência do treinamento físico e do tipo de atividade praticada (aeróbia ou anaeróbia) na modulação autonômica cardíaca observando o comportamento da VFC e da RFC. Para a realização do estudo, foram recrutados indivíduos jovens, não-atletas, com VO_{2pico} próximos à média populacional (Fletcher, Balady *et al.*, 1995; Fletcher, Balady *et al.*, 2001), divididos intencionalmente, em grupos com aptidão aeróbia semelhantes.

Método

Sujeitos

Participaram do estudo jovens, ativos e sedentários, não tabagistas, sem doença cardiovascular diagnosticada, sem o uso de medicação que pudesse influenciar a função cardiovascular e que, após a realização de teste cardiopulmonar máximo em cicloergômetro (TCP), apresentaram valores de VO_2 pico inferiores a 52 ml/kg/min (percentil 95) e superiores a 25 ml/kg/min (percentil 5) contemplando o objetivo de estudar jovens com níveis de aptidão aeróbia dentro da intervalo de confiança populacional (Fletcher, Balady *et al.*, 1995; Fletcher, Balady *et al.*, 2001), o que representou uma amostra de 52 voluntários. Foram excluídos do estudo candidatos que praticavam regularmente atividade física em cicloergômetro, assim como atletas. A exclusão de atletas foi baseada nas evidências de que um estado de overtraining pode gerar um efeito depressor na modulação vagal (Buchheit, Simon *et al.*, 2004). Antes da coleta dos dados, cada voluntário leu e assinou o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), elaborado a partir da Resolução 196/96 do Conselho Nacional de Saúde (ANEXO 61).

Os voluntários foram divididos, de acordo com o nível e tipo de atividade física identificados pelo questionário de Baecke (Baecke, Burema *et al.*, 1982; Philippaerts, Westerterp *et al.*, 1999, 2001) (ANEXO 63), em três grupos: sedentários (SE), praticantes de treinamento resistido (RT) e praticantes de treinamento aeróbio (AT). Durante a análise de RFC, foram excluídos 5 indivíduos cujos intervalos R-R apresentaram mais de 2% de erro. Assim, foram analisados os resultados de 47 voluntários do sexo masculino com Escore Bruto Esportivo (EBE) diferentes, mas com estilo de vida e VO_2 max semelhantes (Tabela 1).

Tabela 1. Dados antropométricos, nível de aptidão aeróbia, nível e atividade física da amostra (Média \pm Desvio padrão).

	Grupo			Total (N=47)
	SE (N=18)	RT (N=15)	AT (N=14)	
Idade (anos)	21,8 \pm 1,5	21,1 \pm 2,3	23,3 \pm 4,1	22,0 \pm 2,8
IMC (kg/m ²)	23,6 \pm 2,2	25,1 \pm 2,1	23,2 \pm 2,8	24,0 \pm 2,4
Gordura (%)	12,8 \pm 5,3	11,2 \pm 3,6	11,6 \pm 3,9	11,9 \pm 4,4
VO ₂ pico (ml/kg/min)	41,3 \pm 5,2	39,3 \pm 3,1	42,8 \pm 5,1	41,1 \pm 4,7
Escore ocupação+ lazer/locomoção	5,2 \pm 0,7	5,5 \pm 0,8	5,5 \pm 0,8	5,3 \pm 0,8
Escore bruto esportivo	0,0	4,8 \pm 2,4*	4,1 \pm 2,2*	2,7 \pm 2,8

* maior que sedentário ($p < 0,05$)

Protocolo Experimental

Eletrocardiograma de Repouso - Todas as medidas foram feitas durante uma única visita ao laboratório no período da manhã de 07:00 às 12:00 h. Cada voluntário foi submetido, inicialmente, à avaliação antropométrica e monitorização eletrocardiográfica de repouso por 5 minutos, com observação do traçado eletrocardiográfico nas 12 derivações padrão (monitor Miniscope II, Instramed), para verificar possíveis alterações do ritmo cardíaco em repouso. Nenhum voluntário apresentou evidências de arritmias cardíacas durante essa monitorização de repouso.

Classificação do nível de atividade física – Todos os voluntários responderam o questionário de atividade física habitual de Baecke (Baecke, Burema *et al.*, 1982; Philippaerts, Westerterp *et al.*, 1999, 2001). O questionário fornece o escore total do nível de atividade física do indivíduo nos últimos 3 meses. Para a composição dos grupos experimentais, considerou-se o EBE que compõe o escore de exercícios físicos considerando o volume, a intensidade e tipo de atividade física realizada. O questionário também foi usado para identificar entre os voluntários ativos, aqueles que realizavam treinamento exclusivamente aeróbio e aqueles com treinamento exclusivamente resistido.

Registro dos intervalos RR em repouso - Os voluntários foram orientados previamente a não realizar exercício físico e nem ingerir bebida alcoólica 48 horas antes da coleta, assim como a não consumir substância composta por cafeína ou estimulante. A ingestão de alimento deveria ser feita no máximo 2 horas antes do teste. No momento da coleta, cada voluntário permaneceu em repouso, na posição supina, por 15 minutos, em uma sala com temperatura aproximada de 21°C, quando então foram registrados os intervalos R-R pelo cardiofrequencímetro Polar S810i

(Polar® Electro Ltd, Kempele, Finlândia) com frequência de registro de 1000 Hz, sem o controle da frequência respiratória (FR). Solicitou-se que os voluntários permanecessem em repouso e em silêncio realizando respirações espontâneas, já que a FR normal não resulta em diferença significativa nos índices da VFC coletados com o controle da respiração (Penttila, Helminen *et al.*, 2001). Foi feito o registro da frequência respiratória no último minuto de cada 5 minutos do tempo de registro para posterior identificação da variação da FR dos voluntários. A média da FR dos voluntários estava dentro da faixa normalidade (12 - 17 respirações por minuto).

Teste cardiopulmonar máximo - Após a avaliação de repouso, cada voluntário foi submetido ao teste cardiopulmonar máximo em cicloergômetro (Ergo-fit modelo 167 Cycle). O protocolo do teste foi composto por estágios com duração de 1 minuto, com carga inicial de 25 W e acréscimo também de 25 W. Cada voluntário foi orientado a manter de 50 a 60 rpm até atingir o esforço físico máximo. Antes do início do teste, sem aquecimento prévio, o voluntário permanecia sentado no cicloergômetro por 3 minutos, quando então se iniciava a captação direta dos gases expirados com registros a cada 20 segundos, pelo analisador metabólico VO2000 (Ibrasport, Micromed). O equipamento foi calibrado previamente de acordo com as instruções do fabricante. O teste foi considerado máximo quando três dos seguintes critérios foram atingidos: incapacidade de manter 50 a 60 rpm; percepção do esforço de 18 a 20 (Borg 6-20); quociente respiratório > 1,1; FC de 95% do valor máximo previsto para sua idade.

Recuperação da frequência cardíaca (RFC) – Os intervalos R-R durante todo o TCP e nos 5 primeiros minutos após a interrupção do teste foram registrados pelo cardiofrequencímetro Polar S810i (Polar® Electro Ltd, Kempele, Finlândia). Para evitar a influência da mudança postural na FC de recuperação, os voluntários permaneceram sentados durante todo o período de recuperação no cicloergômetro. Para identificar a taxa de RFC, foram utilizados os seguintes índices: D_{60s} - diferença da FC obtida ao final do TCP (FC_{pico}) e após 60 segundos (FC_{60s}) de recuperação passiva (Cole, Blackstone *et al.*, 1999; Buchheit e Gindre, 2006); τ - constante de tempo da função exponencial negativa, calculada pelo software Matlab (Mathworks®, Massachusetts, EUA), baseada na equação ($FC = FC_o + D_{300s}e^{(-t/\tau)}$), onde FC = frequência cardíaca; FC_o = frequência cardíaca final; D_{300s} = FC pico – FC final; t = tempo e τ = constante de tempo (Savin, Davidson *et al.*, 1982; Imai, Sato *et al.*, 1994; Pierpont, Stolpman *et al.*, 2000; Kannankeril, Le *et al.*, 2004; Buchheit e Gindre,

2006) e T30 - que representa a recíproca negativa da inclinação da reta de regressão dos logaritmos naturais da FC correspondente a cada intervalo R-R do décimo ao quadragésimo segundo de recuperação (Imai, Sato *et al.*, 1994).

Variabilidade da frequência cardíaca de repouso e recuperação - Os registros dos intervalos RR foram transmitidos por uma interface para o computador, inspecionados e filtrados posteriormente pelas interpolações do Software Polar Precision Performance SW ®, que permite filtragem automática dos dados, seguida de correção dos artefatos identificados mantendo o mesmo coeficiente diferencial, usualmente de 2 a 4 intervalos adjacentes. Os dados filtrados foram exportados como arquivo .txt e analisados usando o software *Advanced Heart Rate Variability Analysis* (Biomedical Signal Analysis Group, University of Kuopio, Finland). A análise da potência espectral foi feita no registro dos últimos 5 minutos de repouso a partir de um algoritmo não-paramétrico baseado na transformada rápida de Fourier, após remoção de tendência smooth prior e reamostragem dos dados a 4 Hz. A partir do espectro de potência foi estimado a potência das baixas frequências correspondente a LF de 0,04-0,15 Hz e a potência das altas frequências correspondente a HF >0,15-0,50 Hz. Na análise no domínio do tempo foram utilizados os índices de SDNN (desvio padrão dos INN), RMSSD (raiz quadrada da média da diferença entre INN consecutivos), pNN50 (Porcentagem dos INN nos quais as diferenças sucessivas entre eles são maiores do que 50 ms). Também foi analisado o valor de SD1 que utiliza a plotagem de Poicaré na análise de dados não lineares (Heart rate variability. Standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use. Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology, 1996). Para cálculo da VFC na recuperação, foi usado RMSSD, calculado a cada intervalo de 30 segundos, durante os 5 minutos de registro da recuperação (RMSSD30) (Goldberger, Le *et al.*, 2006).

Tratamento estatístico - Os resultados foram apresentados como média e desvio-padrão. A normalidade distribuição de cada variável foi identificada pelo teste de normalidade Kolmogorov-Smirnov. Após a estatística descritiva dos dados, a relação entre o EBE e a aptidão aeróbia dos voluntários com os índices da VFC de repouso e de recuperação da FC foram analisadas a partir da correlação de Pearson. Para testar a diferença entre os grupos quanto aos índices de VFC e RFC foi usada a Anova one-way com o teste *post hoc* de Tukey ($p < 0,05$). A estatística foi feita usando o programa StatSoft, Inc. (2001) STATISTICA (data analysis software

system), version 6

Resultados

Nível e tipo de atividade física e VFC e RFC

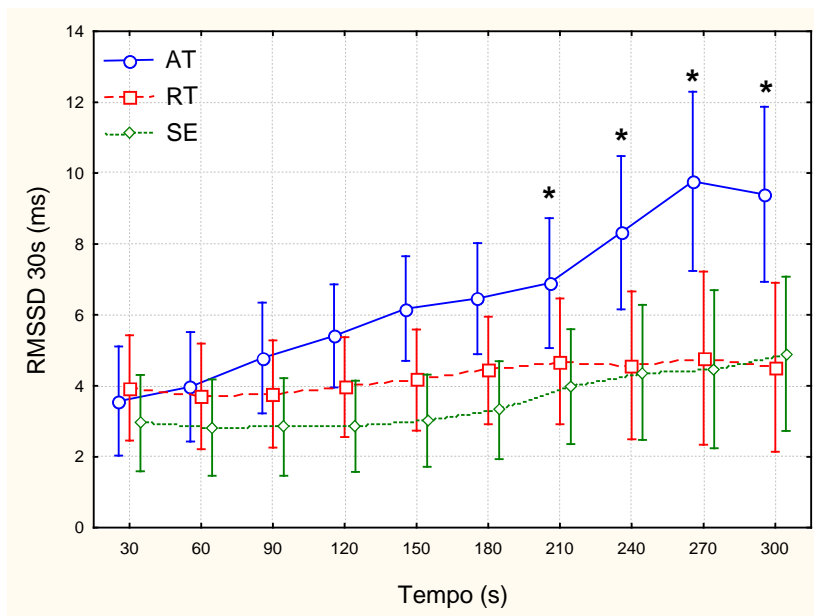
A Tabela 2 apresenta os índices VFC e de RFC de cada grupo. Não houve diferença entre os grupos em nenhum dos índices VFC. Durante o exercício, os sujeitos atingiram a FC_{pico} de $189,6 \pm 11,4$ bpm. A redução no primeiro minuto foi de $35,2 \pm 7,4$ bpm. A FC não retornou aos valores iniciais de repouso dos voluntários até o quinto minuto ($108,9 \pm 14,0$ bpm). O grupo AT apresentou tendência a menores valores da FC_{pico} ($p=0,11$), além de apresentar FC significativamente menor no quinto minuto de recuperação ($p<0,05$). Os voluntários do grupo SE apresentaram uma FC maior no primeiro minuto de recuperação do que os voluntários ativos. Tanto o grupo RT, quanto o grupo AT apresentaram maiores D_{60s} ($p=0,002$) e menores τ ($p=0,046$). Não houve diferença significativa no T30.

Tabela 2. Índices autonômicos de repouso e recuperação, por nível e tipo de atividade física (média ± DP).

	Grupo			P	Total (N=47)
	SE (N=18)	RT (N=15)	AT (N=14)		
Repouso					
FC _{repouso} (bpm)	65,1±12,3	64,0±11,3	61,0±10,2	0,58	63,5±11,3
SDNN (ms)	64,1±21,6	60,3±28,8	62,0±26,4	0,91	62,3±25,0
SD1 (ms)	49,6±21,6	48,6±28,0	48,3±23,2	0,99	48,9±23,8
RMSSD (ms)	69,4±30,3	68,0±39,4	67,7±32,6	0,98	68,4±33,4
pNN50 (%)	38,1±20,3	33,9±22,8	36,9±18,1	0,84	36,4±20,2
LF, ln; ms ² /Hz	6,6±0,8	6,5±1,0	6,4±1,1	0,82	6,5±0,9
HF, ln; ms ² /Hz	6,7±0,8	6,5±1,2	6,4±0,9	0,73	6,5±0,9
HF/(LF+HF)	0,5±0,2	0,5±0,1	0,5±0,2	0,98	0,5±0,2
Recuperação					
FC _{pico} (bpm)	193,3±9,8	189,6±11,4	184,8±12,2	0,11	189,6±11,4
FC _{60s} (bpm)	162,5±8,2*	152,7±13,4	145,6±12,3	<0,00	154,4±13,1
D _{60s} (bpm)	30,7±5,5*	36,9±6,5	39,2±7,8	0,001	35,2±7,4
τ (s)	118,4±29,8*	99,6±27,4	94,9±25,2	0,04	105,4±29,1
T30 (s)	388,9±148,2	410,8±191,7	371,9±215,2	0,85	390,8±180,7
FC 300 s (bpm)	113,5±14,3	110,1±12,2	101,8±13,5*	0,05	108,9±14,0

* Diferença significativa (p<0,05) em relação aos outros grupos

A Figura 1 ilustra o comportamento do RMSSD30 e mostra que o tipo de atividade física influenciou o comportamento da VFC de recuperação. A partir dos 210 s de recuperação, o grupo AT mostrou reativação vagal, demonstrada pelo aumento significativo do RMSSD30 em relação aos valores observados imediatamente após o término do exercício.



* Diferença significativa ($p < 0,05$) em relação ao intervalo de 0-30 segundos.

Figura 1. Variabilidade da frequência cardíaca (média e desvio padrão) a cada 30 s de recuperação (RMSSD30).

Não houve nenhuma correlação entre o nível de atividade física e os índices vagais da VFC de repouso [SD1, RMSSD, pNN50] como observado na Tabela 3. Porém, quando se correlacionou o EBE com os índices de recuperação da FC [D_{60s} e o τ], bem como a FC_{pico} e a FC_{60s} , a correlação foi significativa ($p < 0,05$). O único índice de recuperação que não se correlacionou com o treinamento físico sistematizado foi o T30.

Tabela 3. Correlação entre aptidão aeróbia e o nível de treinamento físico dos voluntários com os índices vagais da VFC de repouso e os índices de recuperação da frequência cardíaca.

	Escore bruto esportivo	VO ₂ pico
Repouso		
FC repouso (bpm)	-0,08	0,17
SDNN (ms)	-0,05	-0,11
SD1 (ms)	0,02	-0,17
RMSSD (ms)	0,03	-0,17
pNN50 (%)	-0,02	-0,18
LF, ln; ms ² /Hz	-0,16	0,03
HF, ln ms ² /Hz	-0,02	-0,17
HF/(LF+HF)	0,19	-0,25
Recuperação		
FC _{pico} (bpm)	-0,39*	0,36*
FC _{60s} (bpm)	-0,57*	0,15
FC _{300s} (s)	-0,24	-0,29*
D _{60s} (bpm)	0,41*	0,29*
T _(s) (s)	-0,42*	0,18
T30 (s)	-0,14	0,20

* p < 0,05

Relação entre os índices de VFC de repouso e RFC

A Tabela 4 mostra a falta de correlação entre os índices vagais da VFC de repouso [SDNN, SD1, RMSSD e pNN50] e os índices de recuperação da FC [D_{60s}, τ e T30]. Contudo, os índices que refletem o comportamento rápido e lento da recuperação da FC [D_{60s}, T30 e τ] se correlacionaram. Da mesma forma, os índices frequentemente usados para avaliar o componente vagal na VFC (SDNN, SD1, RMSSD e pNN50) foram correlacionados de forma moderada. A FC pico teve correlação com o índice que reflete principalmente à reativação vagal [T30].

Quando se correlacionaram os índices vagais da VFC de repouso com os valores de RMSSD a cada 30s da recuperação, nenhuma correlação foi encontrada.

Tabela 4. Correlação entre os índices vagais da VFC no repouso na recuperação.

	Recuperação					Repouso							
	FC _{pico} Bpm	FC _{60s} bpm	D _{60s} bpm	T _s s	T30 s	SDNN ms	SD1 ms	RMSSD ms	pNN50 %	LF, ln; ms ² /Hz	HF, ln; ms ² /Hz	HF/(LF+HF)	
Recuperação													
FC _{pico}	1												
FC _{60s}	0,83*	1											
D _{60s}	0,07	-0,50*	1										
T _s	0,27	0,54*	-0,54*	1									
T30 _s	0,39*	0,46*	-0,22	0,38*	1								
Repouso													
FC _{repouso}	0,43*	0,34*	0,06	-0,13	0,01								
SDNN	-0,21	-0,04	-0,25	0,21	0,15	1							
SD1	-0,26	-0,09	-0,24	0,21	0,13	0,96*	1						
RMSSD	-0,26	-0,09	-0,24	0,21	0,13	0,92*	1,0*	1					
pNN50%	-0,32*	-0,17	-0,20	0,15	0,13	0,84*	0,92*	0,92*	1				
LF, ln; ms ² /Hz	-0,07	0,04	-0,19	0,19	0,19	0,82*	0,63*	0,63*	0,61*	1			
HF, ln; ms ² /Hz	-0,19	-0,07	-0,16	0,11	0,07	0,89*	0,88	0,89*	0,86*	0,68*	1		
HF/(LF+HF)	-0,14	-0,15	0,04	-0,09	-0,16	0,07	0,30*	0,30*	0,29	-0,42*	0,39*	1	

* correlação significativa ($p < 0,05$).

Discussão

Considerando que a modulação vagal sofre influência da idade (Darr, Bassett *et al.*, 1988; Kuo, Lin *et al.*, 1999), da porcentagem de gordura (Christou, Jones *et al.*, 2004) e da aptidão aeróbia (Buchheit e Gindre, 2006), o presente estudo avaliou jovens saudáveis e com mesmo nível de aptidão aeróbia, sendo a principal diferença entre eles o nível e tipo de treinamento físico realizado. Os principais achados foram: a) Independente do tipo de treinamento físico, os voluntários ativos apresentaram melhor recuperação da frequência cardíaca do que os sedentários; b) Embora os voluntários ativos tenham apresentado comportamento semelhante da RFC nos instantes iniciais da recuperação, apenas aqueles do grupo AT apresentaram diferença significativa na reativação vagal medida pelo RMSSD30 no período mais tardio da recuperação da FC; c) Não houve correlação entre os índices vagais da VFC de repouso e recuperação e os índices da RFC.

Treinamento físico e a modulação vagal

Os benefícios do treinamento físico com a conseqüente redução do risco cardiovascular já foram extensamente estudados (Billman, 2002; Iwasaki, Zhang *et al.*, 2003; Green, O'driscoll *et al.*, 2008). Porém, resultados controversos ainda são encontrados quando se consideram as adaptações autonômicas cardíacas advindas do volume e tipo de treinamento realizado. No presente estudo, analisou-se a influência do nível e tipo de treinamento físico na modulação autonômica de repouso e recuperação numa população jovem e com níveis de aptidão aeróbia próximos à média populacional (Fletcher, Balady *et al.*, 1995; Fletcher, Balady *et al.*, 2001).

O processo de recuperação da FC envolve mecanismos ainda pouco conhecidos (Savin, Davidson *et al.*, 1982). Na busca de se esclarecer a contribuição autonômica nessa recuperação, surgiram alguns índices que usualmente procuram identificar o desempenho vagal nesse processo (Cole, Blackstone *et al.*, 1999; Pierpont, Stolpman *et al.*, 2000; Green, O'driscoll *et al.*, 2008). Em concordância com achados anteriores, que sugerem que a cinética da RFC parece refletir melhor as adaptações autonômicas ao treinamento (Hagberg, Hickson *et al.*, 1980; Darr, Bassett *et al.*, 1988; Imai, Sato *et al.*, 1994; Buchheit e Gindre, 2006), o presente estudo observou melhor RFC nos voluntários ativos a partir da análise de dois índices freqüentemente usados, o D60s e τ ($p=0,0018$ para o D60s; $p=0,04$ para o τ). Tal achado não foi observado quando o índice considerado foi o T30 que considera

os instantes iniciais da recuperação, o que também já ocorreu em outro estudo cujo protocolo de teste também levou os voluntários a exaustão (Buchheit, Laursen *et al.*, 2007). Protocolos de teste máximo, como o usado no presente estudo, parecem determinar atividade simpática mais prolongada, acompanhada por maior acúmulo de metabólitos (ácido láctico, H⁺, K⁺, etc.) (Pierpont, Stolpman *et al.*, 2000; Buchheit, Laursen *et al.*, 2007).

Alguns estudos se destinaram a observar os efeitos do treinamento aeróbio na modulação autonômica cardíaca e observaram que o mesmo é capaz de promover aumento do tônus vagal com redução da atividade simpática (Maciel, Gallo Junior *et al.*, 1985; Levy, Cerqueira *et al.*, 1998; Billman, 2002). Melhora na modulação vagal também já foi observada após o treinamento resistido (Otsuki, Maeda *et al.*, 2007). Em nosso estudo, observamos que, tanto o treinamento aeróbio quanto o resistido realizado pelos voluntários, foram capazes de promover melhor RFC, refletindo de certa maneira melhor modulação autonômica após esforço físico máximo. Tal resultado confirma o achado de Otsuki et al (2007) que observaram rápida reativação vagal e/ou rápida retirada simpática em consequência tanto do treinamento resistido quanto do aeróbio em atletas, após esforço físico submáximo, porém, a partir da análise do T30. Nesse estudo, os autores sugerem que os dois tipos de treinamento acelerem a atividade dos barorreceptores arteriais e o comando central na recuperação após o exercício (Otsuki, Maeda *et al.*, 2007).

Embora a cinética de recuperação da frequência cardíaca tenha sido semelhante nos instantes iniciais entre os grupos com treinamentos distintos, foi evidente que, a partir de 210s de recuperação, apenas o grupo com treinamento aeróbio apresentou reativação vagal, refletindo em uma FC menor no quinto minuto de recuperação com vantagem autonômica em relação àqueles com treinamento resistido. Para entender melhor a reativação vagal nos três grupos, é importante considerar que a reduzida VFC nos instantes iniciais da recuperação demonstra atraso na reativação vagal medida pelo RMSSD, já evidenciado em outros estudos que também utilizaram protocolos de esforço físico máximo (Javorka, Zila *et al.*, 2002; Parekh e Lee, 2005; Heffernan, Kelly *et al.*, 2006; Buchheit, Laursen *et al.*, 2007). Para Buccheit et al (2007)(Buchheit, Laursen *et al.*, 2007) e Perini et al (1993)(Perini, Orizio *et al.*, 1993), tal atraso resulta da participação do metabolismo anaeróbio, desencadeada por protocolos máximos com a produção de elevados níveis de catecolaminas e intensa atividade simpática. Sendo assim, embora os três

grupos tenham apresentado tal atraso, o que resultou em baixos valores no RMSSD30, apenas o grupo de treinamento aeróbio foi capaz de demonstrar reativação vagal após 210 segundos de recuperação. Isso sugere que o grupo AT pode ter vantagens na remoção das substâncias resultantes do estresse metabólico (ácido láctico, H^+ , K^+ , etc.) que uma vez presentes em altas concentrações acabam retardando a reativação vagal (Javorka, Zila *et al.*, 2002; Buchheit, Laursen *et al.*, 2007).

A recuperação passiva da FC após atividade física envolve outros mecanismos como a cessação dos estímulos comando central determinado pelo córtex cerebral (Carter, Watenpaugh *et al.*, 1999), a ação dos barorreceptores, a regulação do calor interno e a eliminação das catecolaminas produzidas (Savin, Davidson *et al.*, 1982; Perini, Orizio *et al.*, 1989; Carter, Watenpaugh *et al.*, 1999). Porém, a reativação vagal é indicada como principal mecanismo na cinética de RFC (Imai, Sato *et al.*, 1994; Carter, Watenpaugh *et al.*, 1999). Considerando os resultados encontrados, podemos sugerir que o treinamento resistido também foi capaz de determinar melhor RFC após esforço físico máximo. No entanto, foi evidente que os voluntários que realizavam apenas treinamento aeróbio apresentaram uma vantagem na reativação vagal em relação ao que realizam apenas treinamento resistido, medida pelo RMSSD30. Essa vantagem só foi observada a partir de 210 segundos de recuperação e pode representar melhor eficácia metabólica.

Índices vagais da VFC de repouso e recuperação e a relação com a RFC

Embora índices de repouso como SDNN, RMSSD e pNN50 e índices de RFC como D60s, T30 e τ sejam usados como indicadores da modulação vagal cardíaca, quando correlacionados no presente estudo, não guardaram relação. Também não se observou correlação entre os índices vagais da VFC de repouso [SDNN, RMSSD e pNN50] e recuperação [RMSSD30]. Considerando que a modulação vagal representa as flutuações fásicas da atividade eferente vagal e que o tônus vagal cardíaco represente a atividade colinérgica associada à ação dos receptores no nó sinusal, há evidências que a VFC se relacione com a primeira, enquanto que a RFC seja um índice importante de representação do tônus vagal (Buchheit e Gindre, 2006; Buchheit, Papelier *et al.*, 2007). Nossos achados confirmam estudos anteriores de que o treinamento físico é mais eficaz na melhora do tônus vagal do que na modulação parassimpática (Heffernan, Fahs *et al.*, 2007), já que independente do

nível e tipo de treinamento, os voluntários não apresentaram diferença na análise linear da VFC de repouso e recuperação, mas apresentaram uma cinética diferente da RFC.

Nossos resultados não mostraram diferença no comportamento dos índices da VFC de repouso dos voluntários, embora tenha sido evidente a rápida RFC dos voluntários ativos, além do aumento mais rápido do RMSSD nos voluntários submetidos ao treinamento aeróbio. Outro estudo também apresentou resultados que evidenciaram comportamento diferente nos índices da VFC no domínio do tempo e da frequência durante o repouso e o período de recuperação de voluntários após teste de esforço máximo (Dewey, Freeman *et al.*, 2007), para estes pesquisadores os melhores preditores de mortalidade foi a RFC e o componente espectral de HF no período de recuperação. Baseado nos resultados do presente estudo, podemos sugerir que o comportamento vagal de repouso não se relaciona nem com a reativação vagal medida pela VFC e nem com os índices mais utilizados da RFC.

Limitações do Estudo

A intensidade do esforço físico realizado determina as respostas neurais e hemodinâmicas do período de recuperação. Nosso estudo analisou o comportamento autonômico após um teste cardiopulmonar máximo. Assim, intensidades leves a moderadas de esforço físico podem resultar em respostas diferentes da modulação autonômica de recuperação das encontradas. Apesar do questionário de Baecke ser validado (Philippaerts, Westerterp *et al.*, 1999, 2001), o uso do acelerômetro, expressaria melhor o nível de atividade física dos voluntários. Um estudo longitudinal seria a melhor forma de confirmarmos os resultados obtidos já que refletiria melhor as adaptações autonômicas cardíacas dos voluntários após treinamento físico sistematizado.

Conclusão

Em conclusão, encontramos que, no início da recuperação após esforço físico máximo, tanto os praticantes de treinamento aeróbio, quanto os de treinamento resistido apresentaram melhor RFC do que sedentários. Apenas os praticantes do treinamento aeróbio apresentaram melhor reativação vagal medida pelo RMSSD30. Além disso, nem a queda da FC durante o período de recuperação, nem o RMSSD30 se relacionaram com os índices vagais da VFC de repouso.

3. ESTUDO II

Influência do nível das atividades laborais e de lazer no comportamento autonômico cardíaco de repouso e recuperação de jovens saudáveis.

Resumo

A modulação autonômica cardíaca representada pelo equilíbrio simpaticovagal é importante para adequar a atividade cardíaca às diferentes necessidades impostas pelo meio externo. Nos últimos anos observa-se um grande interesse dos pesquisadores em entender melhor os mecanismos complexos que envolvem essa modulação, bem como os fatores que a influenciam. A avaliação dessa modulação frequentemente é feita a partir da análise dos índices da variabilidade da frequência cardíaca (VFC) e da taxa de recuperação da frequência cardíaca (RFC). Sugere-se que tais índices forneçam informações diferentes, mas complementares da modulação autonômica cardíaca. A prescrição ideal de atividades físicas capazes de promover adaptações tanto na condição física do indivíduo quanto na sua modulação autonômica, aumentando o efeito cardioprotetor vagal ainda não foi totalmente estabelecida e muitos aspectos ainda precisam ser melhor esclarecidos. Sendo assim, embora haja evidências que um estilo de vida menos ativo contribua para um desequilíbrio na modulação autonômica cardíaca com aumento da atividade simpática tanto durante o repouso quanto durante o exercício, e que tal condição possa ser revertida com a adoção de um programa de exercícios, pouco se conhece sobre a influência das atividades laborais e de lazer nessa modulação. O objetivo deste estudo foi investigar a influência das atividades laborais e de lazer na modulação autonômica cardíaca de repouso e recuperação de jovens que embora não realizassem treinamento físico sistematizado, apresentassem escore diferente no nível de atividade física determinado pelas atividades desenvolvidas no trabalho e durante o lazer. 20 jovens saudáveis foram divididos em dois grupos de acordo com escore de atividade física de Baecke (EBT): 10 menos ativos com $22,8 \pm 1,9$ anos ($EBT = 6,62 \pm 0,78$) e 10 mais ativos com $22,3 \pm 2,2$ anos ($EBT = 9,04 \pm 0,41$). Os registros do intervalos R-R dos voluntários foram coletados sob a condição de repouso na posição supina por 15 minutos, a seguir durante o teste cardiopulmonar máximo e por 5 minutos do período de recuperação após o teste. A VFC foi analisada no domínio do tempo e da frequência durante os últimos 5 minutos da coleta de repouso e a partir do índice RMSDD30 no período de recuperação. Os índices da taxa de RFC utilizados foram o D60s, τ e T30. O principal achado mostra que não houve diferença significativa entre os dois grupos em nenhum dos índices no domínio do tempo e da frequência da VFC, assim como nos índices de RFC. Em conclusão, sugere-se que apenas atividades laborais e de lazer parecem não ter promovido efeitos significativos na modulação autonômica cardíaca dos jovens estudados. Nesse sentido, reforça-se a necessidade de um treinamento físico regular para promover adaptações autonômicas cardíacas.

Palavras-chave: modulação autonômica cardíaca, atividade física ocupacional, variabilidade da frequência cardíaca, recuperação da frequência cardíaca.

ABSTRACT

The cardiac autonomic modulation represented by sympathovagal balance is important in order to suit the cardiac activity to the several needs imposed by the environment. In the last years, there has been great interest by researchers in understanding better the complex mechanisms such modulation involves, as well as factors influencing it. Assessment of such modulation is usually performed through the analysis of Heart Rate Variability (HRV) and Heart Rate Recovery (HRR) indices. It is claimed that those indices provide different but complementary information concerning cardiac autonomic modulation. The ideal prescription of physical activities which could promote adaptations of both the individual's physical condition and her autonomic modulation – enhancing its vagal cardioprotective effect – has not yet been established, and many of its aspects are to be better clarified. Thus, though there is evidence showing less active lifestyles contribute to an imbalance in the cardiac autonomic modulation – with an increase of the sympathetic activity both during rest and during the exercise – and though such condition can be reverted through the adoption of an exercise program, little is known about the influence of labor and leisure activities on such modulation. This study aimed at investigating the influence of the level of labor and leisure activities on rest and recovery cardiac autonomic modulation of youngsters who, although did not engage in systematized physical training activities, presented different scores of labor and leisure activities, determined by the physical activities carried out at work and at leisure time. Twenty men were divided into two groups according to Escore Total Baecke (ETB): 10 less active subjects, presenting an average age of 22.8 ± 1.9 years ($RTS = 6.62 \pm 0.78$), and 10 more active subjects, with ages around 22.3 ± 2.2 ($RTS = 9.04 \pm 0.41$) years. The INN intervals records were obtained during rest in the supine position for 15 minutes, along all the period in which the maximum cardiopulmonary test in cycle ergometer was carried out, and for 5 minutes of recovery after the latter test. HRV was analyzed in the domains of both time and frequency during the last five minutes of collection during rest and through the RMSDD30 index during recovery. The indices of HRR used were D60s, τ and T30. The main finding shows there were no significant differences between the two groups in the HRV and HRR indices in the domains of time and frequency. In summary, it is claimed that labor and leisure activities alone seem not to have caused significant effects to the autonomic cardiac modulation of the young men studied. Hence, the need for regular physical training is reinforced in order to promote cardiac autonomic adaptations.

Keywords: cardiac autonomic modulation, labor physical activity, heart rate variability, heart rate recovery.

Introdução

A modulação autonômica cardíaca representada pelo equilíbrio simpaticovagal é importante na realização de ajustes necessários frente às demandas impostas ao sistema cardiovascular (Blomqvist e Saltin, 1983; Rosenwinkel, Bloomfield *et al.*, 2001). Ao sistema vagal se atribui um efeito cardioprotetor capaz de reduzir o risco de morbi-mortalidade (Cole, Blackstone *et al.*, 1999; Cole, Foody *et al.*, 2000; Billman, 2002; Cheng, Lauer *et al.*, 2003), sendo de interesse, portanto, o conhecimento dos mecanismos complexos que envolvem a modulação das alças autonômicas sobre o coração e dos fatores que influenciam essa modulação. Comumente, se avalia o comportamento autonômico cardíaco a partir da análise da variabilidade da frequência cardíaca (VFC) e da taxa de recuperação da frequência cardíaca (RFC). Há evidências de que a VFC represente as flutuações da atividade eferente vagal sobre o nó sinusal, enquanto que a taxa de RFC seja um índice capaz de refletir melhor o tônus vagal cardíaco, ou seja, a ação efetiva da acetilcolina e dos receptores muscarínicos sobre o nó sinusal (Buchheit e Gindre, 2006; Buchheit, Papelier *et al.*, 2007). Sugere-se que tais índices forneçam informações diferentes, mas complementares da modulação autonômica cardíaca (Javorka, Zila *et al.*, 2003; Buchheit, Papelier *et al.*, 2007).

Sugere-se, também, que um estilo de vida fisicamente mais ativo reduza o declínio na capacidade aeróbia que ocorre com o envelhecimento (Dehn e Bruce, 1972; Heath, Hagberg *et al.*, 1981), sendo também conhecidos outros benefícios da prática regular de atividades física, principalmente aeróbia (Iwasaki, Zhang *et al.*, 2003), o que permite sua indicação como tratamento não-farmacológico nas doenças cardiovasculares (Goldsmith, Bigger *et al.*, 1992). Acredita-se que um estado de bradicardia ao repouso observado em atletas possa decorrer da redução da atividade simpática sobre o coração concomitantemente acompanhada pelo aumento da atividade vagal e que isso decorra do treinamento físico (Blomqvist e Saltin, 1983; Dixon, Kamath *et al.*, 1992; Furlan, Piazza *et al.*, 1993). Yamamoto *et al.* (2001) observaram que o treinamento aeróbio é capaz de promover mudanças na modulação autonômica cardíaca com reflexo no comportamento da FC de repouso e recuperação (Yamamoto, Miyachi *et al.*, 2001). Muitas dúvidas ainda existem sobre a prescrição de um programa de atividade física capaz de promover adaptações tanto na condição física do indivíduo quanto na sua modulação autonômica capaz de

gerar aumento no efeito cardioprotetor vagal. Para tanto é necessário o conhecimento do tipo, intensidade, duração e frequência de atividades que permitiriam tais adaptações. Segundo posicionamento da *American Heart Association*, a prescrição da atividade física deve considerar a aptidão física do indivíduo, sendo ideal uma frequência diária de exercícios, com intensidade moderada a intensa, e duração igual ou superior a 30 minutos (Pearson, Blair *et al.*, 2002).

Raczak *et al.* (2005) observaram em sedentários que, mesmos os exercícios de intensidade leve eram capazes de promover alterações na modulação autonômica cardíaca (Raczak, Pinna *et al.*, 2005). Sendo assim, embora haja evidências que um estilo de vida menos ativo contribua para um desequilíbrio na modulação autonômica cardíaca com aumento da atividade simpática tanto durante o repouso quanto durante o exercício (Dixon, Kamath *et al.*, 1992; Gregoire, Tuck *et al.*, 1996; Yataco, Fleisher *et al.*, 1997; Tulppo, Makikallio *et al.*, 1998; Almeida, 2003), e que tal condição possa ser revertida com a adoção de um programa de exercícios, pouco se conhece sobre a influência das atividades laborais e de lazer nessa modulação.

O presente estudo foi realizado com o objetivo de investigar a influência das atividades laborais e de lazer na modulação autonômica cardíaca de repouso e recuperação de jovens que embora não realizassem treinamento físico sistematizado, apresentassem escore diferente no nível de atividade física determinado pelas atividades desenvolvidas no trabalho e durante o lazer.

Método

Sujeitos

O tamanho da amostra foi calculado pelo software Statsoft, Inc. (2001) STATISTICA (data analysis software system), version 6. Para obter resultados estatisticamente significativos considerando o escore total (EBT) de atividade física obtido pelo questionário de Baecke (Baecke, Burema *et al.*, 1982) ($p= 0,05$ e um poder de 90% com intervalo de confiança de 5%), a análise revelou a necessidade de um tamanho amostral de oito sujeitos para a divisão em dois grupos considerando o nível de atividade física a partir do questionário de Baecke (Baecke, Burema *et al.*, 1982; Philippaerts, Westerterp *et al.*, 1999, 2001). Sendo assim, foram recrutados para o estudo 27 jovens sedentários, não tabagistas, sem doença cardiovascular diagnosticada e sem o uso de medicação que pudesse influenciar a

função cardiovascular. O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em pesquisa da Universidade Federal de Juiz de Fora, processo nº 1230.276.2007. Antes da coleta dos dados, cada voluntário leu e assinou o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), elaborado a partir da Resolução 196/96 do Conselho Nacional de Saúde.

Considerando que todos os voluntários não praticavam atividade física sistematizada, a divisão dos grupos foi feita a partir do EBT obtido no questionário de Baecke (Baecke, Burema *et al.*, 1982) respondido pelos voluntários. O questionário fornece o escore total do nível de atividade física do indivíduo nos últimos 3 meses considerando o volume, a intensidade e tipo de atividade física realizada, além de dois outros escores que considera as atividades realizadas durante o trabalho ou principal ocupação (EBO) e o lazer/locomoção (EBLL). Sendo assim, os voluntários que obtiveram um EBT igual e/ou inferior a 7,5 participaram do grupo dos menos ativos (n=10) e aqueles cujo escore foi igual e/ou superior a 8,5 (n=10) participaram do grupo dos mais ativos. Os voluntários que apresentaram EBT intermediário (entre 7,6 e 8,4) foram excluídos (n=7). A Tabela 1 apresenta a caracterização dos voluntários de acordo com os dois grupos.

Tabela 1. Dados antropométricos, nível de aptidão aeróbia, nível e atividade física da amostra (Média ± Desvio padrão).

	Menos ativo (n=10)		Mais ativo (n=10)		Total (n=20)	
	Média	DP	Média	DP	Média	DP
Idade (anos)	22,8	1,9	22,3	2,2	22,5	2,0
IMC (Kg/m ²)	24,2	3,3	24,4	1,6	24,3	2,5
Gordura Corporal (%)	13,3	5,9	14,4	4,7	13,8	5,2
Escore Baecke ocupacional (EBO)	2,4	0,5	2,9*	0,4	2,7	0,5
Escore Baecke lazer/locomoção (EBLL)	2,0	0,3	3,1*	0,4	2,6	0,6
Escore Baecke Total (EBT)	6,6	0,8	9,0*	0,4	7,8	1,4
VO ₂ pico (ml/Kg/min)	39,4	5,5	37,5	9,4	38,5	7,6
FC _{pico} (bpm)	194,1	10,9	187,5	11,6	190,8	11,5

* *Diferença significativa entre os grupos (p<0,05)*

Protocolo Experimental

Eletrocardiograma de Repouso - Todas as medidas foram feitas durante uma única visita ao laboratório no período da manhã de 07:00 às 12:00 h. Cada voluntário foi submetido, inicialmente, à avaliação antropométrica e monitorização eletrocardiográfica de repouso por 5 minutos, com observação do traçado eletrocardiográfico nas 12 derivações padrão (monitor Miniscope II, Instramed), para

verificar possíveis alterações do ritmo cardíaco em repouso. Nenhum voluntário apresentou evidências de arritmias cardíacas durante essa monitorização de repouso.

Registro dos intervalos RR em repouso - Os voluntários foram orientados previamente a não realizar exercício físico e nem ingerir bebida alcoólica 48 horas antes da coleta, assim como a não consumir substância composta por cafeína ou estimulante. A ingestão de alimento deveria ser feita no máximo 2 horas antes da coleta. Após responderem o questionário de Baecke, cada voluntário permaneceu em repouso, na posição supina, por 15 minutos, em uma sala com temperatura aproximada de 21°C, quando então foram registrados os intervalos R-R pelo cardiofrequencímetro Polar S810i (Polar® Electro Ltd, Kempele, Finlândia) com frequência de registro de 1000 Hz, sem o controle da frequência respiratória (FR). Solicitou-se que os voluntários permanecessem em repouso e em silêncio realizando respirações espontâneas, já que a FR normal não resulta em diferença significativa nos índices da VFC coletados com o controle da respiração (Penttila, Helminen *et al.*, 2001). Foi feito o registro da frequência respiratória no último minuto de cada 5 minutos do tempo de registro para posterior identificação da variação da FR dos voluntários. A média da FR dos voluntários estava dentro da faixa normalidade (12 - 17 respirações por minuto).

Teste cardiopulmonar máximo - Após a avaliação de repouso, cada voluntário foi submetido ao teste cardiopulmonar máximo em cicloergômetro (Ergo-fit modelo 167 Cycle). O protocolo do teste foi composto por estágios com duração de 1 minuto, com carga inicial de 25 W e acréscimo também de 25 W. Cada voluntário foi orientado a manter de 50 a 60 rpm até atingir o esforço físico máximo. Antes do início do teste, sem aquecimento prévio, o voluntário permanecia sentado no cicloergômetro por 3 minutos, quando então se iniciava a captação direta dos gases expirados com registros a cada 20 segundos, pelo analisador metabólico VO2000 (Ibrasport, Micromed). O equipamento foi calibrado previamente de acordo com as instruções do fabricante. O teste foi considerado máximo quando três dos seguintes critérios foram atingidos: incapacidade de manter 50 a 60 rpm; percepção do esforço de 18 a 20 (Borg 6-20); quociente respiratório > 1,1; FC de 95% do valor máximo previsto para sua idade segundo a fórmula 220 - idade.

Recuperação da frequência cardíaca (RFC) – Os intervalos R-R durante todo o TCP e nos 5 primeiros minutos após a interrupção do teste foram registrados pelo

cardiofrequencímetro Polar S810i (Polar[®] Electro Ltd, Kempele, Finlândia). Para evitar a influência da mudança postural na FC de recuperação, os voluntários permaneceram sentados durante todo o período de recuperação no cicloergômetro. Para identificar a taxa de RFC, foram utilizados os seguintes índices: D_{60s} - diferença da FC obtida ao final do TCP (FC_{pico}) e após 60 segundos (FC_{60s}) de recuperação passiva (Cole, Blackstone *et al.*, 1999; Buchheit e Gindre, 2006); τ - constante de tempo da função exponencial negativa, calculada pelo software Matlab (Mathworks[®], Massachusetts, EUA), baseada na equação ($FC = FC_o + D_{300s}e^{(-t/\tau)}$), onde FC= frequência cardíaca; FC_o = frequência cardíaca final; D_{300s} =FC pico – FC final; t= tempo e τ = constante de tempo (Savin, Davidson *et al.*, 1982; Imai, Sato *et al.*, 1994; Cole, Foody *et al.*, 2000; Pierpont, Stolpman *et al.*, 2000; Kannankeril, Le *et al.*, 2004; Buchheit e Gindre, 2006) e T30 - que representa a recíproca negativa da inclinação da reta de regressão dos logaritmos naturais da FC correspondente a cada intervalo R-R do décimo ao quadragésimo segundo de recuperação (Imai, Sato *et al.*, 1994).

Variabilidade da frequência cardíaca de repouso e recuperação - Os registros dos intervalos RR foram transmitidos por uma interface para o computador, inspecionados e filtrados posteriormente pelas interpolações do Software Polar Precision Performance SW[®]. Os dados filtrados foram exportados como arquivo.txt e analisados usando o software Advanced Heart Rate Variability Analysis (Biomedical Signal Analysis Group, University of Kuopio, Finland). A análise da potência espectral foi feita no registro dos últimos 5 minutos de repouso a partir de um algoritmo não-paramétrico baseado na transformada rápida de Fourier, após remoção de tendência smooth prior e reamostragem dos dados a 4 Hz. A partir do espectro de potência foi estimado a potência das baixas frequências correspondente a LF de 0,04-0,15 Hz e a potência das altas frequências correspondente a HF >0,15 0,50 Hz. Na análise no domínio do tempo foram utilizados os índices de SDNN (desvio padrão dos INN), RMSSD (raiz quadrada da média da diferença entre INN consecutivos), pNN50 (Porcentagem dos INN nos quais as diferenças sucessivas entre eles são maiores do que 50 ms). Também foi analisado o valor de SD1 que utiliza a plotagem de Poincaré na análise de dados não lineares. Para cálculo da VFC na recuperação, foi usado RMSSD, calculado a cada intervalo de 30 segundos, durante os 5 minutos de registro da recuperação (RMSSD30) (Goldberger, Le *et al.*, 2006).

Tratamento estatístico - Os resultados foram apresentados como média e desvio-padrão. A normalidade da distribuição de cada variável foi identificada pelo teste de Kolmogorov-Smirnov. Os índices espectrais da VFC foram transformados em logaritmos naturais do LF e HF para permitir análise paramétrica. Após a estatística descritiva dos dados, utilizou-se Anova one-way com o teste *post hoc* de Tukey ($p < 0,05$) para comparar os índices da VFC no domínio do tempo e da frequência e os índices de RFC entre os grupos. A estatística foi feita usando o programa StatSoft, Inc. (2001) STATISTICA (data analysis software system), version 6

Resultados

A tabela 2 apresenta os índices da VFC no domínio do tempo e da frequência, juntamente com os índices que refletem a RFC dos voluntários considerando o nível de atividade física segundo o EBT. Não houve diferença significativa entre os dois grupos em nenhum dos índices considerados na análise. Durante o TCP, os voluntários atingiram a FC_{pico} de $190,8 \pm 11,5$ bpm. A redução da FC após o primeiro minuto de recuperação dos voluntários foi de $35,6 \pm 9,7$ bpm. Observa-se que mesmo após cinco minutos de recuperação, a FC dos voluntários não retornou aos valores de repouso ($FC_{300s} = 109,3 \pm 12,4$ bpm).

Os índices vagais na análise no domínio do tempo [RMSSD, pNN50] não diferiram entre os grupos. Além disso, também não houve diferença significativa na análise no domínio da frequência considerando o índice de HF, que reflete a atividade vagal e LF, que está relacionado a influência simpática.

Tabela 2. Índices autonômicos de repouso e índices de RFC dos grupos.

	Grupos		P	Total (N=20)
	Menos ativos (N=10)	Mais ativos (N=10)		
Repouso				
FC _{repouso} (bpm)	62,7 ± 12,6	66,6 ± 10,8	0,47	64,6 ± 11,6
SDNN (ms)	62,4 ± 15,7	57,5 ± 22,5	0,58	59,9 ± 19,0
SD1 (ms)	50,8 ± 20,8	41,4 ± 19,7	0,31	46,1 ± 20,3
RMSSD (ms)	71,3 ± 29,4	57,9 ± 27,5	0,31	64,6 ± 28,6
PNN50 (%)	39,4 ± 19,6	29,4 ± 18,0	0,25	34,4 ± 19,0
LF, ln; ms ² /Hz	6,4 ± 0,7	6,6 ± 0,8	0,68	6,5 ± 0,7
HF, ln; ms ² /Hz	6,6 ± 0,8	6,5 ± 0,7	0,67	6,5 ± 0,7
HF/(LF+HF)	0,5 ± 0,2	0,5 ± 0,1	0,35	0,5 ± 0,2
Recuperação				
FC _{pico} (bpm)	194,1 ± 10,9	187,5 ± 11,6	0,20	190,8 ± 11,5
FC _{60s} (bpm)	159,0 ± 12,7	151,4 ± 14,8	0,23	155,2 ± 14,0
D _{60s} (bpm)	35,1 ± 10,2	36,1 ± 9,7	0,82	35,6 ± 9,7
τ (s)	119,2 ± 36,8	101,2 ± 31,0	0,25	110,2 ± 34,4
T30 (s)	335,5 ± 89,6	377,3 ± 208,0	0,57	356,4 ± 157,4
FC 300 s (bpm)	108,8 ± 14,2	109,9 ± 11,1	0,85	109,3 ± 12,4

* Diferença significativa (p<0,05) em relação aos outros grupos

Discussão

O principal achado do presente estudo foi que não houve diferença no comportamento autonômico cardíaco de repouso e recuperação de jovens que embora não praticassem treinamento físico regular, apresentavam diferentes níveis de atividade laboral e de lazer, o que gerou diferença significativa no nível de atividade física dos mesmos. Um nível mais elevado de atividade física no trabalho e/ou lazer parece não determinar nenhuma vantagem autonômica na amostra estudada.

A exposição regular do organismo às situações de maior demanda metabólica como durante o trabalho ou o lazer que envolva atividades com maior esforço físico gera adaptações morfológicas e funcionais. Sugere-se que a manutenção de uma atividade física determine um aumento na atividade vagal cardíaca com concomitante diminuição da simpática (Fletcher, Balady *et al.*, 1995; Fletcher, Balady

et al., 2001). Porém, sabe-se que tais adaptações dependam diretamente da intensidade, duração e frequência desse aumento metabólico. Uma única sessão de exercício leve em jovens destreinados foi capaz de gerar mudanças na modulação autonômica cardíaca, sugerindo que mesmo atividades físicas leves (Raczak, Pinna *et al.*, 2005), como as laborais ou realizadas nos períodos de lazer, podem gerar benefícios na regulação neural cardíaca. Porém, os resultados obtidos no presente estudo não evidenciaram nenhuma diferença autonômica nos voluntários que eram mais ativos nessas atividades o que nos leva a sugerir que o volume e carga das atividades desenvolvidas pelos voluntários foram insuficientes para gerar adaptações autonômicas evidentes através da análise ao repouso ou no período de recuperação.

Embora Tulppo *et al.* (2003) observaram um aumento da atividade vagal cardíaca em sedentários após treinamento aeróbio tanto em níveis moderados como intensos de atividade (Tulppo, Makikallio *et al.*, 1998), Loimaala *et al.* (2000) e Boutcher *et al.* (1995) não encontraram mudanças na VFC após treinamento aeróbio realizado também em sedentários (Boutcher e Stein, 1995; Loimaala, Huikuri *et al.*, 2000). Sendo questionado nestes estudos o tamanho da amostra e o tempo reduzido de treinamento. Entre as adaptações autonômicas já evidenciadas após o treinamento físico aeróbio (Buchheit e Gindre, 2006) se destaca uma melhora significativa na taxa de RFC após esforço físico máximo e submáximo refletindo um aumento no tônus vagal cardíaco (Heffernan, Fahs *et al.*, 2007). Yamamoto *et al.* (2001) observaram que há diferenças na adaptabilidade do controle autonômico cardíaco entre o período de repouso e recuperação, sugerindo que as mudanças autonômicas cardíacas que decorrem do treinamento aeróbio ocorrem mais precocemente no período de RFC do que no comportamento da mesma durante o repouso (Yamamoto, Miyachi *et al.*, 2001). Considerando os achados do presente estudo, nem ao repouso e nem durante o período de recuperação foi possível observar mudanças no comportamento autonômico cardíaco dos voluntários mais ativos.

Migliaro *et al.* (2001) não apóiam a idéia de que atividades físicas regulares modificam a VFC, uma vez que não encontraram diferenças no comportamento da FC e da VFC entre indivíduos jovens sedentários e ativos (Migliaro, Contreras *et al.*, 2001). Para estes autores, ao analisar os sujeitos de mesma faixa etária, o que determinaria um comportamento diferente da VFC dos mesmos seria a FC. Isso

pode justificar o comportamento autonômico semelhantes entre os grupos do presente estudo.

Atribui-se ao processo de envelhecimento uma redução na VFC como conseqüência de uma diminuição da atividade vagal sobre o nó sinusal (Heart rate variability. Standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use. Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology, 1996; Migliaro, Contreras *et al.*, 2001; Antelmi, De Paula *et al.*, 2004). Para alguns autores tal diminuição decorra da perda de condicionamento físico inerente ao envelhecimento. Para outros, a idade é um fator determinante do comportamento da VFC (Migliaro, Contreras *et al.*, 2001). Analisamos no presente estudo jovens saudáveis com faixa etária semelhante e talvez se comparássemos sujeitos com uma faixa etária maior e com as mesmas condições de atividade física deste estudo, alguma diferença significativa fosse encontrada.

Como limitação do presente estudo destacamos que os voluntários submetidos às análises, embora não realizasse treinamento físico regular, apresentavam-se ativos durante a ocupação principal e o lazer/locomoção, o que pode ser evidenciado pelos valores do EBT obtidos pelo questionário (Menos ativos EBT= 6,62±0,78; Mais ativos EBT= 9,04±0,41). Considerando esse aspecto, embora eles sejam estatisticamente diferentes quanto ao nível de atividade laboral e de lazer/locomoção, não apresentavam um estilo expressivamente inativo de vida. Estudos futuros que utilizem uma população jovem com níveis bem menores de atividade laboral e de lazer/locomoção, podem encontrar resultados diferentes dos aqui encontrados.

Conclusão

Os resultados obtidos no presente estudo sugerem que apenas atividades laborais e de lazer parecem não promover efeitos significativo na modulação realizada pelas alças autonômicas sobre o nó sinusal de jovens saudáveis. Nesse sentido, reforça-se a necessidade de um treinamento físico regular para promover adaptações autonômicas cardíacas.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS



A amostra de ambos os estudos envolveu jovens saudáveis, sendo o objetivo do trabalho o melhor entendimento da influência da atividade física na modulação autonômica cardíaca.

No primeiro estudo o objetivo principal foi observar se o tipo de treinamento físico realizado por jovens saudáveis determinava um comportamento diferente na modulação autonômica de repouso e recuperação. Como o nível de aptidão aeróbia parece influenciar o comportamento da VFC, foi interesse do primeiro estudo analisar uma amostra de indivíduos com valores de VO_2 pico estatisticamente semelhantes e próximos à média populacional, embora o nível e tipo de treinamento físico por eles realizados fosse diferente. Foi evidente com os resultados do Estudo I, no qual tanto os voluntários que realizavam treinamento aeróbio quanto aqueles com treinamento resistido apresentaram recuperação mais rápida da FC após esforço físico máximo em cicloergômetro do que sedentários. Porém, observou-se que apenas os primeiros apresentavam uma reativação vagal mais rápida a partir da análise da VFC no período de recuperação medido pelo RMSSD30. Ainda considerando os resultados do primeiro estudo, foi evidente também que o comportamento autonômico ao repouso não se relaciona com aquele do período de recuperação, quando a análise é feita pelos índices da VFC e da taxa de RFC, confirmando que os mesmos forneçam informações diferentes mas complementares da modulação autonômica cardíaca.

A partir desses resultados, o interesse no Estudo II, foi observar se atividades laborais e de lazer também seriam capazes de determinar comportamentos diferentes na modulação autonômica de jovens saudáveis que não praticassem treinamento físico regular. Para a amostra recrutada obteve-se como resultado que as atividades ocupacional e de lazer realizadas não determinavam nenhuma diferença no comportamento autonômico de repouso e recuperação. Especula-se se tal resultado seria o mesmo se a idade dos voluntários fosse mais avançada ou se o nível de atividade física menor traria os mesmos resultados.

Considerando os dois estudos seria pretencioso dizer que conseguimos esgotar totalmente as questões ainda conflitantes sobre a influência da atividade física na modulação autonômica. Porém, os resultados obtidos podem auxiliar no

melhor entendimento da modulação autonômica cardíaca de repouso e recuperação, além de apontar a necessidade de mais pesquisas sobre o assunto.

5. REFERÊNCIAS



Almeida, M. B. A., C. G.S. Efeitos do treinamento aeróbico sobre a frequência cardíaca. Rev Bras Med Esporte, v.9, n.nº 2, Mar/Abr. 2003.

Antelmi, I., R. S. De Paula, *et al.* Influence of age, gender, body mass index, and functional capacity on heart rate variability in a cohort of subjects without heart disease. Am J Cardiol, v.93, n.3, Feb 1, p.381-5. 2004.

Arai, Y., J. P. Saul, *et al.* Modulation of cardiac autonomic activity during and immediately after exercise. Am J Physiol, v.256, n.1 Pt 2, Jan, p.H132-41. 1989.

Arena, R., M. Guazzi, *et al.* Prognostic value of heart rate recovery in patients with heart failure. Am Heart J, v.151, n.4, Apr, p.851 e7-13. 2006.

Baecke, J. A., J. Burema, *et al.* A short questionnaire for the measurement of habitual physical activity in epidemiological studies. Am J Clin Nutr, v.36, n.5, Nov, p.936-42. 1982.

Billman, G. E. Aerobic exercise conditioning: a nonpharmacological antiarrhythmic intervention. J Appl Physiol, v.92, n.2, Feb, p.446-54. 2002.

Bilsel, T., S. Terzi, *et al.* Abnormal heart rate recovery immediately after cardiopulmonary exercise testing in heart failure patients. Int Heart J, v.47, n.3, May, p.431-40. 2006.

Blomqvist, C. G. e B. Saltin. Cardiovascular adaptations to physical training. Annu Rev Physiol, v.45, p.169-89. 1983.

Boutcher, S. H. e P. Stein. Association between heart rate variability and training response in sedentary middle-aged men. Eur J Appl Physiol Occup Physiol, v.70, n.1, p.75-80. 1995.

Brown, S. J. e J. A. Brown. Resting and postexercise cardiac autonomic control in trained master athletes. J Physiol Sci, v.57, n.1, Feb, p.23-9. 2007.

Buch, A. N., J. H. Coote, *et al.* Mortality, cardiac vagal control and physical training--what's the link? Exp Physiol, v.87, n.4, Jul, p.423-35. 2002.

Buchheit, M. e C. Gindre. Cardiac parasympathetic regulation: respective associations with cardiorespiratory fitness and training load. Am J Physiol Heart Circ Physiol, v.291, n.1, Jul, p.H451-8. 2006.

Buchheit, M., P. B. Laursen, *et al.* Parasympathetic reactivation after repeated sprint exercise. Am J Physiol Heart Circ Physiol, Mar 2. 2007.

Buchheit, M., Y. Papelier, *et al.* Noninvasive assessment of cardiac parasympathetic function: post-exercise heart rate recovery or heart rate variability? Am J Physiol Heart Circ Physiol, Mar 23. 2007.

Buchheit, M., C. Platat, *et al.* Habitual physical activity, physical fitness and heart rate variability in preadolescents. Int J Sports Med, v.28, n.3, Mar, p.204-10. 2007.

Buchheit, M., C. Simon, *et al.* Effects of increased training load on vagal-related indexes of heart rate variability: a novel sleep approach. Am J Physiol Heart Circ Physiol, v.287, n.6, Dec, p.H2813-8. 2004.

Byrne, E. A., J. L. Fleg, *et al.* Role of aerobic capacity and body mass index in the age-associated decline in heart rate variability. J Appl Physiol, v.81, n.2, Aug, p.743-50. 1996.

Carter, R., 3rd, D. E. Watenpaugh, *et al.* Muscle pump and central command during recovery from exercise in humans. J Appl Physiol, v.87, n.4, Oct, p.1463-9. 1999.

Catai, A. M., M. P. Chacon-Mikahil, *et al.* Effects of aerobic exercise training on heart rate variability during wakefulness and sleep and cardiorespiratory responses of young and middle-aged healthy men. Braz J Med Biol Res, v.35, n.6, Jun, p.741-52. 2002.

Cheng, Y. J., M. S. Lauer, *et al.* Heart rate recovery following maximal exercise testing as a predictor of cardiovascular disease and all-cause mortality in men with diabetes. Diabetes Care, v.26, n.7, Jul, p.2052-7. 2003.

Christou, D. D., P. P. Jones, *et al.* Increased abdominal-to-peripheral fat distribution contributes to altered autonomic-circulatory control with human aging. Am J Physiol Heart Circ Physiol, v.287, n.4, Oct, p.H1530-7. 2004.

Cole, C. R., E. H. Blackstone, *et al.* Heart-rate recovery immediately after exercise as a predictor of mortality. N Engl J Med, v.341, n.18, Oct 28, p.1351-7. 1999.

Cole, C. R., J. M. Foody, *et al.* Heart rate recovery after submaximal exercise testing as a predictor of mortality in a cardiovascularly healthy cohort. Ann Intern Med, v.132, n.7, Apr 4, p.552-5. 2000.

Danilowicz-Szymanowicz, L., G. Raczak, *et al.* [The effects of an extreme endurance exercise event on autonomic nervous system activity]. Pol Merkur Lekarski, v.19, n.109, Jul, p.28-31. 2005.

Darr, K. C., D. R. Bassett, *et al.* Effects of age and training status on heart rate recovery after peak exercise. Am J Physiol, v.254, n.2 Pt 2, Feb, p.H340-3. 1988.

Davrath, L. R., S. Akselrod, *et al.* Evaluation of autonomic function underlying slow postexercise heart rate recovery. Med Sci Sports Exerc, v.38, n.12, Dec, p.2095-101. 2006.

Dehn, M. M. e R. A. Bruce. Longitudinal variations in maximal oxygen intake with age and activity. J Appl Physiol, v.33, n.6, Dec, p.805-7. 1972.

Dewey, F. E., J. V. Freeman, *et al.* Novel predictor of prognosis from exercise stress testing: heart rate variability response to the exercise treadmill test. Am Heart J, v.153, n.2, Feb, p.281-8. 2007.

Dewland, T. A., A. S. Androne, *et al.* Effect of Acetylcholinesterase Inhibition with Pyridostigmine on Cardiac Parasympathetic Function in Sedentary Adults and Trained Athletes. Am J Physiol Heart Circ Physiol, Feb 23. 2007.

Dixon, E. M., M. V. Kamath, *et al.* Neural regulation of heart rate variability in endurance athletes and sedentary controls. Cardiovasc Res, v.26, n.7, Jul, p.713-9. 1992.

Esler, M. The autonomic nervous system and cardiac arrhythmias. Clin Auton Res, v.2, n.2, Apr, p.133-5. 1992.

Evrengul, H., H. Tanriverdi, *et al.* The relationship between heart rate recovery and heart rate variability in coronary artery disease. Ann Noninvasive Electrocardiol, v.11, n.2, Apr, p.154-62. 2006.

Fletcher, G. F., G. Balady, *et al.* Exercise standards. A statement for healthcare professionals from the American Heart Association. Writing Group. Circulation, v.91, n.2, Jan 15, p.580-615. 1995.

Fletcher, G. F., G. J. Balady, *et al.* Exercise standards for testing and training: a statement for healthcare professionals from the American Heart Association. Circulation, v.104, n.14, Oct 2, p.1694-740. 2001.

Furlan, R., S. Piazza, *et al.* Early and late effects of exercise and athletic training on neural mechanisms controlling heart rate. Cardiovasc Res, v.27, n.3, Mar, p.482-8. 1993.

Georgoulis, P., A. Orfanakis, *et al.* Abnormal heart rate recovery immediately after treadmill testing: correlation with clinical, exercise testing, and myocardial perfusion parameters. J Nucl Cardiol, v.10, n.5, Sep-Oct, p.498-505. 2003.

Gibbons, R. J. Abnormal heart-rate recovery after exercise. Lancet, v.359, n.9317, May 4, p.1536-7. 2002.

Goldberger, J. J., F. K. Le, *et al.* Assessment of parasympathetic reactivation after exercise. Am J Physiol Heart Circ Physiol, v.290, n.6, Jun, p.H2446-52. 2006.

Goldsmith, R. L., J. T. Bigger, Jr., *et al.* Comparison of 24-hour parasympathetic activity in endurance-trained and untrained young men. J Am Coll Cardiol, v.20, n.3, Sep, p.552-8. 1992.

Goldsmith, R. L., D. M. Bloomfield, *et al.* Exercise and autonomic function. Coron Artery Dis, v.11, n.2, Mar, p.129-35. 2000.

Green, D. J., G. O'driscoll, *et al.* Exercise and cardiovascular risk reduction: time to update the rationale for exercise? J Appl Physiol, v.105, n.2, Aug, p.766-8. 2008.

Gregoire, J., S. Tuck, *et al.* Heart rate variability at rest and exercise: influence of age, gender, and physical training. Can J Appl Physiol, v.21, n.6, Dec, p.455-70. 1996.

Hagberg, J. M., R. C. Hickson, *et al.* Faster adjustment to and recovery from submaximal exercise in the trained state. J Appl Physiol, v.48, n.2, Feb, p.218-24. 1980.

Hautala, A., M. P. Tulppo, *et al.* Changes in cardiac autonomic regulation after prolonged maximal exercise. Clin Physiol, v.21, n.2, Mar, p.238-45. 2001.

Hautala, A. J., T. Rankinen, *et al.* Heart rate recovery after maximal exercise is associated with acetylcholine receptor M2 (CHRM2) gene polymorphism. Am J Physiol Heart Circ Physiol, v.291, n.1, Jul, p.H459-66. 2006.

Heart rate variability. Standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use. Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. Eur Heart J, v.17, n.3, Mar, p.354-81. 1996.

Heath, G. W., J. M. Hagberg, *et al.* A physiological comparison of young and older endurance athletes. J Appl Physiol, v.51, n.3, Sep, p.634-40. 1981.

Hedman, A. E., J. E. Hartikainen, *et al.* The high frequency component of heart rate variability reflects cardiac parasympathetic modulation rather than parasympathetic 'tone'. Acta Physiol Scand, v.155, n.3, Nov, p.267-73. 1995.

Heffernan, K. S., C. A. Fahs, *et al.* Heart rate recovery and heart rate complexity following resistance exercise training and detraining in young men. Am J Physiol Heart Circ Physiol, v.293, n.5, Nov, p.H3180-6. 2007.

Heffernan, K. S., E. E. Kelly, *et al.* Cardiac autonomic modulation during recovery from acute endurance versus resistance exercise. Eur J Cardiovasc Prev Rehabil, v.13, n.1, Feb, p.80-6. 2006.

Imai, K., H. Sato, *et al.* Vagally mediated heart rate recovery after exercise is accelerated in athletes but blunted in patients with chronic heart failure. J Am Coll Cardiol, v.24, n.6, Nov 15, p.1529-35. 1994.

Iwasaki, K., R. Zhang, *et al.* Dose-response relationship of the cardiovascular adaptation to endurance training in healthy adults: how much training for what benefit? J Appl Physiol, v.95, n.4, Oct, p.1575-83. 2003.

Jae, S. Y., M. R. Carnethon, *et al.* Slow heart rate recovery after exercise is associated with carotid atherosclerosis. Atherosclerosis, Nov 28. 2006.

Javorka, M., I. Zila, *et al.* Heart rate recovery after exercise: relations to heart rate variability and complexity. Braz J Med Biol Res, v.35, n.8, Aug, p.991-1000. 2002.

_____. On- and off-responses of heart rate to exercise - relations to heart rate variability. Clin Physiol Funct Imaging, v.23, n.1, Jan, p.1-8. 2003.

Jensen-Urstad, K., B. Saltin, *et al.* Pronounced resting bradycardia in male elite runners is associated with high heart rate variability. Scand J Med Sci Sports, v.7, n.5, Oct, p.274-8. 1997.

Kagamimori, S., J. M. Robson, *et al.* Genetic and environmental determinants of the cardio-respiratory response to submaximal exercise--a six-year follow-up study of twins. Ann Hum Biol, v.11, n.1, Jan-Feb, p.29-38. 1984.

Kannankeril, P. J., F. K. Le, *et al.* Parasympathetic effects on heart rate recovery after exercise. J Investig Med, v.52, n.6, Sep, p.394-401. 2004.

Kuo, T. B., T. Lin, *et al.* Effect of aging on gender differences in neural control of heart rate. Am J Physiol, v.277, n.6 Pt 2, Dec, p.H2233-9. 1999.

Lauer, M. S., G. S. Francis, *et al.* Impaired chronotropic response to exercise stress testing as a predictor of mortality. Jama, v.281, n.6, Feb 10, p.524-9. 1999.

Levy, W. C., M. D. Cerqueira, *et al.* Effect of endurance exercise training on heart rate variability at rest in healthy young and older men. Am J Cardiol, v.82, n.10, Nov 15, p.1236-41. 1998.

Loimaala, A., H. Huikuri, *et al.* Controlled 5-mo aerobic training improves heart rate but not heart rate variability or baroreflex sensitivity. J Appl Physiol, v.89, n.5, Nov, p.1825-9. 2000.

Maciel, B. C., L. Gallo Junior, *et al.* Parasympathetic contribution to bradycardia induced by endurance training in man. Cardiovasc Res, v.19, n.10, Oct, p.642-8. 1985.

Martinmaki, K. e H. Rusko. Time-frequency analysis of heart rate variability during immediate recovery from low and high intensity exercise. Eur J Appl Physiol, v.102, n.3, Feb, p.353-60. 2008.

Migliaro, E. R., P. Contreras, *et al.* Relative influence of age, resting heart rate and sedentary life style in short-term analysis of heart rate variability. Braz J Med Biol Res, v.34, n.4, Apr, p.493-500. 2001.

Mourot, L., M. Bouhaddi, *et al.* 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, v.92, n.4-5, Aug, p.508-17. 2004.

Nanas, S., M. Anastasiou-Nana, *et al.* Early heart rate recovery after exercise predicts mortality in patients with chronic heart failure. Int J Cardiol, v.110, n.3, Jun 28, p.393-400. 2006.

Nishime, E. O., C. R. Cole, *et al.* Heart rate recovery and treadmill exercise score as predictors of mortality in patients referred for exercise ECG. Jama, v.284, n.11, Sep 20, p.1392-8. 2000.

Otsuki, T., S. Maeda, *et al.* Postexercise heart rate recovery accelerates in strength-trained athletes. Med Sci Sports Exerc, v.39, n.2, Feb, p.365-70. 2007.

Parekh, A. e C. M. Lee. Heart rate variability after isocaloric exercise bouts of different intensities. Med Sci Sports Exerc, v.37, n.4, Apr, p.599-605. 2005.

Pearson, T. A., S. N. Blair, *et al.* AHA Guidelines for Primary Prevention of Cardiovascular Disease and Stroke: 2002 Update: Consensus Panel Guide to Comprehensive Risk Reduction for Adult Patients Without Coronary or Other Atherosclerotic Vascular Diseases. American Heart Association Science Advisory and Coordinating Committee. Circulation, v.106, n.3, Jul 16, p.388-91. 2002.

Penttila, J., A. Helminen, *et al.* Time domain, geometrical and frequency domain analysis of cardiac vagal outflow: effects of various respiratory patterns. Clin Physiol, v.21, n.3, May, p.365-76. 2001.

Perini, R., C. Orizio, *et al.* Plasma norepinephrine and heart rate dynamics during recovery from submaximal exercise in man. Eur J Appl Physiol Occup Physiol, v.58, n.8, p.879-83. 1989.

_____. Kinetics of heart rate and catecholamines during exercise in humans. The effect of heart denervation. Eur J Appl Physiol Occup Physiol, v.66, n.6, p.500-6. 1993.

Philippaerts, R. M., K. R. Westerterp, *et al.* Doubly labelled water validation of three physical activity questionnaires. Int J Sports Med, v.20, n.5, Jul, p.284-9. 1999.

_____. Comparison of two questionnaires with a tri-axial accelerometer to assess physical activity patterns. Int J Sports Med, v.22, n.1, Jan, p.34-9. 2001.

Pierpont, G. L., D. R. Stolpman, *et al.* Heart rate recovery post-exercise as an index of parasympathetic activity. J Auton Nerv Syst, v.80, n.3, May 12, p.169-74. 2000.

Pierpont, G. L. e E. J. Voth. Assessing autonomic function by analysis of heart rate recovery from exercise in healthy subjects. Am J Cardiol, v.94, n.1, Jul 1, p.64-8. 2004.

Podrid, P. J., T. Fuchs, *et al.* Role of the sympathetic nervous system in the genesis of ventricular arrhythmia. Circulation, v.82, n.2 Suppl, Aug, p.1103-13. 1990.

Raczak, G., G. D. Pinna, *et al.* Cardiovagal response to acute mild exercise in young healthy subjects. Circ J, v.69, n.8, Aug, p.976-80. 2005.

Rosenwinkel, E. T., D. M. Bloomfield, *et al.* Exercise and autonomic function in health and cardiovascular disease. Cardiol Clin, v.19, n.3, Aug, p.369-87. 2001.

Sacknoff, D. M., G. W. Gleim, *et al.* Effect of athletic training on heart rate variability. Am Heart J, v.127, n.5, May, p.1275-8. 1994.

Savin, W. M., D. M. Davidson, *et al.* Autonomic contribution to heart rate recovery from exercise in humans. J Appl Physiol, v.53, n.6, Dec, p.1572-5. 1982.

Shin, K., H. Minamitani, *et al.* Autonomic differences between athletes and nonathletes: spectral analysis approach. Med Sci Sports Exerc, v.29, n.11, Nov, p.1482-90. 1997.

Singh, J. P., M. G. Larson, *et al.* Heritability of heart rate variability: the Framingham Heart Study. Circulation, v.99, n.17, May 4, p.2251-4. 1999.

Takahashi, T., A. Okada, *et al.* Difference in human cardiovascular response between upright and supine recovery from upright cycle exercise. Eur J Appl Physiol, v.81, n.3, Feb, p.233-9. 2000.

Terziotti, P., F. Schena, *et al.* Post-exercise recovery of autonomic cardiovascular control: a study by spectrum and cross-spectrum analysis in humans. Eur J Appl Physiol, v.84, n.3, Mar, p.187-94. 2001.

Tulppo, M. P., T. H. Makikallio, *et al.* Vagal modulation of heart rate during exercise: effects of age and physical fitness. Am J Physiol, v.274, n.2 Pt 2, Feb, p.H424-9. 1998.

Villareal, R. P., B. C. Liu, *et al.* Heart rate variability and cardiovascular mortality. Curr Atheroscler Rep, v.4, n.2, Mar, p.120-7. 2002.

Watanabe, J., M. Thamilarsan, *et al.* Heart rate recovery immediately after treadmill exercise and left ventricular systolic dysfunction as predictors of mortality: the case of stress echocardiography. Circulation, v.104, n.16, Oct 16, p.1911-6. 2001.

Yamamoto, K., M. Miyachi, *et al.* Effects of endurance training on resting and post-exercise cardiac autonomic control. Med Sci Sports Exerc, v.33, n.9, Sep, p.1496-502. 2001.

Yataco, A. R., L. A. Fleisher, *et al.* Heart rate variability and cardiovascular fitness in senior athletes. Am J Cardiol, v.80, n.10, Nov 15, p.1389-91. 1997.