

### VARIABILIDADE DA FREQUÊNCIA CARDÍACA EM ATLETAS E NÃO ATLETAS SAUDÁVEIS - DIFERENÇAS E ALTERAÇÕES PROVOCADAS PELO TREINAMENTO FÍSICO DE ENDURANCE

Victor Barbosa Ribeiro<sup>1</sup>, Rafael de Menezes Reis<sup>1</sup>  
Gislaine Satyko Kogure<sup>1</sup>, Hugo Tourinho Filho<sup>1</sup>

#### RESUMO

**Introdução e Objetivo:** A análise da variabilidade da frequência cardíaca (VFC) é um importante método para a avaliação da modulação autonômica cardíaca, e difere conforme as condições de saúde, nível de condicionamento físico e condições de treinamento. Portanto, o objetivo deste estudo foi comparar a VFC entre atletas de endurance e não atletas saudáveis e entre atletas de diferentes modalidades de endurance, bem como identificar a influência do treinamento de alto rendimento sobre a VFC. **Materiais e Métodos:** Trata-se de uma revisão sistemática da base de dados Pubmed de artigos originais publicados entre agosto de 2009 e dezembro de 2014 que avaliaram a VFC em atletas. Utilizou-se as seguintes combinações de termos: "autonomic cardiac" and sport; "autonomic cardiac" and athlete; "heart rate variability" and sport e "heart rate variability" and athlete. **Resultados:** Foram lidos todos os resumos, sendo pré-selecionados 29 artigos para leitura na íntegra, resultando em 11 que de fato se enquadravam no perfil do estudo. Desses, 10 realizaram a avaliação no domínio do tempo, 8 no domínio da frequência e sete em ambos. **Conclusão:** Atletas de algumas modalidades esportivas apresentam maior modulação parassimpática quando comparados aos não atletas. Adicionalmente, a VFC pode alterar em diferentes condições, dependendo de variáveis como idade, fadiga, gordura corporal, intensidade e cargas de treinamento. De uma maneira geral, a análise da VFC demonstra ser uma importante ferramenta para avaliação da modulação autonômica cardíaca em atletas, antes, durante e após o treinamento, na recuperação e para a prescrição do treinamento.

**Palavras-chave:** Frequência Cardíaca. Atletas. Treinamento Físico.

#### ABSTRACT

Heart rate variability in athletes and non-athletes healthy - differences and alterations caused by endurance physical training

**Introduction and Objective:** The analysis of heart rate variability (HRV) is an important method for the assessment of cardiac autonomic modulation, and differs according to the health, fitness level and training conditions. Therefore, the aim of this study was to compare the HRV between endurance athletes and healthy non-athletes and between athletes of different types of endurance and to identify the influence of high performance training on HRV. **Material and Methods:** This is a systematic review of Pubmed database of original articles published between August 2009 and December 2014 that assessed heart rate variability in athletes. We used the following combinations of terms: "autonomic cardiac" and sport; "autonomic cardiac" and athlete; "heart rate variability" and sport e "heart rate variability" and athlete. **Results:** All abstracts were read, pre-selected 29 articles being read in full, resulting in 11 that actually be considered under study of the profile. Ten of the evaluation performed in the time domain, eight on frequency domain and seven both. **Conclusion:** Athletes of some sports have higher parasympathetic modulation when compared to non-athletes. In addition, the HRV can change under different conditions, depending on variables such as age, fatigue, body fat, intensity and training loads. In general, HRV analysis proves to be an important tool for assessment of cardiac autonomic modulation in athletes before, during and after training, recovery and for training prescription.

**Key words:** Heart Rate. Athletes. Physical Training.

1-Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, Brasil.

## INTRODUÇÃO

O sistema nervoso autônomo (SNA) é capaz de controlar a maioria das funções viscerais do organismo, incluindo o sistema cardiovascular.

Há algum tempo, estudos têm demonstrado que prejuízos modulatórios deste sistema estão altamente correlacionados com doenças cardiovasculares e metabólicas, e vice-versa (Kleiger e colaboradores, 1987; Koskinen e colaboradores, 2009; Lieb e colaboradores, 2012).

Por esta razão, cada vez mais tem se investigado meios de avaliar e controlar essas alterações modulatórias (Task Force, 1996).

Um dos instrumentos mais utilizados atualmente para avaliação do sistema nervoso autônomo cardíaco é a análise variabilidade da frequência cardíaca (VFC), ferramenta esta considerada de baixo custo e de fácil aplicação, capaz de quantificar a modulação autonômica cardíaca (Task Force, 1996).

Um dos grandes avanços nas análises da VFC ocorreu na década de 1980, com o advento das técnicas computacionais.

Um estudo mostrou que por meio da aplicação de uma metodologia matemática, a análise espectral, poderia quantificar e identificar os sinais biológicos que interferiam na ritmicidade cardíaca (Akselrod e colaboradores, 1981).

Dessa forma, tornou-se possível a verificação de quanto e quão rápido o sistema nervoso autônomo se modificaria, decorrente de oscilações da frequência cardíaca em diferentes frequências de ocorrência que poderiam ser identificadas e quantificadas por meio dos intervalos R-R em um eletrocardiograma, batimento a batimento (Akselrod e colaboradores, 1981).

Nesse sentido, diferentes formas de avaliação foram desenvolvidas ou foram aperfeiçoadas com o mesmo objetivo, ou seja, quantificar a modulação autonômica sobre o sistema cardiovascular (Akselrod e colaboradores, 1981; Task Force, 1996).

Os métodos lineares, difundidos e bastante utilizados ao longo dos anos, são divididos em dois tipos: análise no domínio do tempo, realizada por meio de índices estatísticos e geométricos, e análise no domínio da frequência (Vanderlei e colaboradores, 2009).

A análise da VFC no domínio do tempo é medida a cada intervalo RR normal por um período de tempo, de onde por meio de cálculos são extraídos os dados. Um dos índices gerado dessa análise e com bastante aceitação é o RMSSD ("*root mean square*" ou seja, raiz quadrada da média dos quadrados das diferenças entre os intervalos RR consecutivos, dado em milissegundos), que representa a modulação parassimpática (Task Force, 1996).

Por outro lado, a análise espectral é um método que avalia os componentes oscilatórios presentes em duas bandas principais, distribuídas em um eixo de frequência em hertz (Hz); a banda de baixa frequência (*Low Frequency* - LF) que representa em humanos as oscilações entre 0,04-0,15Hz, e a banda de alta frequência (*High Frequency* - HF) as oscilações entre 0,15-0,5Hz.

Através de experimentos prévios, foi identificado que as oscilações da banda de LF são decorrentes do *drive* autonômico simpático e parassimpático, uma vez que se apresentam reduzidas após a administração, tanto de inibidores dos receptores  $\alpha$ -adrenérgicos, quanto de inibidores dos receptores muscarínicos cardíacos, enquanto que as oscilações da banda de HF são oriundas somente do componente autonômico parassimpático, uma vez que somente é reduzida após a administração de inibidores muscarínicos cardíacos, como a atropina e metil-atropina (Pagani e colaboradores; 1986; Task Force, 1996).

De uma maneira geral, ambos os métodos de avaliação têm demonstrado importância na determinação de riscos do desenvolvimento de doenças e quantificação da melhora ou prejuízo ao sistema cardiovascular (Kleiger e colaboradores, 1987; Lombardi e colaboradores, 1996; Soares-Miranda e colaboradores, 2011).

O aumento do peso e da gordura corporal e o desenvolvimento de doenças como diabetes, por exemplo, têm sido associados ao prejuízo da modulação autonômica cardíaca, ocorrendo principalmente redução da VFC e aumento da modulação autonômica simpática (Koskinen e colaboradores, 2009; Soares-Miranda e colaboradores, 2011; Istenes e colaboradores, 2014).

Portanto, a preocupação constante no controle dessas alterações, possibilitou um aumento dos estudos envolvendo o exercício físico com os objetivos de reduzir esses fatores de riscos e doenças.

De fato, no momento, estudos vêm comprovando que o treinamento físico, principalmente o aeróbio, é um meio eficaz para a melhora do padrão autonômico cardiovascular de pessoas com prejuízo nesse sistema (Castello e colaboradores, 2011; Bilinska e colaboradores, 2013; Prinsloo e colaboradores, 2014).

Nos últimos anos, a utilização da análise da VFC não tem se restringido às avaliações dos efeitos do treinamento físico somente para a prevenção e controle de doenças.

Diante dos benefícios do treinamento físico sobre a VFC em pessoas saudáveis, aumentou-se o interesse em aprofundar os estudos neste grupo, bem como em atletas do alto rendimento, expostos a uma grande carga de treinamento físico (Molina e colaboradores, 2013; Palak e colaboradores, 2013; Botek e colaboradores, 2014; Hug e colaboradores, 2014; Plews e colaboradores, 2014).

O que se discute é que as adaptações encontradas no atleta após um período prolongado e intenso de treinamento físico podem ser diversas, e que possivelmente estas poderiam acarretar em consequentes alterações na modulação autonômica cardíaca (Sharma, 2003; George e colaboradores, 2012; Mcclaskey, Lee e Buch, 2013).

Portanto, o objetivo deste estudo foi revisar na literatura artigos que comparassem a modulação autonômica cardíaca entre indivíduos atletas de endurance e não atletas saudáveis e entre atletas de diferentes modalidades de endurance, bem como identificar a influência do treinamento de alto rendimento sobre a VFC.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### Estratégia de busca e seleção dos estudos

O presente estudo trata-se de uma revisão sistemática. A busca e averiguação dos artigos foram realizadas na base de dados do Pubmed contemplando artigos publicados entre o intervalo de agosto de 2009 à dezembro de 2014 que avaliaram a VFC em atletas e que estavam de acordo com o

objetivo do estudo. Além disso, optou-se apenas por artigos originais que apresentassem versão em inglês, excluindo-se artigos de revisão, estudos de casos e editoriais.

As consultas foram realizadas com o objetivo de abranger o maior número de artigos de qualidade, para posterior seleção e exclusão dos que não se adequassem ao estudo.

Portanto, foram realizadas as seguintes combinações de termos: "*autonomic cardiac*" and sport; "*autonomic cardiac*" and athlete; "*heart rate variability*" and sport e "*heart rate variability*" and athlete.

Todas as referências encontradas foram revisadas à partir do título e resumo e os que o conteúdo se aproximava do objetivo deste estudo foram lidos na íntegra para que fosse determinado se permaneceriam ou seriam excluídos.

Os estudos avaliados deveriam em algum momento esclarecer que a amostra tratava-se de atletas do alto rendimento sem apresentar qualquer tipo de lesão (por exemplo, atletas de elite, atletas nacionais ou internacionais), com idade entre 18 e 40 anos e que participassem de esportes conhecidos classicamente por seu forte componente de treinamento de endurance.

Além disso, deveria estar claro quanto à metodologia utilizada, uma vez que foram incluídos apenas artigos que avaliaram a VFC de curto prazo (entre cinco e vinte minutos), excluindo-se os demais, garantindo que a avaliação reportou-se à resposta momentânea do sistema nervoso autônomo, considerados apenas os méritos da análise da VFC em repouso, na posição supino se avaliação inicial e supino ou sentado quando na recuperação de um protocolo de exercícios, reduzindo outras influências não cardiovasculares.

As variáveis consideradas e incluídas foram: 1) Domínio do tempo: RMSSD (ms) e o intervalo cardíaco entre as ondas R (iRR) (ms), considerando-se que aumentando-se a frequência cardíaca (FC), menor o iRR e o inverso é verdadeiro e 2) Domínio da frequência: bandas de baixa frequência (*Low Frequency* - LF) e alta frequência (*High Frequency* - HF) em unidades absolutas (ms<sup>2</sup>) e em unidades normalizadas (un), além da variância (ms<sup>2</sup>).

### RESULTADOS

Na primeira etapa, foram identificados nas buscas: "autonomic cardiac" and sport, 1225 artigos; "autonomic cardiac" and athlete, 267 artigos; "heart rate variability" and sport, 1034 artigos; "heart rate variability" and athlete, 251 artigos. Alguns artigos se repetiram nas diferentes buscas, o que não foi levado em consideração.

Neste primeiro momento, foram lidos os resumos e títulos de cada estudo. Em uma segunda etapa, após a leitura dos resumos, foram pré-selecionados 29 artigos para leitura na íntegra que foram posteriormente reduzidos a 11 artigos, que de fato se enquadravam no perfil do estudo (Figura 1 e Tabela 1).

Dos onze artigos, dez realizaram a avaliação no domínio do tempo, oito no domínio da frequência e sete em ambos os domínios.

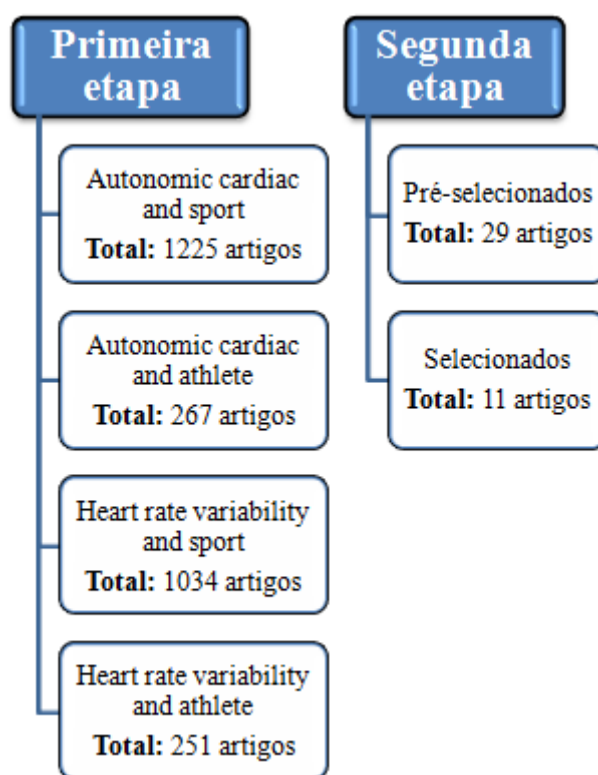


Figura 1 - Seleção de artigos.

Tabela 1 - Resumo dos estudos encontrados sobre a utilização da Variabilidade da Frequência Cardíaca (VFC) em atletas.

Autor/Ano	Objetivo	Modalidade Esportiva	Variabilidade da Frequência Cardíaca	
			Domínio do Tempo	Domínio da Frequência
Abad e colaboradores, 2014	Comparar o comportamento da VFC em diferentes modalidades do atletismo.	Total: 20 A - atletismo (M); Grupo 1 (Força) - provas curtas: 10 A (100 m, 200 m, 300 m, salto em distância) Grupo 2 - provas longas (Endurance): 10 A (10 km, 21 km e 42 km)	Grupo 1: < iRR (ms)	Sem diferença entre os grupos
Botek e colaboradores, 2014	Avaliar a performance diante de um treinamento de 17 semanas ajustado pela VFC em atletas	Total: 10 (5 H e 5 M) Modalidades: decatlo, heptatlo, 400 m com barreira, 1500 m, 110 m com barreiras, patins, salto em distância, natação.	Correlação positiva do RMSSD (ms) com a performance nas últimas 3 semanas	Correlação positiva do HF (ms <sup>2</sup> ) e variância com a performance nas últimas 3 semanas

# Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício

ISSN 1981-9900 *versão eletrônica*

Periódico do Instituto Brasileiro de Pesquisa e Ensino em Fisiologia do Exercício

www.ibpex.com.br / www.rbpfex.com.br

Hug e colaboradores 2014	Avaliar a VFC no período de recuperação de um teste incremental em diferentes momentos de uma periodização.	Total: 11 maratonistas (M)	↓ RMSSD (ms) na 2ª semana do período de redução de cargas em relação ao de sobrecarga	-----
Plews e colaboradores, 2014	Analisar a interação entre VFC e carga de treinamento em diferentes limiares de lactato (LT) em atletas durante a preparação para os jogos Olímpicos.	Total: 9 remadores (5 M e 4 F)	Baixar a moderada correlação: abaixo de LT1 (> RMSSD) (ms) Baixa correlação: acima de LT2 (< RMSSD) (ms)	-----
Rossi e colaboradores, 2014	Comparar a VFC entre nadadores profissionais e indivíduos saudáveis e sua relação com a composição corporal.	Total: 49 voluntários Grupo 1: 28 nadadores Grupo 2: 21 indivíduos saudáveis	Grupo 1: > RMSSD (ms)  Sem diferenças (gordura corporal)  Grupo 1 e 2 com > massa magra: > RMSSD (ms)	Grupo 1 x 2: > LF (ms <sup>2</sup> ), > LF (un), < HF (un), > LF/HF <u>Gordura corporal</u> Grupo 1 com > gordura: > LF (un)), < HF (un) e > LF/HF. Grupo 2 com > gordura: Sem diferenças Grupo 1 e 2 com > massa magra: > LF (ms <sup>2</sup> )
Dupuy e colaboradores, 2013	Avaliar a VFC na recuperação de um teste incremental após um período de treinamento com sobrecarga ("overreaching") em atletas de endurance	Total: 11 A-endurance (11 H) <i>Provincial Standard</i> (6), Ciclistas (2) e Triatleta (3)	Sem diferenças	Sem diferenças
Menicucci e colaboradores, 2013	Avaliar a o efeito de uma prova de Ironman sobre a VFC	Total: 20 triatletas	-----	12 h antes: > LF ms <sup>2</sup> e > HF ms <sup>2</sup>
Molina e colaboradores, 2013	Identificar se a VFC em ciclistas de montanhas difere de indivíduos saudáveis ativos	Total: 23 voluntários (M) Grupo 1: 12 ciclistas de mountain bike; Grupo 2: 12 indivíduos saudáveis ativos	Grupo1: > iRR (ms)	Sem diferenças
Palak e colaboradores, 2013	Comparar a VFC em nadadores profissionais e pessoas saudáveis na posição supino em repouso e após respiração profunda	Total: 41 voluntários (27 M e 14 F) Grupo 1: Nadadores (5 M e 5 F) Grupo 2: Pessoas saudáveis (22 M e 9 F)	Respiração normal Grupo 1: > iRR (ms) e > RMSSD (ms) Respiração profunda: Grupo 1: > iRR (ms) e > RMSSD (ms)	Respiração normal: Grupo 1 x 2: > LF ms <sup>2</sup> Respiração profunda: Grupo 1 x 2: > LF ms <sup>2</sup> , > HF ms <sup>2</sup> , > variância(ms <sup>2</sup> )
Schmitt e colaboradores, 2013	Comparar a VFC em atletas esquiadores nos estados de "fadiga" e "não fadiga"	Total: 57 esquiadores (27 M e 30 F) Modalidades: Biatlon (9 M e 18 F); Combinado nórdico (13 M) e Esqui cross-country (5 M e 12 F)	Grupo Fadiga: < iRR (ms)	Grupo Fadiga: < LF (ms <sup>2</sup> ), < HF (ms <sup>2</sup> ), < HF (un), < variância(ms <sup>2</sup> ), > LF (un), > LF/HF
Stanley e colaboradores, 2013	Avaliar os efeitos da imersão (I) em gelo x sem imersão (SI) sobre a VFC no período de recuperação de um exercício físico em ciclistas. Momentos avaliados (3 dias consecutivos): Ao acordar (A), Pós-exercício (PE), Pós-recuperação (PR), Noite (N).	11 ciclistas (M)	Dia 1: Sem diferenças no RMSSD (ms) e iRR (ms) nos momentos A e PE. I com > RMSSD (ms) nos momentos PR e N. I com > iRR (ms) no momento N. Ao longo dos 3 dias: Diferença no RMSSD (ms) no PR entre grupos decaiu. Sem diferenças nas demais variáveis	-----

**Legenda:** M= Masculino; F= Feminino; A= Atletas; VFC= Variabilidade da Frequência Cardíaca; iRR = intervalo cardíaco entre as ondas R; RMSSD = raiz quadrada da média dos quadrados das diferenças entre os intervalos RR consecutivos; HF = *High Frequency*; LF = *Low Frequency*; ms = milissegundos; ms<sup>2</sup> = milissegundos ao quadrado; un = unidades normalizadas.



**DISCUSSÃO****Variabilidade da Frequência Cardíaca em atletas x não atletas saudáveis**

A literatura atual é vasta quando se trata das alterações cardiovasculares sofridas pelos atletas. Dentre elas, as adaptações morfológicas ao treinamento têm sido talvez as mais descritas.

Estas alterações são provocadas em decorrência dos constantes desafios físicos proporcionados durante os treinamentos e provas de alta intensidade e podem promover uma série de modificações eletrocardiográficas no atleta, o que reforça a necessidade de constantes estudos à respeito (George e colaboradores, 2012; Mcclaskey, Lee e Buch, 2013).

De acordo com Corrado e colaboradores (2010), atletas altamente treinados sofrem alterações eletrocardiográficas, como bradicardia sinusal e repolarização precoce que resultam em adaptações fisiológicas como aumento do tônus parassimpático e retirada da atividade simpática.

Adicionalmente, as alterações morfológicas podem favorecer uma menor contratilidade cardíaca, pois o treinamento de endurance permite aumento no tamanho da cavidade do ventrículo esquerdo, com consequente aumento na espessura da parede ventricular.

Essas alterações permitem uma maior aceitação de sangue nas câmara ventricular, gerando aumento no volume diastólico final e no débito cardíaco (Sharma, 2003).

As alterações anteriormente citadas podem servir como justificativa para os resultados de parte dos artigos encontrados nesta revisão.

Molina e colaboradores (2013) e Palak e colaboradores (2013), ao compararem com pessoas saudáveis não atletas, ciclistas de montanha e nadadores profissionais, respectivamente, verificaram que os grupos dos atletas apresentaram maior intervalo cardíaco entre os batimentos, ou seja, menor FC.

Além disso, Palak e colaboradores (2013) encontraram um maior RMSSD (ms) no grupo de nadadores, o que indica uma maior modulação parassimpática neste grupo.

Adicionalmente, este mesmo estudo comparou dois momentos, registro em supino em repouso e supino em repouso com respiração profunda e em ambos os casos, além das diferenças já citadas da FC e do RMSSD (ms) no domínio do tempo, os nadadores tiveram maior LF (ms<sup>2</sup>), além de maior HF (ms<sup>2</sup>) e variância (ms<sup>2</sup>) no momento da respiração profunda na análise do domínio da frequência, o que conferiu uma maior variabilidade da frequência cardíaca nos atletas.

Outros autores, igualmente, ao comparar nadadores com pessoas saudáveis não atletas, também encontraram maior RMSSD (ms) no grupo de atletas.

Contudo, no domínio da frequência, apesar de manter uma maior LF (ms<sup>2</sup>), os autores demonstraram um maior LF (un), menor HF (un) e uma maior razão LF/HF no grupo de atletas, o que poderia segundo eles ter sido em razão dos atletas estarem num período de treinamento intenso (Rossi e colaboradores, 2014).

Este mesmo estudo avaliou a correlação das variáveis da VFC com a composição corporal, e identificou em ambos os grupos, no domínio do tempo, uma correlação positiva entre a proporção de massa magra e o índice de modulação parassimpática, o RMSSD (ms) e no domínio da frequência com o LF (ms<sup>2</sup>).

Além disso, no domínio da frequência, os nadadores profissionais com maior quantidade de gordura corporal apresentaram maior modulação autonômica simpática, ou seja, maiores índices de LF (un) e da razão LF/HF e redução do HF (un).

Por outro lado, o grupo das pessoas saudáveis não apresentou diferenças no domínio da frequência quando correlacionado com a maior proporção de gordura corporal.

Apesar deste resultado, a literatura tem demonstrado que pelo menos em pessoas com elevação dos níveis de gordura corporal, esta promove prejuízos autonômicos cardíacos (Brunetto e colaboradores, 2005; Soares-Miranda e colaboradores, 2011; Istenes e colaboradores, 2014).

Apesar da maioria dos estudos selecionados apreciarem a comparação da VFC de atletas com pessoas saudáveis não atletas, as diferenças podem ocorrer inclusive quando comparados grupos de atletas de diferentes modalidades.

Abad e colaboradores (2014) compararam dois grupos de atletas vinculados ao atletismo, sendo um grupo composto por atletas praticantes de esportes com predomínio de provas de longa distância (10 km, 21 km e 42 km), ou seja, atletas de endurance, enquanto o outro grupo era constituído por atletas vinculados a modalidades de força, caracterizadas por provas de curta distância (100 m, 200 m, 300 m, salto em distância).

Este estudo foi realizado no período da fase inicial da periodização pré-olimpíadas e os autores encontraram um maior RMSSD (ms) no grupo de endurance, sem diferenças nos resultados avaliados no domínio da frequência.

Eles sugerem que uma das possíveis justificativas para o resultado encontrado é devido à diferença de idade entre os grupos, já que o grupo de atletas de provas longas apresentavam maior idade.

Adicionalmente, Abad e colaboradores (2014) discutiram outras possibilidades para as diferenças, como a bradicardia sinusal, redução da frequência cardíaca intrínseca e a hipertrofia cardíaca.

De fato, todas essas podem justificar as alterações, e a hipertrofia cardíaca em especial, apresenta-se diferente entre os atletas que participam de treinamento predominantemente de endurance ou de força/explosão.

Apesar de ambos os grupos apresentarem uma hipertrofia de parede ventricular, diferente do grupo de endurance que apresentou um considerável aumento da cavidade ventricular esquerda para acomodar um grande volume de sangue advindo do aumento da pré-carga, o grupo de atletas de força apresentou um aumento da pós-carga, porém sem grande aumento na cavidade ventricular esquerda, favorecendo assim ainda mais o espessamento da parede ventricular (Morganroth e colaboradores, 1975; Macfarlane e colaboradores, 1991; Sharma, 2003).

### **Influência do exercício físico na variabilidade da frequência cardíaca em atletas**

As diferenças encontradas em atletas em relação às demais pessoas incentivam cada vez mais a busca pelo entendimento de

como o treinamento pode influenciar nas variáveis, sobretudo nesta revisão, na modulação autonômica cardíaca.

Como já foi dito, outros componentes podem interferir nas respostas autonômicas em um grupo de atletas, mesmo eles tendo a mesma carga de treinamento, como foi demonstrado na correlação da VFC com a gordura corporal (Rossi e colaboradores, 2014).

Schmitt e colaboradores (2013), por exemplo, investigaram outra variável que interfere na modulação autonômica cardíaca: a fadiga.

Eles estudaram 57 atletas esquiadores, que foram separados em dois grupos, com fadiga e sem fadiga, de acordo com o resultado de um questionário aplicado já validado pelo Consenso de Over training da Sociedade Francesa de Medicina do Esporte (Schmitt e colaboradores, 2013).

Ao analisar os registros coletados na posição supino em repouso, tanto no domínio do tempo quanto no da frequência, observaram prejuízo autonômico no grupo com fadiga instaurada, apresentando menor iRR (> FC) no domínio do tempo, bem como menores valores de LF (ms<sup>2</sup>), HF (ms<sup>2</sup>), HF (un) e variância (ms<sup>2</sup>) e maiores valores de LF (un) e da razão LF/HF, ou seja, o grupo com fadiga reportou um maior predomínio simpático, devido ao seu maior desgaste.

Adicionalmente, é de se considerar, que estudos avaliando a VFC em relação às condições fisiológicas provocadas pelo excesso de treinamento, como no estudo de Schmitt e colaboradores (2013), têm sido talvez um dos enfoques da pesquisa na área. Na presente revisão, foram encontrados outros artigos que trataram do mesmo assunto.

No estudo de Dupuy e colaboradores (2013), apesar de induzirem atletas de endurance à uma sobrecarga excessiva para posterior comparação com o período de redução de cargas na recuperação, não encontraram qualquer diferença entre as duas etapas de treinamento com relação à VFC no domínio do tempo e no domínio da frequência em uma avaliação realizada após um teste incremental durante a recuperação passiva.

Por outro lado, em uma avaliação à longo prazo, cabe citar que Dupuy e colaboradores (2013) também realizaram as mesmas medidas durante o período de sono e encontraram resultados distintos e sugeriram

que deve ser tomado cuidado na seleção das medidas mais sensíveis.

Todavia, é sabido que registros de curta duração permitem um controle mais rígido sobre o registro, uma vez que a manutenção do repouso em plena consciência reduz as chances de interferências do registro por outras razões, como por exemplo, contrações da musculatura de membros inferiores (Task Force, 1996).

Na mesma linha de estudo, Hug e colaboradores (2014) avaliaram a VFC durante um período de treinamento de 10 semanas em maratonistas (4 semanas de treinamento normal 3 de sobrecarga e 3 de redução de cargas).

Eles somente encontraram uma redução do RMSSD (ms) na segunda semana do período de redução de cargas e justificaram que o treinamento de endurance talvez possa ocorrer de acordo com uma dose-resposta.

Contraoando de certa forma este estudo, uma vez que os protocolos foram realizados com ideias diferentes, Plews e colaboradores (2014) ao realizar um treinamento de 26 semanas com 9 remadores, mensuraram diariamente o tempo total de treinamento obtido em cada zona de treinamento proposta pela FC, abaixo do limiar de lactato 1 (LT1), entre o LT1 e acima do limiar de lactato 2 (LT2).

Eles verificaram que os atletas que mantiveram maior tempo de treinamento abaixo do limiar de lactato 1 apresentaram maior RMSSD (ms) (baixa a moderada correlação), enquanto os que treinaram por maior tempo acima do LT2 apresentaram menor RMSSD (ms) (baixa correlação). Portanto, este estudo demonstrou que o treinamento com maior intensidade nesse grupo específico reduziu a resposta parassimpática.

Menicucci e colaboradores (2013), por sua vez também tiveram por objetivo avaliar o efeito do exercício físico sobre a VFC em triatletas, entretanto, neste estudo verificaram o efeito da VFC em uma única prova (*Ironman*), esta considerada de altíssima exigência física e psicológica.

Portanto, avaliaram a VFC em repouso (12 horas antes da prova) e 10 minutos após e verificaram uma queda tanto do LF (ms<sup>2</sup>), quanto do HF (ms<sup>2</sup>), o que demonstra que houve uma queda da VFC após a prova.

Apesar do estudo não apresentar valores normalizados de LF e HF para identificar o predomínio modulatório, os dados sugerem que possivelmente tenha ocorrido um aumento da razão LF/HF após a prova, o que de fato, também justificaria em parte a queda da VFC.

Tratando-se de uma prova de grande demanda física, é provável que a recuperação plena tenha demorado um pouco mais para acontecer, uma vez que o HF (ms<sup>2</sup>) não se elevou logo após os 10 minutos, e que dessa forma, seria de fato necessário maior tempo para completa recuperação.

Os outros artigos revisados, por sua vez levaram em consideração as condições citadas anteriormente neste tópico, como a fadiga e o possível retardo na recuperação.

Stanley e colaboradores (2013) verificaram os efeitos da imersão em água fria sobre a VFC. De fato, a preocupação em acelerar a recuperação dos parâmetros cardiovasculares e metabólicos em atletas é importante, e tem sido demonstrado que esse método apresenta efeitos relevantes, como redução do dano muscular, permitindo inclusive um aumento da intensidade nas próximas sessões (Hauswirth e colaboradores, 2011; Roberts e colaboradores, 2014).

Com relação à VFC, Stanley e colaboradores (2013) também observaram benefícios na recuperação. Ao avaliar 11 ciclistas, em dois blocos de três dias de avaliação (um bloco de recuperação com imersão em água fria em uma semana e outra sem imersão), eles compararam e notaram que no primeiro dia de exercício utilizando a imersão durante o período de recuperação, o RMSSD (ms) foi maior, em comparação ao período sem imersão, nos momentos pós-recuperação e à noite, bem como a FC foi menor também no período noturno.

Os autores também perceberam que ao longo dos três dias de avaliação a diferença do RMSSD (ms) entre o bloco com imersão e o bloco sem, decaiu.

Portanto, é de se sugerir que a imersão em água fria acelere a recuperação, entretanto, esta é menor entre os grupos, com o passar dos dias.

Por fim, diante de todo exposto, um último estudo demonstrou a importância da individualização da carga de treinamento e que esta pode ser auxiliada por valores encontrados na análise da VFC.



Para isso, Botek e colaboradores (2014) prescreveram um treinamento periodizado por 17 semanas, com avaliação diária da VFC.

De acordo com os resultados, caso algum atleta apresentasse queda brusca da modulação autonômica cardíaca vagal, a carga de treinamento daquele dia era manipulada, ou seja, reduzida.

Esses autores sugeriram que uma alta modulação vagal basal pode indicar que os atletas que estejam melhor recuperados, apresentem maior potencial de adaptação e prontidão para o treino, podendo obter melhores resultados.

A partir desta intervenção eles encontraram uma correlação positiva do RMSSD (ms), HF (ms<sup>2</sup>) e da variância com a performance nas últimas três semanas, ou seja, quanto maior a modulação vagal, maior a performance.

Dessa forma, a prescrição do treinamento de acordo com os resultados obtidos pela análise da VFC pode ser um novo caminho promissor para que se possa obter um maior controle do treinamento, evitando-se um treinamento excessivo e depreciativo.

### CONCLUSÃO

Conclui-se que de fato existem diferenças na modulação autonômica cardíaca entre pessoas saudáveis não atletas e atletas e entre atletas de modalidades e características distintas, sendo a modulação parassimpática maior nos atletas, e em atletas de endurance, respectivamente.

Adicionalmente, a VFC parece ser alterada em diferentes condições, dependendo de variáveis como idade, fadiga, gordura corporal e intensidade e cargas de treinamento.

De uma maneira geral, a análise da VFC demonstra ser uma importante ferramenta para avaliação da modulação autonômica cardíaca em atletas, antes, durante e após o treinamento, na recuperação e para a prescrição do treinamento.

### REFERÊNCIAS

1-Abad, C.C.; do Nascimento, A.M; Gil, S.; Kobal, R.; Loturco, I.; Nakamura, F.Y.; Mostarda, C.T.; Irigoyen, M.C. Cardiac Autonomic Control in High Level Brazilian

Power and Endurance Track-and-Field Athletes. *Int J Sports Med*. Vol. 35. Num. 9. 2014. p. 772-8.

2-Akselrod, S.; Gordon, D.; Ubel, F.A.; Shannon, D.C.; Berger, A.C.; Cohen, R.J. Power spectrum analysis of heart rate fluctuation: a quantitative probe of beat-to-beat cardiovascular control. *Science*. Vol. 213. Num. 4504. 1981. p. 220-2.

3-Bilińska, M.; Kosydar-Piechna, M.; Mikulski, T.; Piotrowicz, E.; Gasiorowska, U.; Piotrowicz, W.; Piotrowicz, R. Influence of aerobic training on neurohormonal and hemodynamic responses to head-up tilt test and on autonomic nervous activity at rest and after exercise in patients after bypass surgery. *Cardiol J*. Vol. 20. Num. 1. 2013. p. 17-24.

4-Botek, M.; McKune, A.J.; Krejci, J.; Stejskal, P.; Gaba, U. Change in performance in response to training load adjustment based on autonomic activity. *Int J Sports Med*, Vol. 35. Num. 6. 2014. p. 482-8.

5-Brunetto, A.F.; Roseguini, B.T.; Silva, B.M.; Hirai, D.M.; Guedes, D.P. Respostas Autonômicas Cardíacas à manobra de tilt em adolescentes obesos. *Rev. Assoc. Med. Bras*. Vol. 51. Num.5. 2005. p 256-260.

6-Castello, V.; Simoes, R.P.; Bassi, D.; Catai, A.M.; Arena, R.; Borghi-Silva, A. Impact of aerobic exercise training on heart rate variability and functional capacity in obese women after gastric bypass surgery. *Obes Surg*, Vol. 21. Num. 11. 2011. p. 1739-49.

7-Corrado, D.; Pelliccia A.; Heidbuchel, H.; Sharma, S.; Link, M.; Basso, C.; Biffi, A.; Buja, G.; Delise, P.; Gussac, I.; Anastakis, A.; Borjesson, M.; Bjørnstad, H.H.; Carrè, F.; Deligiannis, A.; Dugmore, D.; Fagard, R.; Hoogsteen, J.; Mellwig, K.P.; Panhuyzen-Goedkoop, N.; Solberg, E.; Vanhees, L.; Drezner, J.; Estes, N.A.; Iliceto, S.; Maron, B.J.; Peidro, R.; Schwartz, P.J.; Stein, R.; Thiene, G.; Zeppilli, P.; McKenna, W.J.; Recommendations for interpretation of 12-lead electrocardiogram in the athlete. *Eur Heart J*. Vol. 31. Num. 2. 2010. p. 243-59.

8-Dupuy, O.; Bherer, L.; Audiffren, M.; Bosquet, L. Night and postexercise cardiac

- autonomic control in functional overreaching. *Appl Physiol Nutr Metab.* Vol. 38. Num. 2. 2013. p. 200-8.
- 9-George, K.; Whyte, G.P.; Verde, D.J.; Oxborough, D.; Shave, R.E.; Gaze, D.; Somauroo, J. The endurance athletes heart: acute stress and chronic adaptation. *Br J Sports Med.* Vol. 46. Suppl 1. 2012. p. i29-36.
- 10-Hausswirth, C.; Louis, J.; Bieuzen, F.; Pournot, H.; Fournier, J.; Filliard, J.R.; Brisswalter, J. Effects of whole-body cryotherapy vs. far-infrared vs. passive modalities on recovery from exercise-induced muscle damage in highly-trained runners. *PLoS One.* Vol. 6. Num. 12. 2011. p. e27749.
- 11-Hug, B. Heyer, L.; Naef, N.; Buchheit, M.; Wehrin, J.P.; Millet, G.P. Tapering for marathon and cardiac autonomic function. *Int J Sports Med.* Vol. 35. Num. 8. 2014. p. 676-83.
- 12-Istenes, I. Korei, A.E.; Putz, Z.; Németh, N.; Martos, T.; Keresztes, K.; Kempler, M.S.; Erzsébet, V.O.; Vargha, P.; Kempler, P. Heart rate variability is severely impaired among type 2 diabetic patients with hypertension. *Diabetes Metab Res Rev.* Vol. 30. Num. 4. 2014. p. 305-12.
- 13-Kleiger, R. E.; Miller, J.P.; Bigger Jr., J.T.; Moss, A.J. Decreased heart rate variability and its association with increased mortality after acute myocardial infarction. *Am J Cardiol.* Vol. 59. Num. 4. 1987. p. 256-62.
- 14-Koskinen, T. Kähönen, M.; Jula, A.; Mattsson, N.; Laitinen, T.; Keltikangas-Järvinen L.; Viikari, J.; Välimäki, I.; Rönnemaa, T.; Raitakari, O.T. Metabolic syndrome and short-term heart rate variability in young adults. The cardiovascular risk in young Finns study. *Diabet Med.* Vol. 26. Num. 4. 2009. p. 354-61.
- 15-Lieb, D. C.; Parson, H.K.; Mamikunian, G.; Vinik, A. Cardiac autonomic imbalance in newly diagnosed and established diabetes is associated with markers of adipose tissue inflammation. *Exp Diabetes Res.* Vol. 2012. 2012. p. 1-8.
- 16-Lombardi, F.; Sandrone, G.; Mortara, A.; Torzillo, D.; La Rovere, M.T.; Signorini M.G.; Cerutti, S.; Malliani, A. Linear and nonlinear dynamics of heart rate variability after acute myocardial infarction with normal and reduced left ventricular ejection fraction. *Am J Cardiol.* Vol. 77. Num. 15. 1996. p. 1283-8.
- 17-Macfarlane, N.; Northridge, D.B.; Wright, A.R.; Grant, S.; Dargie, H.J. A comparative study of left ventricular structure and function in elite athletes. *Br J Sports Med.* Vol. 25. Num. 1. 1991. p. 45-8.
- 18-McClaskey, D.; Lee, D.; Buch, E. Outcomes among athletes with arrhythmias and electrocardiographic abnormalities: implications for ECG interpretation. *Sports Med.* Vol. 43. Num. 10. 2013. p. 979-91.
- 19-Menicucci, D.; Piarulli, A.; Mastorci, F.; Sebastiani, L.; Laurino, M.; Garbella, E.; Castagnini, C.; Pellegrini, S.; Lubrano, V.; Bernardi, G.; Metelli, M.; Bedini, R.; L'Abbate A.; Pingitore, A.; Gemignani, A. Interactions between immune, stress-related hormonal and cardiovascular systems following strenuous physical exercise. *Arch Ital Biol.* Vol. 151. Num. 3. 2013. p. 126-36.
- 20-Molina, G. E.; Porto, L.G.; Fontana, K.E.; Junqueira Jr, L.F. Unaltered R-R interval variability and bradycardia in cyclists as compared with non-athletes. *Clin Auton Res.* Vol. 23. Num. 3. 2013. p. 141-8.
- 21-Morganroth, J.; Maron, B.J.; Henry, W.L.; Epstein, S.E. Comparative left ventricular dimensions in trained athletes. *Ann Intern Med.* Vol. 82. Num. 4. 1975. p. 521-4.
- 22-Pagani, M.; Malfatto, G.; Pierini, S.; Casati, R.; Masu, A.M.; Poli, M.; Guzzetti, S.; Lombardi, F.; Cerutti, S.; Malliani, A. Spectral analysis of heart rate variability in the assessment of autonomic diabetic neuropathy. *J Auton Nerv Syst.* Vol. 23. Num. 2. 1986. p. 143-53.
- 23-Palak, K.; Furgala, A.; Ciesielczyk, K.; Szygula, Z.; Thor, P.J. The changes of heart rate variability in response to deep breathing in professional swimmers. *Folia Med Cracov.* Vol. 53. Num. 2. 2013. p. 43-52.
- 24-Plews, D.J.; Laursen, P.B.; Kilding, A.E.; Buchheit, M. Heart Rate Variability and

# Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício

ISSN 1981-9900 *versão eletrônica*

Periódico do Instituto Brasileiro de Pesquisa e Ensino em Fisiologia do Exercício

[www.ibpex.com.br](http://www.ibpex.com.br) / [www.rbpfex.com.br](http://www.rbpfex.com.br)

Training Intensity Distribution in Elite Rowers. *Int J Sports Physiol Perform.* Vol. 9. 2014. 1026-1032.

25-Prinsloo, G.E.; Rauch, H.G.; Derman, W.E. A brief review and clinical application of heart rate variability biofeedback in sports, exercise, and rehabilitation medicine. *Phys Sportsmed.* Vol. 42. Num. 2. 2014. p. 88-99.

26-Roberts, L. A.; Nosaka, K.; Coombes, J.S.; Peake, J.M. Cold water immersion enhances recovery of submaximal muscle function following resistance exercise. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol.* Vol. 307. Num. 8.; 2014. R998–R1008.

27-Rossi, F. E.; Ricci-Vitor, A.L.; Sabino, J.P.; Vanderlei, L.C.; Freitas Jr, I.F. Autonomic modulation and its relation with body composition in swimmers. *J Strength Cond Res.* Vol. 28. Num. 7. 2014. p. 2047-53.

28-Schmitt, L.; Regnard, J.; Desmarests, M.; Mauny, F.; Mourot, L.; Fouillot, J.P.; Coulmy, N.; Millet, G. Fatigue shifts and scatters heart rate variability in elite endurance athletes. *PLoS One.* Vol. 8. Num. 8. 2013. p. e71588.

29-Sharma, S. Athlete's heart--effect of age, sex, ethnicity and sporting discipline. *Exp Physiol.* Vol. 88. Num. 5. 2003. p. 665-9.

30-Soares-Miranda, L.; Alves, A.J; Vale, S.; Aires, L.; Santos, R.; Oliveira, J.; Mota, J. Central fat influences cardiac autonomic function in obese and overweight girls. *Pediatr Cardiol.* Vol. 32. Num. 7. 2011. p. 924-8.

31-Stanley, J.; Peake, J. M.; Buchheit, M. Consecutive days of cold water immersion: effects on cycling performance and heart rate variability. *Eur J Appl Physiol.* Vol. 113. Num.2. 2013. p. 371-84.

32-Task Force. 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. *Circulation.* Vol. 93. Num. 5. 1996. p. 1043-65.

33-Vanderlei, L. C.; Pastre, C.M.; Hoshi, R.A.; Carvalho, T.D.; Godoy, M.F. Basic notions of heart rate variability and its clinical

applicability. *Rev Bras Cir Cardiovasc.* Vol. 24. Num. 2. 2009. p. 205-17.

E-mail dos autores:  
victorbarbosa@usp.br  
rafaelmenezesreis@gmail.com  
satyko@msn.com  
tourinho@usp.br

Endereço para correspondência:  
Victor Barbosa Ribeiro  
Endereço: Av. Bandeirantes, 3900.  
Vila Monte Alegre - Ribeirão Preto-SP.  
CEP: 14049-900.

Recebido para publicação 18/01/2015  
Aceito em 25/06/2015