

## Resposta Autonômica Cardíaca e Cardiorrespiratória em Atletas de Voleibol Versus Indivíduos Treinados

Autonomic Cardiac and Cardiorespiratory Reponses in Volleyball Athletes Compared to Trained Individuals

Pedro Rodrigues de Menezes<sup>1,2</sup>, Roberto Simão<sup>1</sup>, Silvio Rodrigues Marques-Neto<sup>3</sup>, Renato dos Santos Fonseca<sup>2,4</sup>, Aline Rezende<sup>4</sup>, Alex Souto Maior<sup>2,3,4</sup>

### Resumo

**Fundamentos:** Durante exercício progressivo descreve-se a redução da variabilidade da frequência cardíaca (VFC) e, no período pós-exercício, o comportamento da VFC parece depender de variáveis como duração, tipo e intensidade do estímulo.

**Objetivo:** Investigar e comparar a modulação autonômica cardíaca, através da análise da VFC, em atletas e indivíduos treinados.

**Métodos:** 14 indivíduos saudáveis do sexo masculino, estratificados em dois grupos: Atletas (AT) (n=7; 24,5±7,6 anos; 76,2±9,2kg; 24,5±5,5kg/m<sup>2</sup>) e Treinados (TR) (n=7; 26,5±5,2 anos; 79,6±26,9kg; 23,45±6,6kg/m<sup>2</sup>) foram submetidos a teste de rampa progressivo submáximo (esteira ergométrica). Os intervalos RR foram obtidos através de um monitor cardíaco (Polar RS800G3). A interrupção do teste ocorreu quando o indivíduo atingiu o valor de 85% da FC<sub>max</sub> prevista para a idade. Para a análise de VFC, foram utilizadas séries de intervalos RR obtidas durante o período de 10min de duração (pré e pós-exercício). No domínio do tempo, foram extraídos os índices RRMédio, pNN50 e RMSSD; no domínio da frequência, foram calculadas as potências espectrais de baixa frequência (LF: 0,04Hz a 0,15Hz) e de alta frequência (HF: 0,15Hz a 0,4Hz), além da razão LF/HF e potência total (Pot.total).

**Resultados:** A ANOVA *two way*, seguida de teste *post-hoc* de Bonferroni revelou no repouso valores significativamente maiores no grupo AT em comparação a TR, para os índices RRMédio (22%; p<0,01), Pot.total (77%; p<0,001) e LF (126%; p<0,01); sem diferença significativa no pós-esforço.

**Conclusão:** Atletas apresentam maior RRMédio em

### Abstract

**Background:** During progressive exercise, decreased heart rate variability (HRV) is described, with post-exercise HRV behavior seeming to depend on variables such as duration, type and intensity of the stimulus.

**Objective:** To investigate and compare autonomic cardiac modulation in athletes and trained individuals.

**Methods:** Fourteen healthy male: athletes were divided into two groups: Athletes (AT) (n=7; 24.5±7.6 years; 76.2±9.2kg; 24.5±5.5kg/m<sup>2</sup>) and Trained (TR) (n=7; 26.5±5.2 years; 79.6±26.9kg; 23.45±6.6kg/m<sup>2</sup>) and were subjected to sub-maximum progressive ramp testing on treadmills. The RR intervals were obtained through a heart monitor (Polar RS800G3), interrupting the test when the individual reached 85% of maximum age-predicted heart rate. In order to analyze the HRV, the RR intervals were used for the 10-minute periods before and after exercise. In the time domain, the following indexes were obtained: RRMean, pNN50 and RMSSD; in the frequency domain, low and high frequency spectrum capacities were obtained (LF: 0.04Hz to 0.15Hz), and (HF: 0.15Hz to 0.4Hz), in addition to the LF/HF ratio and total capacity (TC).

**Results:** The two-way ANOVA followed by a *post-hoc* Bonferroni test showed significantly higher at-rest values for the AT group compared to the TR group for RRMean (22%; p<0.01), TC (77%; p<0.001) and LF (126%; p<0.01), with no significant differences after exercise.

**Conclusion:** Athletes present the highest at-rest RRMean,

<sup>1</sup> Escola de Educação Física e Desporto - Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) - Rio de Janeiro (RJ), Brasil

<sup>2</sup> LaboFit - Health Management & Performance - Rio de Janeiro (RJ), Brasil

<sup>3</sup> Laboratório de Eletrofisiologia Cardíaca - Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) - Rio de Janeiro (RJ), Brasil

<sup>4</sup> Departamento de Fisiologia do Exercício - Centro Universitário Plínio Leite - (UNIPLI) - Niterói (RJ), Brasil

repouso. Entretanto, a frequência e intensidade do programa de treinamento físico parecem interferir no comportamento autônomo cardíaco.

**Palavras-chave:** Atletas, Exercícios físicos, Modulação autônoma cardíaca

## Introdução

O exercício físico se caracteriza por uma situação que retira o organismo de sua homeostase, pois implica aumento instantâneo da demanda energética da musculatura exercitada. Desse modo, para suprir a nova demanda metabólica, várias adaptações fisiológicas são necessárias, dentre elas, os ajustes nos sistemas autônomo, cardiopulmonar e metabólico,<sup>1,2</sup> onde se observa o aumento da frequência cardíaca (FC), do volume sistólico (VS), do consumo de oxigênio (VO<sub>2</sub>), da ventilação pulmonar (VE) e da pressão arterial (PA). Além dessas, destaca-se também a redistribuição do fluxo sanguíneo periférico durante o exercício que, além de mecanismos locais, é amplamente dependente de fatores neurais.<sup>3,4</sup>

Os ajustes cardiovasculares durante a realização do exercício físico são efetuados por três mecanismos: 1- Mecanismo neural: através da ação reflexa de fibras aferentes musculares (mecanorreceptores e quimiorreceptores) que informam as alterações periféricas ao centro de controle cardiovascular localizado no bulbo cerebral, proporcionando estímulos específicos de acordo com a intensidade do esforço;<sup>5</sup> 2- Mecanismo central: representa a atividade dos centros encefálicos (sistema autônomo cardíaco) que, concomitantemente, estabelece alterações nas atividades eferentes simpática e parassimpática durante a realização de exercícios físicos;<sup>6</sup> 3- Mecanismo barorreflexo arterial: funciona como um agente regulador do comportamento da pressão arterial, batimento a batimento cardíaco, mantendo a PA dentro de um determinado limite de variação, bem como exercendo interações na flutuação do tônus vasomotor.<sup>6,7</sup>

Importantes efeitos benéficos do exercício de resistência – *endurance* – são atribuídos às significativas adaptações/alterações morfofisiológicas observadas nos sistemas cardiopulmonar, vascular e metabólico, sendo adquiridas ao longo do tempo da prática da atividade física. Tais benefícios fisiológicos representam a simples somação temporal dos efeitos que surgem durante e imediatamente após uma única sessão de exercício físico – respostas agudas e subagudas.<sup>8</sup> Assim, enfatizam-se a importância da manutenção da prática regular da atividade física e sua influência na

while the frequency and intensity of the physical training program seems to interfere in autonomic cardiac behavior.

**Keywords:** Athletes, Physical exercise, Autonomic cardiac modulation

magnitude das respostas fisiológicas agudas e subagudas do exercício realizado.<sup>1,8,9</sup>

Por outro lado, o incremento da intensidade e/ou da duração da atividade física pode acentuar o risco de eventos de taquiarritmias e de morte súbita cardíaca, que estão altamente correlacionados à alta atividade simpática em sua fisiogênese.<sup>7,10</sup> Contudo, o controle das respostas agudas e subagudas ao exercício físico mediante manipulação das variáveis dose/resposta, da intensidade aplicada e/ou da duração do exercício realizado, parece exercer influências significativas sobre os mecanismos de controle neural cardíaco.<sup>4,7,10</sup> Tais influências podem atenuar a atividade adrenérgica e/ou proporcionar maior atividade do tônus parassimpático, conseqüentemente, atua como um mecanismo cardioprotetor ao longo do exercício e imediatamente após sua realização, bem como durante o período de repouso.<sup>2,4,7,10</sup>

É importante salientar que atletas e indivíduos treinados, além das adaptações/alterações fisiológicas já descritas, apresentam valores reduzidos de frequência cardíaca no repouso (bradicardia) e uma menor elevação da frequência cardíaca no início do exercício. Em alguns estudos foi observada uma maior atuação da modulação parassimpática em repouso, além de um quadro acentuado de reativação vagal imediatamente ao final do exercício realizado.<sup>11-13</sup>

Além do exercício físico, outros fatores influenciam o comportamento do sistema autônomo cardíaco e, entre eles, o mais estudado é a ventilação pulmonar, que exibe uma complexa interação com a frequência cardíaca (FC) através de um mecanismo eminentemente vagal, denominado arritmia sinusal respiratória.<sup>14,15</sup> Assim, quanto maior o volume de ar inspirado antes de uma apneia, menores são os valores de FC atingidos após a aceleração inicial do exercício o que, conseqüentemente, enfatiza a magnitude da resposta bifásica da FC à respiração.<sup>11,14,15</sup> Nesse aspecto, a mensuração da frequência respiratória efetuada respiração a respiração durante a realização do exercício físico, pode demonstrar uma participação mais efetiva dos músculos respiratórios, fator este pode vir a influenciar diretamente na modulação da FC durante e após a atividade física.

O objetivo deste estudo foi investigar e comparar a influência do nível de capacidade física sobre a magnitude de respostas fisiológicas agudas e subagudas dos sistemas autonômico cardíaco e respiratório ao exercício submáximo em atletas e indivíduos treinados.

## Metodologia

Foram selecionados 14 indivíduos do sexo masculino, aparentemente saudáveis e isentos de contra-indicações ao exercício. Os voluntários foram estratificados em dois grupos: AT (atletas - n=7; 24,5±7,6 anos; 76,2±9,2kg; 175,6±11,5cm, 24,5±5,5kg/m<sup>2</sup>) e TR (indivíduos treinados - n=7; 26,5±5,2 anos; 79,6±26,9kg; 177±12cm; 23,45±6,6kg/m<sup>2</sup>). Todos foram informados sobre os procedimentos de coleta de dados, responderam ao questionário Par-Q, IPAQ e assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido de acordo com o Conselho Nacional de Saúde (Resolução CNS 196/96). O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa das Ciências da Saúde da instituição.

Realizou-se a mensuração da pressão arterial de repouso, o eletrocardiograma de repouso e a mensuração das variáveis antropométricas (estatura, massa corporal e índice de massa corporal – IMC). Para as medidas antropométricas foram utilizados: balança analógica calibrada em kilogramas (*Filizola*, Brasil) e estadiômetro calibrado em centímetros (*Sanny*, Brasil). O índice de massa corporal (IMC) foi calculado pela equação da *World Health Organization*. A mensuração da pressão arterial de repouso foi realizada pelo método auscultatório com o aparelho (*Nissei modelo HT-110*). Os registros do eletrocardiograma foram realizados pelo equipamento digital (*CONTEC-8000D Telenetry ECG - EUA.*).

Para melhor homogeneidade da amostra, utilizaram-se os seguintes critérios de exclusão: a) problemas osteomioarticulares que limitassem ou contra-indicassem a prática do exercício programado (teste de esforço submáximo em rampa progressiva); b) tabagismo; c) presença de alterações eletrocardiográficas em repouso como sugestão de isquemia do miocárdio; e) hipertensão arterial ( $\geq 140\text{mmHg} \times 90\text{mmHg}$ ); f) disfunção metabólica ou diabetes.

Como critérios de inclusão e avaliação do nível de capacidade física foram adotados os seguintes parâmetros: a) valor do equivalente metabólico  $\geq 8$  METS obtido no teste;<sup>2,16</sup> b) sujeitos normotensos; c) sujeitos fisicamente ativos por mais de 12 meses, com um período de atividade física semanal de, no

mínimo, três vezes por semana durante 45 minutos a 75% da frequência cardíaca máxima para a idade;<sup>16</sup> d) atletas integrados à equipe de voleibol profissional do Centro Universitário Plínio Leite, com frequência de treinamento de seis vezes semanais, durante 90 minutos e intensidade entre 75% e 90% da frequência cardíaca máxima prevista para a idade; e) resposta obtida pelo questionário do *International Physical Activity Questionnaire* (IPAQ).<sup>17</sup>

## Teste de esforço submáximo

Os indivíduos foram esclarecidos sobre todos os procedimentos a serem realizados. Esses esclarecimentos ocorreram em duas visitas não consecutivas ao laboratório ( $\neq 24\text{h}$ ): 1º - medidas antropométricas, medidas hemodinâmicas, anamnese e registro com o ECG digital de 12 derivações em repouso; 2º - realização do teste de esforço submáximo. Previamente aos testes, solicitou-se a todos os voluntários a não realizarem qualquer tipo de atividade física, bem como absterem-se de bebidas alcoólicas e cafeinadas nas 24 horas precedentes a cada avaliação.

Todos os voluntários (atletas e treinados) realizaram o teste de esforço em esteira ergométrica (*Inbrasport*, Brasil), com a utilização do protocolo de rampa, o qual se caracterizou pelo ajuste às condições clínicas e biomecânicas dos pacientes, com incremento de intensidade de esforço progressivo até atingir 85% da FC máxima prevista para a idade. Para a verificação desse valor, utilizou-se a equação 220-idade (anos) para a FC máxima prevista para idade. Contudo, para a determinação do valor percentual a ser atingido, utilizou-se a equação [(FC máxima-FC basal)  $\times$  85%]+FC basal.<sup>18,19</sup> É importante enfatizar que durante todos os testes, os voluntários foram monitorados continuamente pelo ECG de 12 derivações (*Contec - EUA*), seguindo os posicionamentos da Sociedade Brasileira de Cardiologia<sup>18</sup> e da Associação Americana do Coração<sup>20</sup> (Figura 1). Além disso, a cada estágio do protocolo do teste, os voluntários foram questionados a respeito da percepção subjetiva do esforço através da escala de *Borg* (escala analógica de 6 a 20 – de extremamente leve a extremamente intenso).<sup>18</sup>

A presença de uma das seguintes alterações foi utilizada como critério de interrupção do teste e considerada como padrão de diagnóstico de isquemia: depressão do segmento ST >1mm ou elevação de 80ms após o final do complexo QRS, severa depressão do segmento ST >2mm comparado com o registro de repouso, persistente depressão do segmento ST mais que 6 minutos durante o teste, queda na pressão arterial sistólica >10mmHg em

relação à medida anterior e elevação acentuada da PAS até 260mmHg.<sup>18,20,21</sup> Outros sintomas também foram utilizados como critério de interrupção do teste de esforço: progressiva dor precordial, dispneia, fadiga muscular, taquicardias supraventriculares sustentadas e taquicardias ventriculares.<sup>18,20,21</sup>

### Variabilidade da frequência cardíaca (VFC)

Após a realização dos testes, os dados foram direcionados para o *Matlab* (*Matlab version 6.0, Mathworks, Massachusetts, USA*) para a realização das análises de domínio do tempo e da frequência.

As análises foram realizadas após 10 minutos de registro contínuo do ECG digital de 12 derivações (*Contec, EUA*), durante o período pré e pós-esforço. A análise espectral no domínio da frequência foi realizada pelo algoritmo transformante de *Fourier*. A integração dos valores dos módulos espectrais das faixas sucessivas de 0,004Hz a 1Hz foi utilizada para calcular a variabilidade espectral de todo o espectro (potência total). A integração dos valores de faixas sucessivas da frequência cardíaca (FC) foi classificada da seguinte forma em relação ao domínio da frequência: componente de muita baixa frequência (VLF - 0,003Hz a 0,04Hz); componente de baixa frequência (LF - 0,04Hz a 0,15Hz); componente de alta frequência (HF - 0,15Hz a 0,4Hz). O quociente entre LF e HF (índice LF/HF) foi utilizado para calcular o índice simpátovagal. A potência normalizada dos componentes de LF e HF foi calculada em unidades normalizadas (UN).

Para a análise da VFC, no domínio do tempo, foram calculados os seguintes algoritmos: RR médio (média dos intervalos RR normal); NN50 (número de diferenças dos intervalos NN consecutivos superior a 50ms); pNN50 (percentual de intervalo RR normal que difere mais que 50ms de seu adjacente); RMSSD (raiz quadrada da soma das diferenças sucessivas entre intervalos RR normais adjacentes ao quadrado).

### Ergoespirometria

A ergoespirometria, método de análise da capacidade cardiopulmonar, foi utilizada para quantificar o comportamento da ventilação pulmonar através das frações expiradas e inspiradas de oxigênio (O<sub>2</sub>), utilizando-se o aparelho (*FitMate Pro - Cosmed - Itália*). Foi analisada durante cada fase do ciclo respiratório, respiração a respiração, ao longo da realização do protocolo utilizado no presente estudo. O critério utilizado para a determinação de consumo de oxigênio de pico (VO<sub>2</sub> pico) foi a obtenção do maior valor de oxigênio consumido durante a realização do teste de rampa progressivo submáximo, sendo essa variável

mensurada a partir do produto da VE pelo oxigênio consumido (diferença entre o conteúdo de oxigênio inspirado e expirado). Foram também analisados os parâmetros ventilatórios VE e VE/VO<sub>2</sub>, durante a realização do teste.

Assim, a ventilação pulmonar (VE) foi determinada pelo volume de ar que se desloca para dentro e para fora dos pulmões, sendo essa variável expressa em litros por minuto. O equivalente ventilatório para o oxigênio (VE/O<sub>2</sub>) foi calculado pela relação entre VE e VO<sub>2</sub>.

Antes do teste, os atletas se mantiveram em repouso por 10 minutos sobre a esteira ergométrica na posição ortostática, sendo realizada a coleta de gases a partir do quinto minuto. Ao término do teste, foi realizada uma recuperação ativa de cinco minutos, a 3km por hora, em que foi mantida a mensuração da função cardiopulmonar.

Para a realização de mensurações fidedignas foram adotados os seguintes parâmetros:<sup>22</sup>

- Os voluntários realizaram inspiração e expiração profundas por alguns segundos, observando o relaxamento muscular dos ombros e do tórax, evitando a respiração superficial;
- Para início do teste, o comportamento da VE, oscilou entre 8L/min e 15L/min, o QR entre 0,75 e 0,85 e o consumo de oxigênio (VO<sub>2</sub>) de repouso próximo a 3,5mL/kg/min, o que corresponde a 1 MET;
- Temperatura interna do laboratório de 22°C.

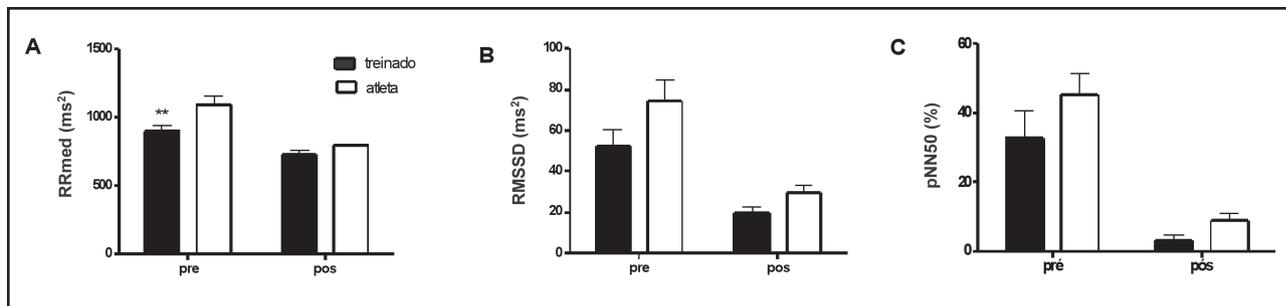
### Análise estatística

Os resultados foram apresentados em média ± erro-padrão (descrição da amostra). Para análise das respostas inter e intragrupos foram utilizados a ANOVA *two way* seguida pelo teste *post-hoc* de *Bonferroni*. Para todas as análises foi utilizado o programa *GraphPad Prism 5.0* e estabelecido o nível de significância de 5% ( $\alpha=0,05$ ).

### Resultados

O comportamento autônomo cardíaco, em relação às análises intergrupos (AT vs. TR), revelou diferença significativa no pré-esforço para o RRmédio (AT= 1097,0±59,5ms<sup>2</sup> vs. TR= 899,3±41,5ms<sup>2</sup>; p<0,01) na condição de domínio do tempo (Figura 1).

Em relação ao domínio de frequência, no pré-esforço, o grupo de atletas apresentou aumento significativo no LF (AT= 2609,0±500,2ms<sup>2</sup> vs. TR= 1154,0±273,8ms<sup>2</sup>; p<0,001) e na Pot.total



**Figura 1**

Comportamento autonômico cardíaco em relação às variáveis de domínio do tempo pré e pós-esforço.

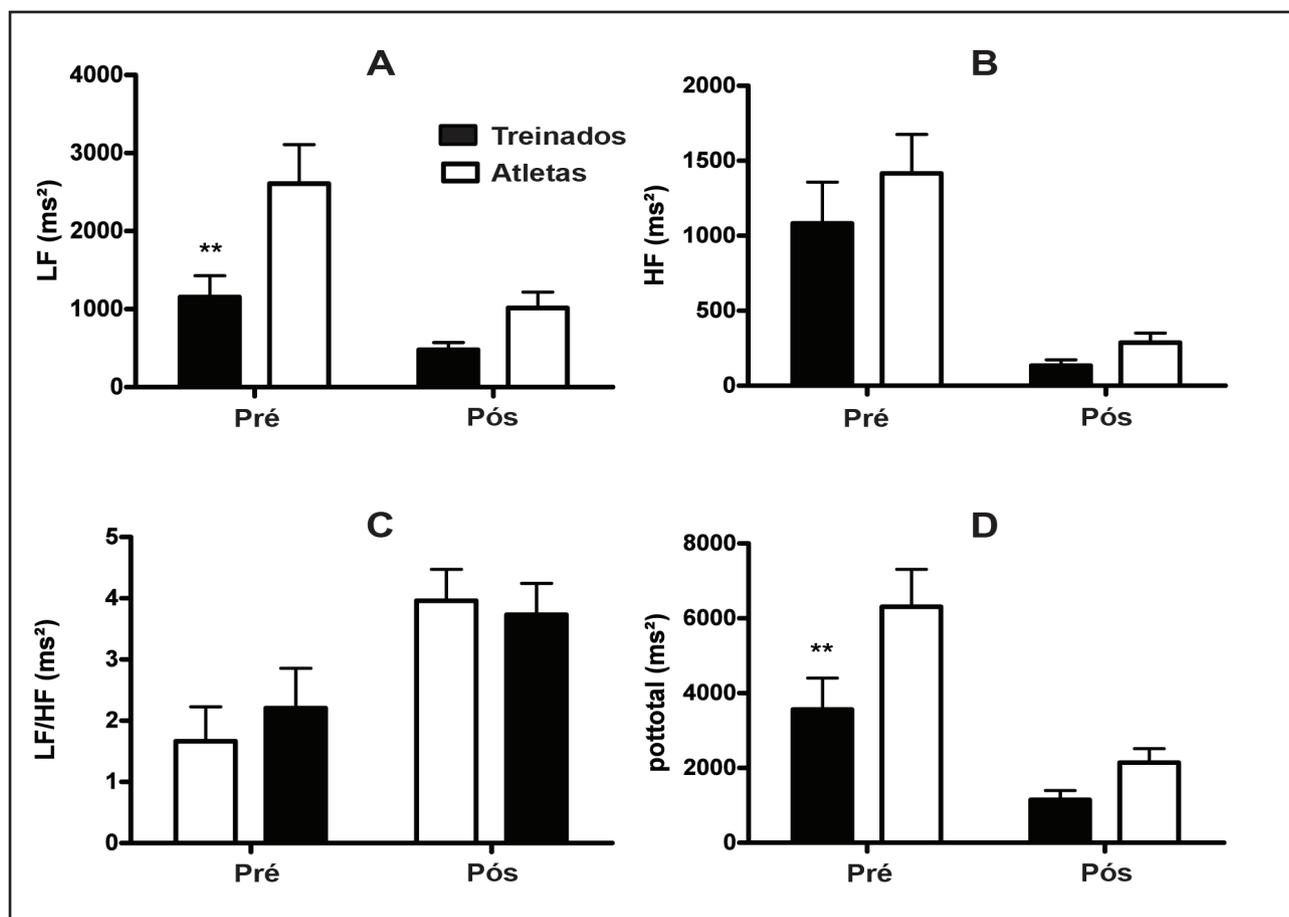
RRmed=média dos intervalos RR; RMSSD=raiz quadrada da soma das diferenças sucessivas entre intervalos RR normais adjacentes ao quadrado; pNN50=percentual de intervalo RR normal que difere mais que 50ms de seu adjacente.

\*\*p<0,01 – diferença intergrupos em relação ao pré-esforço do grupo treinado

(AT= 6308,0±1003,0ms<sup>2</sup> vs. TR= 3560,0±843,9ms<sup>2</sup>; p<0,001) quando comparados com os indivíduos treinados (Figuras 2A e 2D). Contudo, as variáveis HF e razão LF/HF não apresentaram diferença significativa intergrupos (Figuras 2B e 2C).

de domínio do tempo e frequência na VFC (p>0,05). Os valores de VO<sub>2</sub>pico não revelaram diferença significativa intergrupos (AT= 40,80±10,2ml/kg<sup>-1</sup>/min<sup>-1</sup>; TR= 38,84±8.9ml/kg<sup>-1</sup>/min<sup>-1</sup>; p>0,05). Além disso, o equivalente ventilatório e a fração VE/VO<sub>2</sub> não apresentaram diferença significativa entre AT vs. TR no repouso, no pico do esforço e cinco minutos pós-esforço (Figuras 3A, 3B e 3C).

Entretanto, não foi verificada diferença significativa intergrupos no período pós-esforço para as variáveis

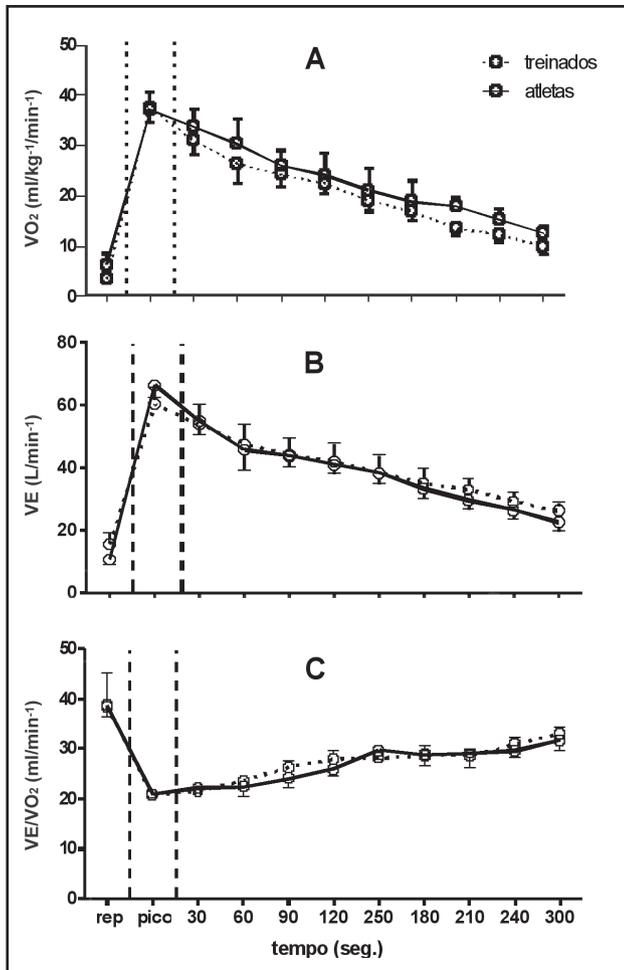


**Figura 2**

Comportamento autonômico cardíaco em relação às variáveis de domínio da frequência no pré e pós-esforço.

LF=baixa frequência; HF=alta frequência; LF/HF=razão entre LF e HF; pottotal=potência total do espectro

\*\*p<0,001 – diferença intergrupos em relação ao pré-esforço do grupo treinado



**Figura 3**

Comportamento da função cardiopulmonar e do equivalente ventilatório de ambos os grupos (AT vs. TR) em relação ao repouso, pico do esforço e cinco minutos de recuperação pós-esforço (300s).

$VO_{2c}$  consumo de oxigênio;  $VE$ =ventilação pulmonar;  $VE/VO_{2c}$  razão entre  $VE$  e  $VO_2$

## Discussão

Este estudo teve como objetivo investigar e comparar a influência do nível de capacidade física sobre o comportamento do sistema autonômico cardíaco, através dos domínios tempo e frequência da variabilidade da frequência cardíaca (VFC), como também sua influência nas trocas gasosas em atletas profissionais de voleibol (AT) comparados a indivíduos treinados aerobicamente (TR).

Os resultados na condição pré-esforço, para as variáveis de domínio do tempo (RRmédio) e frequência (Pot. total e LF), revelaram-se significativamente maiores no grupo de atletas quando comparados aos indivíduos treinados. Entretanto, nenhuma diferença significativa foi encontrada na análise das trocas

gasosas. É possível que estes resultados encontrados estejam diretamente correlacionados com as adaptações dos mecanismos neurais de controle autonômico cardíaco, desencadeadas por sucessivos estímulos aos quais os atletas são expostos diariamente ao longo do tempo de sua preparação esportiva. Além disso, essas adaptações podem estar associadas ao nível desenvolvido de capacidade física de indivíduos engajados em um programa sistematizado e periodizado de treinamento físico.

Alguns autores comentam que a melhora da capacidade física pode exercer significativas alterações nos mecanismos neurais de controle autonômico cardíaco.<sup>1,4,11,12</sup> Essas alterações estão diretamente associadas ao incremento da atividade vagal e à possível redução da atividade simpática, tanto em repouso quanto na fase inicial do exercício, em que os indivíduos treinados apresentaram uma menor elevação da frequência cardíaca no início do exercício quanto em exercícios submáximos.<sup>11-13</sup> Entretanto, no período imediatamente pós-esforço, indivíduos com elevados níveis de capacidade física, parecem revelar também uma acentuada reatividade vagal.<sup>11,12</sup> Essas características somadas às adaptações/alterações metabólicas desencadeadas pelo treinamento físico podem favorecer o menor trabalho do miocárdio em situações distintas (repouso e durante a realização/recuperação do exercício físico).<sup>1,5,16</sup>

Contudo, os resultados aqui encontrados não demonstraram diferença significativa intergrupos (AT vs. TR) nos períodos pré e pós-esforço, quando investigados os marcadores de comportamento vagal (HF e RMSSD). Este resultado pode estar relacionado ao consumo de oxigênio no pico do esforço similar em ambos os grupos. Ou seja, os grupos do estudo são caracterizados pela prática de atividade física com elevado componente anaeróbico e baixo componente aeróbico. Esta hipótese está de acordo com a literatura científica atual, em que as variáveis metodológicas envolvidas no treinamento físico, como intensidade e volume, podem interferir nas respostas autonômicas e na resistência/tolerância ao exercício físico.<sup>9,13</sup>

Alguns relatos na literatura científica demonstram que o comportamento vagal se revela mais acentuado em atletas, porém grande parte dos estudos utilizou como amostra atletas de ciclismo,<sup>23</sup> corrida<sup>24</sup> e triathlon,<sup>25</sup> atividades caracterizadas pelo alto volume da atividade de *endurance*. Além disso, o grupo-controle desses estudos era formado por indivíduos sedentários, o que se diferencia da metodologia do presente estudo. Recentemente, Sztajzel et al.<sup>24</sup> verificaram maior atividade do sistema autonômico

cardíaco em atletas de *endurance* quando comparados com atletas de *hockey* e indivíduos destreinados. Shin et al.<sup>26</sup> demonstraram que atletas de *endurance* apresentam maior atividade vagal no repouso em relação a sedentários, e expressavam também uma rápida recuperação da frequência cardíaca ao final do esforço. No estudo de Berkoff et al.<sup>27</sup> verificou-se que atletas de *cross-country* de elite apresentaram maior atividade parassimpática em relação a indivíduos fisicamente ativos e sedentários. Assim, vale ressaltar que o volume, o tipo de estímulo e a intensidade empregados no treinamento, além da característica específica da modalidade esportiva, podem ser os principais fatores para tais oscilações no comportamento do sistema autonômico parassimpático, principalmente em atletas e indivíduos treinados quando comparados a indivíduos sedentários.

Os resultados aqui encontrados revelaram elevação significativa da potência total em atletas durante o repouso que, na literatura científica, é um possível indicador de flutuações da atividade vagal, principalmente em repouso.<sup>28</sup> Contudo, após o esforço, verifica-se que a potência total atua predominantemente na banda de LF e, conseqüentemente, seria um possível indicador de alterações na modulação autonômica total, em vez de alterações somente na modulação vagal.<sup>28,29</sup>

O LF pode refletir múltiplos mecanismos do controle autonômico cardíaco, tais como: a oscilação dos ramos simpático/parassimpático e a resposta reflexa dos barorreceptores cardíacos.<sup>30</sup> Contudo, em relação aos resultados deste estudo, especula-se que, em repouso, o aumento do LF em atletas possa estar relacionado às oscilações da atividade cardiovagal presente nas flutuações dos intervalos RR atuante na banda de LF.<sup>31</sup>

Assim, corroborando estes resultados, Furlan et al.<sup>32</sup> comentam que atletas apresentam bradicardia e aumento do componente de LF em repouso. Outro fator que poderia também influenciar a elevação significativa do componente LF nos atletas seria a frequência respiratória que, uma vez atingindo a frequência de 9 ciclos respiratórios/min, passa a atuar na zona de LF (0,04Hz a 0,15Hz).<sup>30</sup> Entretanto, os indivíduos mantiveram a variação dos intervalos respiratórios na faixa de 12 a 18 ciclos respiratórios/min, manifestando sua atividade na zona de HF (0,2Hz a 0,3Hz).<sup>30</sup>

Como fator de limitação do estudo, entende-se que seria necessária, para melhor elucidação dos resultados apresentados, a utilização de um protocolo de teste de esforço máximo, crucial para a verificação dos limiares

anaeróbios e determinação do consumo máximo de oxigênio. Além disso, o número de voluntários para a amostra do estudo foi limitado devido à incompatibilidade do calendário esportivo.

## Conclusão

Os resultados sugerem que a bradicardia induzida pelo treinamento físico em atletas de voleibol parece estar relacionada a adaptações intrínsecas cardíacas no nodo sinusal, sendo essas adaptações fisiológicas associadas à somação temporal da prática de exercício físico. Importante comentar que mais estudos devem ser direcionados a essa linha de pesquisa, talvez com uma abordagem associada à análise de imagens das cavidades cardíacas.

## Potencial Conflito de Interesses

Declaro não haver conflitos de interesses pertinentes.

## Fontes de Financiamento

O presente estudo não teve fontes de financiamento externas.

## Vinculação Acadêmica

O presente estudo não está vinculado a qualquer programa de pós-graduação.

## Referências

1. Thompson PD, Crouse SF, Goodpaster B, et al. The acute versus the chronic response to exercise. *Med Sci Sports Exerc.* 2001;33(6):S438-45.
2. American College of Sports Medicine; American Heart Association. Exercise and acute cardiovascular events: placing the risks into perspective. *Med Sci Sports Exerc.* 2007;39(5):886-97.
3. Mourot L, Bouhaddi M, Tordi N, 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.* 2004;92:(4-5):508-17.
4. Perini R, Veicsteinas A. Heart rate variability and autonomic activity at rest and during exercise in various physiological conditions. *Eur J Appl Physiol.* 2003;90(3-4):317-25.
5. Stickland MK, Miller JD. The best medicine: exercise training normalizes chemosensitivity and sympathoexcitation in heart failure. *J Appl Physiol.* 2008;105(3):779-81.
6. Iellamo F. Neural mechanisms of cardiovascular regulation during exercise. *Auton Neurosci.* 2001;90(1-2):66-75.
7. Raven PB, Fadel PJ, Ogoh S. Arterial baroreflex resetting during exercise: a current perspective. *Exp Physiol.* 2006;91(1):37-49.

8. Nobrega ACL. The subacute effects of exercise: concept, characteristics, and clinical implications. *Exerc Sport Sci Rev.* 2005;33(2):84-7.
9. Ken-ichi I, Zhang R, Zuckerman JH, et al. Dose-response relationship of the cardiovascular adaptation to endurance training in healthy adults: how much training for what benefit? *J Appl Physiol.* 2003;95:1575-583.
10. Maron BJ, Pelliccia A. The heart of trained athletes: cardiac remodeling and the risks of sports, including sudden death. *Circulation.* 2006;114(15):1633-644.
11. Goldberger JJ, Le FK, Lahiri M, et al. Assessment of parasympathetic reactivation after exercise. *Am J Physiol Heart Circ Physiol.* 2006;290(6):H2446-452.
12. Borresen J, Lambert MI. Autonomic control of heart rate during and after exercise: measurements and implications for monitoring training status. *Sports Med.* 2008;38(8):633-46.
13. Seiler S, Haugen O, Kuffel E. Autonomic recovery after exercise in trained athletes: intensity and duration effects. *Med Sci Sports Exerc.* 2007;39(8):1366-373.
14. Wasserman K, Koike A. Is the anaerobic threshold truly anaerobic? *Chest.* 1992;101(5 suppl):S211-S18.
15. Robbins M, Francis G, Pashkow FJ, et al. Ventilatory and heart rate responses to exercise: better predictors of heart failure mortality than peak oxygen consumption. *Circulation.* 1999;100(24):2411-417.
16. American College of Sports Medicine. The recommended quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory and muscular fitness, and flexibility in healthy adults. *Med Sci Sports Exerc.* 1998;30(6):975-91.
17. Craig CL, Marshall AJ, Sjöström M, et al. International physical activity questionnaire: 12-country reliability and validity. *Med Sci Sports Exerc.* 2003;35(8):1381-395.
18. Sociedade Brasileira de Cardiologia. II Diretrizes da Sociedade Brasileira de Cardiologia sobre teste ergométrico. *Arq Bras Cardiol.* 2002;78(2):1-18.
19. Karvonen MJ, Kentala E, Mustala O. The effects of training on heart rate: a longitudinal study. *Ann Med Exp Biol Fenn.* 1957;35(3):307-15.
20. Fletcher GF, Balady GJ, Amsterdam EA, et al. Exercise standards for testing and training: a statement for healthcare professionals from the American Heart Association. *Circulation.* 2001;104(14):1694-740.
21. Gibbons RJ, Balady GJ, Bricker JT, et al. ACC/AHA 2002 Guideline update for exercise testing: summary article. A report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines (Committee to Update the 1997 Exercise Testing Guidelines). *J Am Coll Cardiol.* 2002;40(8):1531-540.
22. Yazbek Jr. P, Carvalho RT, Sabbag LMS, et al. Ergoespirometria: teste de esforço cardiopulmonar, metodologia e interpretação. *Arq Bras Cardiol.* 1998;71(5):719-23.
23. Martinelli FS, Chacon-Mikahil MP, Martins LE, et al. Heart rate variability in athletes and nonathletes at rest and during head-up tilt. *Braz J Med Biol Res.* 2005;38(4):639-47.
24. Sztajzel J, Jung M, Sievert K, et al. Cardiac autonomic profile in different sports disciplines during all-day activity. *J Sports Med Phys Fitness.* 2008;48(4):495-501.
25. Langdeau JB, Blier L, Turcotte H, et al. Electrocardiographic findings in athletes: the prevalence of left ventricular hypertrophy and conduction defects. *Can J Cardiol.* 2001;17(6):655-59.
26. Shin K, Minamitani H, Onishi S, et al. The power spectral analysis of heart rate variability in athletes during dynamic exercise. Part I. *Clin Cardiol.* 1995;18(10):583-86.
27. Berkoff DJ, Cairns CB, Sanchez LD, et al. Heart rate variability in elite American track-and-field athletes. *J Strength Cond Res.* 2007;21(1):227-31.
28. Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. Heart rate variability: standards of measurement, physiological interpretation and clinical use. *Circulation.* 1996;93:1043-1065.
29. Kaikkonen P, Rusko H, Martinma K. Post-exercise heart rate variability of endurance athletes after different high-intensity exercise interventions. *Scand J Med Sci Sports.* 2008;18:511-19.
30. Brown SJ, Brown JA. Resting and postexercise cardiac autonomic control in trained master athletes. *J Physiol Sci.* 2007;57(1):23-29.
31. Eckberg DL. Sympathovagal balance. A critical appraisal. *Circulation.* 1997;96:3224-232.
32. Furlan R, Piazza S, Dell'Orto S, et al. Early and late effects of exercise and athletic training on neural mechanisms controlling heart rate. *Cardiovasc Res.* 1993;27(3):482-88.