

CASSIO DE MACEDO SALGUEIROSA

**EFEITOS AGUDOS PROMOVIDOS PELO TREINAMENTO PLIOMÉTRICO
NO CONTROLE AUTONÔMICO EM ATLETAS DE VOLEIBOL**

Artigo apresentado como Trabalho de
Conclusão de Curso em Especialização
em Ciência do Treinamento Desportivo
do Departamento de Educação Física
da Universidade Federal do Paraná.

Orientador Prof. Fabiano Salgueirosa

Curitiba

2014

Resumo

A Variabilidade da Frequência Cardíaca (VFC) tem sido utilizada como uma ferramenta simples e não-invasiva para a monitoração do sistema nervoso autônomo em diversas aplicações, dentre elas o efeito dos diferentes tipos de treinamentos e sua relação com a recuperação do atleta. O treinamento de pliometria tem se mostrado uma alternativa eficiente para a melhora da performance e aptidão física. Contudo, poucas informações se têm acerca dos efeitos da pliometria na VFC. O presente estudo teve como objetivo avaliar os efeitos do treinamento de pliometria nas respostas da variabilidade de frequência cardíaca. Foram avaliados 7 atletas de voleibol do sexo masculino, com mais de 2 anos de treinamento. Foram realizadas avaliações antropométricas de estatura, massa corporal, percentual de gordura, potência de membros inferiores utilizando o salto vertical com plataforma de saltos e da variabilidade da frequência cardíaca (VFC) utilizando índices no domínio do tempo e da frequência (Transformação Rápida de Fourier) utilizando dados dos intervalos R-R coletados. As avaliações foram realizadas antes, 1, 24 e 48 horas após a sessão de treino. O treinamento pliométrico consistiu de 10 série de 15 saltos em profundidade com altura de 80cm. Foi utilizada estatística descritiva (média e desvio-padrão) e ANOVA com medidas repetidas, seguida do post hoc de Bonferroni, sendo considerado $p < 0.05$. A potência reduziu significativamente 1 hora após o treino e retornou aos valores basais 48 horas após. Os índices LFn.u. e HFn.u. mostraram uma redução, embora não significativa 1 hora após e treinamento, retornando aos valores pré-treinamento 48 horas após. Já a relação HL/HF mostrou um comportamento similar ao da potência mostrando redução significativa 1 hora após e retornando aos valores basais em 48 horas. Diante dos resultados conclui-se que a VFC pode ser uma ferramenta útil para acompanhar a recuperação do atleta após uma sessão de treinamento pliométrico.

Palavras chave: Pliometria, controle autonômico, voleibol.

Abstract

Heart Rate Variability (HRV) has been used as a simple and non-invasive monitoring of the autonomic nervous system in various applications, among them the effect of different types of training and its relation to the recovery of the athlete. The plyometric training has proven an effective alternative for improving the performance and physical fitness. However, has a lacking of information about the effects of plyometrics on HRV. The present study was to evaluate the effects of plyometric training on responses of heart rate variability. We evaluated seven volleyball male, with more than two years of training. Anthropometric assessments were made of height, body mass, fat percentage, muscle power using vertical jump and heart rate variability (HRV) indices using time domain and frequency domain (Fast Fourier Transform) using data collected in RR intervals. Evaluations were performed before, 1, 24 and 48 hours after the training session. The plyometric training consisted of 10 series of 15 depth jumps with a height of 80cm. We used descriptive statistics (mean and standard deviation) and ANOVA with repeated

measures followed by post hoc Bonferroni test and considered $p < 0.05$. The power significantly reduced 1 hour after training and returned to baseline after 48 hours. Indexes LFn.u. and HFn.u. showed a reduction, although not significant, and 1 hour after training, returning to baseline 48 hours after training. The relationship HL/HF showed a similar behavior to power with a significant reduction after 1 hour and returning to baseline within 48 hours. We conclude that HRV may be a useful tool to monitor the athlete's recovery after a plyometric training session.

Keywords: Plyometrics, autonomic control, volleyball.

INTRODUÇÃO

Há anos os monitores de frequência cardíaca auxiliam no controle do treinamento de uma variedade de esportes. Recentemente, além da frequência cardíaca (FC), as investigações centram-se sobre as respostas da variabilidade da frequência cardíaca (VFC) (ACHTEN & JEUKENDRUP, 2003). A análise da VFC é um método não-invasivo de avaliação funcional do sistema nervoso autônomo (SNA), que permite quantificar a modulação de disparo do nodo sinoatrial (STEJSKAL, 2002).

O exercício influencia a atividade do SNA provocando inúmeras e complexas alterações nas respostas do controle nervoso, alterando o comportamento das variáveis cardiovasculares e oscilando o tônus simpático e parassimpático do SNA (NAKAMURA et al, 2005; CHACON-MIKAHIL, 1998). A estimulação simpática aumenta a velocidade de condução do impulso elétrico cardíaco, aumentando a força de contração e frequência cardíaca. Por outro lado, a estimulação parassimpática ou vagal, exerce o efeito oposto sobre o coração, diminuindo o impulso elétrico cardíaco e a frequência cardíaca, bem como minimiza a força de contração (GUYTON, 1988; GUYTON, 1997).

O treinamento altera as respostas autonômicas não só durante, mas também na recuperação após o exercício. Assim, o retorno dos índices do sistema autonômico a níveis basais pode representar um bom indicador da recuperação do atleta, tornando-se uma ferramenta útil, pois períodos adequados de recuperação são essenciais para que as adaptações ao treinamento ocorram de forma otimizada (super-compensação).

Kiviniemi et al (2007) demonstraram que o treinamento aeróbico guiado pela recuperação da atividade autonômica foi mais eficiente que um sistema de periodização pré-programado para melhoria da aptidão cardiovascular.

Contudo não existem dados na literatura demonstrando se a recuperação após o treinamento de outras capacidades físicas como força e potência podem ser avaliados pela resposta da atividade autonômica.

A potência é uma capacidade física essencial em uma ampla variedade de modalidades esportivas como futebol, vôlei, basquete, atletismo, dentre

outras. Entre os métodos de treinamento para o desenvolvimento da potência se destaca a pliometria. De acordo com Malisoux (2006) o treinamento pliométrico consiste no ciclo alongamento-encurtamento, que envolve uma contração excêntrica de alta intensidade seguida de uma rápida e potente contração concêntrica.

REVISÃO DA LITERATURA

Sistema Nervoso Autônomo (SNA)

O sistema nervoso autônomo (SNA) controla as funções viscerais do corpo através da atividade das vias nervosas simpáticas e parassimpáticas. É ativado principalmente por centros localizados na medula espinhal, no tronco cerebral, hipotálamo e também em porções do córtex cerebral que podem transmitir impulsos para os centros inferiores (GUYTON & HALL, 2002).

A regulação do débito cardíaco é realizada por dois mecanismos básicos: a regulação cardíaca intrínseca do bombeamento, em resposta às variações no volume de sangue que flui para o coração; e o controle da frequência cardíaca e da força do bombeamento cardíaco pelo SNA.

O SNA influencia tônica e reflexamente a pressão arterial, a resistência periférica e o débito cardíaco pelos nervos simpáticos e parassimpáticos que abundantemente inervam o coração.

A estimulação simpática aumenta a velocidade de condução do impulso elétrico cardíaco, aumentando a força de contração e frequência cardíaca. Por outro lado, a estimulação parassimpática ou vagal, exerce o efeito oposto sobre o coração, diminuindo o impulso elétrico cardíaco e a frequência cardíaca, bem como minimizando a força de contração (GUYTON, 1988; GUYTON, 1997).

Os efeitos simpáticos sobre o coração representam mecanismo de reserva, mantido em prontidão para fazer com que o coração contraia com extremo vigor, sempre que necessário. Essa estimulação ocorre em situações estressantes como exercício, doença, calor excessivo e outras condições que exigem um fluxo sanguíneo muito rápido pelo sistema circulatório (GUYTON, 1988).

Embora a frequência cardíaca esteja constantemente sofrendo flutuações no tônus autonômico que são determinadas pela ativação ou inibição simpática e parassimpática, outros fatores são responsáveis pela atividade autonômica como a respiração, contração muscular e graus variáveis de estimulação dos barorreceptores arteriais, entre outros (REIS et al., 1998).

Variabilidade da Frequência Cardíaca (VFC)

A descoberta de que as flutuações da frequência cardíaca refletem a interação do sistema nervoso simpático e parassimpático ofereceu uma janela para o estudo do SNA a partir da análise da variabilidade da frequência cardíaca (RIBEIRO & FILHO, 2005).

Mudanças nos padrões da VFC fornecem um indicador de comprometimento a saúde. Alta VFC é sinal de boa adaptação, caracterizando um indivíduo saudável com mecanismos autonômicos eficientes. Inversamente, uma baixa VFC pode ser um indicador de adaptação anormal e insuficiente do SNA, podendo indicar a presença de mau funcionamento fisiológico, necessitando de investigações adicionais com o objetivo de encontrar um diagnóstico específico (Pumprla et al, 2002).

A partir da análise da VFC é possível estudar a modulação autonômica do coração, sendo que a baixa VFC reflete um tônus simpático excessivo ou um tônus parassimpático inadequado (TASKFORCE, 1996). É uma técnica não invasiva que tem como objetivo registrar a variação dos batimentos cardíacos para identificar fenômenos relacionados ao SNA em indivíduos saudáveis, atletas e portadores de doenças (VANDERLEI et al, 2009)

A capacidade de variar a frequência cardíaca tem um importante papel fisiológico na vida diária. Alguns autores têm demonstrado que a diminuição VFC está relacionada a um maior risco de morbidade e mortalidade cardiovascular, constituindo um indicador prognóstico de algumas doenças cardíacas (KAWAGUCHI et al, 2007; PASCHOAL et al, 2004).

A VFC pode ser determinada através do sinal eletrocardiográfico, resultando em séries de tempo através dos intervalos R-R, cujas variações na duração, fornecem informações sobre o SNA e seu controle sobre o coração.

No entanto, somente os intervalos entre batimentos de origem sinusal devem ser considerados, sendo os batimentos de origem ectópica detectados e removidos (TASKFORCE,1996). Dentre os vários métodos disponíveis para avaliar a variabilidade da frequência cardíaca destacam-se os realizados no domínio da frequência e no domínio do tempo.

A análise no domínio do tempo permite verificar se a frequência apresenta alguma alteração. Utiliza-se das seguintes variáveis:

- Média dos intervalos R-R: apresenta a média dos intervalos de acoplamento de todos os batimentos normais consecutivos;
- SDNN: apresenta o desvio-padrão da média dos intervalos de acoplamento de todos os batimentos normais consecutivos;
- SDANN: representa o desvio-padrão da média dos intervalos R-R obtida a cada cinco minutos;
- RMSSD: apresenta a raiz quadrada da média dos quadrados das diferenças entre intervalos R-R normais sucessivos;
- SDNN: representa a média de todos os desvios-padrão dos intervalos R-R normais obtidos de cinco em cinco minutos;
- pNN50: percentagem R-R adjacentes diferença superior a 50ms.

A análise no domínio da frequência permite a caracterização quantitativa e qualitativa, individualizada e simultânea, em termos absolutos e relativos, da atividade simpática e parassimpática, por meio de frequências de ondas e suas respectivas origens fisiológicas através das seguintes variáveis:

- VLF: componente de muito baixa frequência (0,015 a 0,04 Hz), mediado pela termorregulação e o sistema renina-angiotensina-aldosterona;
- LF: componente de baixa frequência (0,04 a 0,15 Hz), mediado pelo reflexo barorreceptor com influências mistas do simpático e parassimpático;
- HF: componente de alta frequência (0,15 a 0,40 Hz), indica o tônus vagal expressando a influência parassimpática sobre o nó sinusal e frequência respiratória.

A análise da VFC é empregada como método de investigação de doenças em diversas áreas da medicina e também na área de atividade física e

esporte, permitindo o reconhecimento da magnitude das adaptações autonômicas frente ao exercício físico.

O exercício produz uma perturbação fisiológica que influencia a atividade do SNA, provocando inúmeras e complexas alterações nas respostas do controle nervoso, alterando o comportamento das variáveis cardiovasculares, essas alterações são as principais oscilações do tônus simpático e parassimpático do SNA (NAKAMURA et al, 2005; CHACON-MIKAHIL, 1998).

A literatura tem se focado nos efeitos do treinamento aeróbio no controle autonômico, sendo que os efeitos do treinamento de força e potência continuam desconhecidos.

O treinamento de endurance leva a um aumento no volume e ejeção que resulta em uma frequência cardíaca de repouso diminuída (STRATRON et al, 1994). A redução da frequência cardíaca de repouso após treinamento de endurance pode ocorrer também devido a uma diminuição intrínseca da frequência cardíaca (ARESKOG, 1985; SHI et al, 1985, SMITH et al, 1989).

Alguns estudos demonstram que o treinamento de endurance de curta duração e intensidade moderada não é suficiente para promover alterações na VFC (Boutcher & Stein, 1995; Loimaala, et al, 2000), enquanto estudos envolvendo treinamento de endurance em intensidade moderada-vigorosa apresentam aumentos significativos na atividade no sistema nervoso parassimpático (Melanson & Freedson, 2001; Levy et al, 1998; Cataiet al, 2002). Já os estudos envolvendo exercícios de endurance em intensidade vigorosa apresentam alterações significativas na VFC (Perini et al, 2002; Schuit et al, 1999).

Existem indícios de que o treinamento de endurance aumenta a VFC, com um aumento na atividade parassimpática e diminuição da atividade simpática do coração em repouso (JAMES et al, 2003). A contribuição do sistema nervoso simpático na redução da FC de repouso é provavelmente pequena, devido ao fato da atividade simpática em repouso já estar reduzida. Estas alterações autonômicas induzidas pelo exercício, juntamente com uma possível redução da frequência cardíaca intrínseca, são responsáveis pela redução da frequência cardíaca de repouso.

MÉTODOLOGIA

De acordo com objetivos a presente pesquisa caracteriza-se como quase-experimental (Thomas e Nelson, 2002) e a população foi formada por atletas de voleibol, do sexo masculino. A amostra, escolhida de forma intencional, 7 atletas com mais de 2 anos de treinamento de uma equipe amadora do município de São José dos Pinhais/PR. As características dos atletas são mostradas na Tabela 1.

Tabela 1 – Caracterização da amostra

	Média±DP
Idade	22,19±3,19
Estatura (cm)	188,85±7,96
Massa Corporal (kg)	83,82±9,57
%G	16,13±4,17
Massa Magra (Kg)	70,15±6,99

Em primeiro momento os atletas convidados tomaram ciência dos objetivos do estudo e assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido. Neste dia foram realizadas, ainda, a avaliação antropométrica, da variabilidade da frequência cardíaca (VFC) e potência de membros inferiores. Os atletas foram previamente instruídos a não realizar atividades físicas dos 3 dias que antecederem os testes até o final das coletas.

Após a avaliação da VFC os atletas realizaram a sessão de treinamento pliométrico. As avaliações foram então novamente realizadas 1, 24 e 48 horas após a sessão de treinamento.

Avaliação antropométrica

A estatura e massa corporal dos sujeitos foram mensuradas conforme as recomendações de Gordon *et al.* (1988).

Para a verificação do percentual de gordura foi utilizada a técnica de dobras cutâneas com um compasso da marca Cescorf seguindo nas mensurações as recomendações de Harrison *et al.* (1988).

A densidade corporal foi calculada através da equação de Jackson e Pollock (1978) de 7 dobras (peitoral, axilar, tríceps, subescapular, abdominal, supra-íliaca e coxa) e o percentual de gordura (%G) através da equação de Siri (1961).

Variabilidade da frequência cardíaca

Os registros dos batimentos cardíacos foram feitos com o emprego de um freqüencímetro (Polar RS 800 Heart Rate Monitor – Kempele – Finland), durante 10 minutos, sendo descartados os primeiros 5 minutos. Os mesmos foram então gravados no computador através do software Polar ProTrainer por uma interface IR de emissão de sinais infravermelhos, transformados em texto e então exportados para o software Kubios, onde foram calculados os seguintes componentes da VFC:

Domínio do tempo: a média dos intervalos R-R em milissegundos (Mean RR), os valores de desvio padrão dos intervalos R-R (STD RR), em ms; a raiz quadrada da média dos quadrados das diferenças entre os iRR normais (RMSSD), em ms; a porcentagem de intervalos R-R adjacentes com diferença superior a 50ms (pNN50).

Domínio da Freqüência: Componente de baixa freqüência (LF) (0,04-0,12 Hz), componente de alta freqüência (HF) (0,15-0,40 Hz) em % e em unidades normalizadas (n.u.), além da relação LF/HF.

Potência de membros inferiores

O salto vertical é um modo padrão ouro para se determinar a habilidade funcional do atleta. Ele tem sido especificamente utilizado para avaliar a potência anaeróbia de atletas (CROSS *et al.*, 1996; BAILEY, 2007).

O salto vertical (squat jump) é uma técnica de salto vertical contramovimento com o auxílio dos membros superiores (FIGURA 1). Para a realização os sujeitos executaram a flexão do joelho a aproximadamente um ângulo de 110°, justificando-se por um ângulo ótimo para aplicação de força (HESPANHOL; DA SILVA NETO; ARRUDA, 2006).

Na presente pesquisa a avaliação do salto vertical (squat jump) foi realizada por meio da plataforma de saltos Jump System Fit. Esta possui um tapete de contato e uma área útil para saltos de 500 mm x 500mm.

Figura1- Squat jump



Fonte: <http://www.bicycling.com/speed/14.jpg>

Protocolo de Treinamento

O treinamento pliométrico foi composto por 15 séries de 10 saltos em profundidade com 2 minutos de intervalo entre as séries. Foi utilizada uma altura de salto de 0,80 m.

Análise estatística

Os resultados são expressos em tabela no formato média e desvio padrão e também sobre forma gráfica. Foi utilizada ANOVA para medidas repetidas para avaliar o efeito do treinamento sobre as variáveis avaliadas, seguida do post hoc de Bonferroni, sendo considerado $p < 0.05$.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

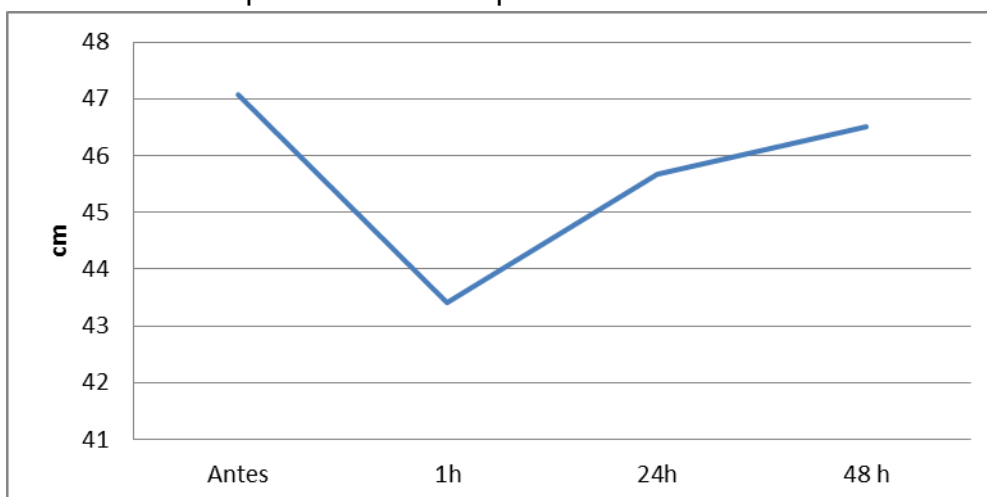
Os valores médios de impulsão vertical em todos os momentos do estudo são mostrados na Tabela 2 e Gráfico 1.

Tabela 2 – Comportamento da Impulsão Vertical (I.V.)

	Antes¹	1h²	24h³	48h⁴
I.V. (cm)	47,08±8,39 ^(2,3)	43,41±7,53 ^(1,3,4)	45,67±7,97 ^(1,2)	46,51±6,59 ⁽²⁾

Uma hora após a sessão de exercício observa-se uma queda significativa da potência muscular. Os valores continuam significativamente mais baixos que a linha de base após 24 horas, retornando a valores próximos ao pré-exercício 48 após.

Gráfico 1 – Comportamento da Impulsão Vertical.



A redução da potência observada 1 hora após a sessão de exercício pode ser explicada por fatores relacionados à que podem afetar a transmissão do impulso elétrico e depleção de substratos energéticos. Ainda 24 horas após o treinamento os atletas apresentaram um déficit de desempenho em relação aos níveis basais. Isso pode ser explicado, pelo menos em parte, pela sensação de dor que pode afetar o desempenho do atleta (CHEUNG et al., 2003). Após 48 horas os participantes recuperaram a habilidade de salto

voltando praticamente aos níveis basais, o que indica recuperação do sistema neuromuscular e prontidão para outros estímulos.

Para um aumento crônico da performance é essencial que seja observada uma relação ótima entre estímulo e recuperação. Este princípio é chamado no Treinamento Desportivo de Ciclo de Supercompensação (BOMPA, 2002). Caso os períodos de recuperação não sejam respeitados o atleta poderá desenvolver sintomas de *overtraining*, com conseqüente queda de desempenho.

Portanto, o treinador necessita de ferramentas para a monitoração tanto da carga de treino quanto da recuperação do atleta como indicadores de desempenho, dor muscular tardia, variáveis bioquímicas, dentre outras. Assim, pretendeu-se utilizar a resposta do controle autônomo como um indicador de recuperação.

O comportamento dos índices da VFC no domínio do tempo é demonstrado na Tabela 3. A média dos intervalos R-R demonstrou uma queda significativa após 1 hora após a sessão de exercício retornando aos valores pré-exercício 24 horas após. Já o desvio-padrão dos intervalos R-R demonstraram aumento gradual até 48 horas após o treinamento. Comportamento similar foi demonstrado pelos índices RMSSD, NN50 e PNN50, os quais são caracterizados por representarem predominantemente a atividade parassimpática. Estes resultados contrastam com os índices do domínio da frequência que serão discutidos mais adiante.

Tabela 3 – Comportamento dos índices da VFC no domínio do tempo

	Antes ¹	1h ²	24h ³	48h ⁴
Mean RR	907,21±81,07 ⁽²⁾	838,11±73,39 ^(1,3,4)	951,17±100,65 ⁽²⁾	958,50±80,54 ⁽²⁾
STD RR	54,05±13,41 ^(3,4)	66,85±27,00 ^(3,4)	73,22±32,23 ^(1,2)	78,11±28,93 ^(1,2)
RMSSD	40,81±17,70 ⁽⁴⁾	42,70±27,54 ⁽⁴⁾	59,41±38,13	64,31±33,48 ^(1,2)
NN50	53,50±36,04	56,16±58,20	86,85±71,96 ⁽⁴⁾	88,00±66,12 ⁽³⁾
pNN50	15,76±9,90	16,85±16,68	28,28±23,93	29,81±25,13

A tabela 4 mostra o comportamento dos índices da VFC no domínio da frequência, os quais têm sido mais extensivamente utilizados para demonstrar o comportamento do Sistema Nervoso Autônomo em diferentes situações. Os resultados mais interessantes são os observados nos índices LF (n.u.) que representa a atuação dos componentes simpático e parassimpático, com

predominância do simpático, HF (n.u.) que indica a atuação parassimpática e LF/HF que caracteriza o balanço simpato-vagal sobre o coração. Os componentes HF n.u. (Gráfico 2) e LF n.u. (Gráfico 3) demonstraram diferenças significativas apenas entre o os momentos 1h e 48 horas após, apesar da alteração entre o momento antes e 1h ter sido expressiva, não foi significativa estatisticamente. Já, a relação LF/HF (Gráfico 4) demonstrou aumento significativo no momento 1 hora, às 24 horas retornou parcialmente e às 48 horas aos valores basais. De uma forma geral os resultados demostram que a sessão de treinamento pliométrico induziu a uma alteração no sistema nervoso autônomo em direção à predominância simpática e os valores retornaram aos níveis basais após 48 horas de recuperação. Ainda, como principal resultado do estudo, observamos que a recuperação do SNA é muito similar ao comportamento da recuperação da performance no salto vertical.

Tabela 4 – Comportamento dos índices da VFC no domínio da frequência

	Antes¹	1h²	24h³	48h⁴
LF (%)	36,46±14,51	41,36±9,79	41,32±16,46	37,75±12,29
HF (%)	23,30±13,38	16,93±12,93	22,28±15,33	26,95±5,96
LF (n.u.)	61,85±15,28	73,91±15,61 ⁽⁴⁾	66,48±18,32	57,27±12,17 ⁽²⁾
HF (n.u.)	38,15±15,28	26,08±15,61 ⁽⁴⁾	33,51±18,32	42,72±12,17 ⁽²⁾
LF/HF	1,90±1,70 ⁽²⁾	4,03±2,65 ^(1,4)	2,55±1,56	1,39±0,62 ⁽²⁾

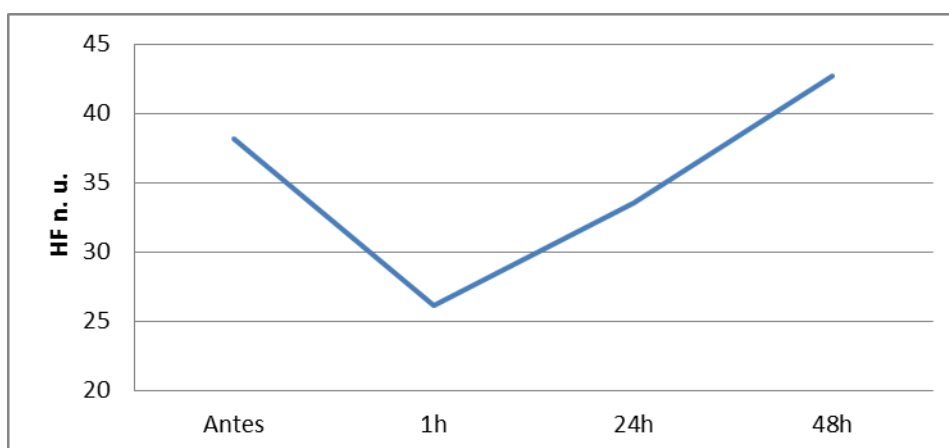
Nenhum outro estudo, até onde se teve acesso, examinou a resposta da VFC após uma sessão de treinamento pliométrico e ainda, poucos estudos acompanharam a VFC por tempos maiores (24, 48 horas) após a sessão de exercício.

Rezk et al. (2006) analisaram os componentes de alta (HF n.u.) e baixa frequência (LF n.u) antes e 90 minutos após exercício resistido em duas intensidades (40% e 80% de 1RM). Em ambas as intervenções foi demonstrado aumento do LF e redução do HF, refletido um aumento na modulação simpática do coração. Já Heffernan et al. (2006) compararam os efeitos do treinamento de *endurance* (30 min a 65%VO₂máx) e resistido (3 séries de 10 repetições) na VFC antes e 30 min após. Os autores encontraram alterações similares com ambas as intervenções: redução do HF n.u., aumento do LF n.u. da relação LF/HF, sugerindo um estado de predominância simpática.

As alterações de curto prazo são similares às encontradas no presente estudo, o qual demonstrou predominância simpática 1 hora após o exercício.

Alguns estudos acompanharam os indicadores por tempos mais prolongados após o exercício (entre 22 e 72 horas). Pober et al. (2004) avaliaram sujeitos moderadamente ativos antes, 1h, 3h, 6h e 22h após 60 minutos de exercício em cicloergômetro à 65% do $VO_{2máx}$. Interessantemente, os autores demonstraram aumento da contribuição do sistema nervoso parassimpático (aumento do HF n.u. e redução da relação LF/HF) mesmo logo após o exercício e o efeito persistiu mesmo após 22 horas. Tais resultados conflitam com os do presente estudo provavelmente pela diferença na intensidade do exercício, a qual foi relativamente baixa. Assim, a resposta autonômica ao exercício parece ser dependente da intensidade.

Gráfico 2 – Comportamento do componente de alta frequência (HF) em unidades normalizadas (n. u.).

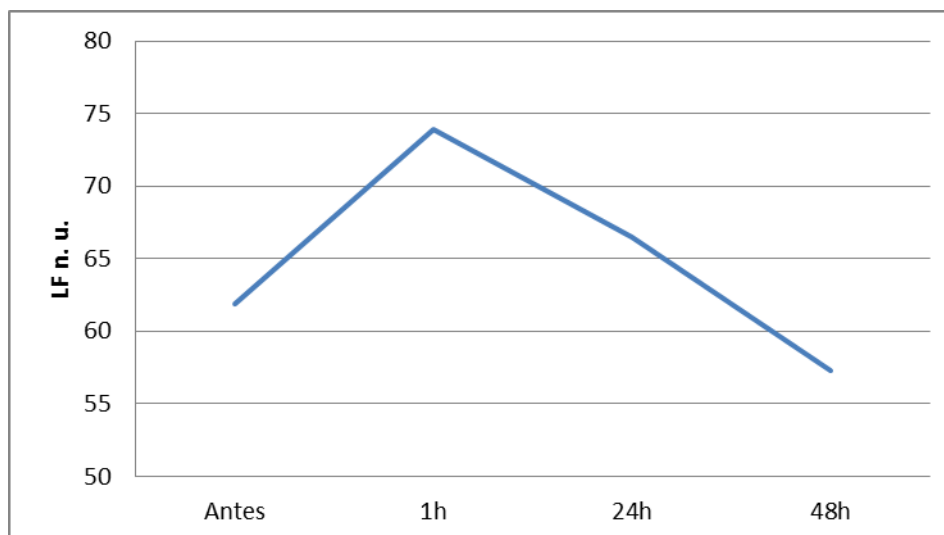


James et al. (2002) avaliaram os efeitos de uma sessão de treinamento intervalado (6 tiros de 800m com 3 minutos de intervalo) de alta intensidade (1km/h abaixo da velocidade do $VO_{2máx}$). As avaliações foram feitas antes, 1h e 72h após a intervenção. Os autores encontraram como principais resultados redução dos componentes de alta e baixa frequência expressos em ms^2 após 1 hora, sem alterações significativas dos mesmos componentes quando expressos em unidades normalizadas (n.u.) e da relação LF/HF. Todos os valores retornaram aos níveis basais após 72 horas.

Em outro estudo, com exercício de alta intensidade Furlan et al. (1993) acompanharam por 48 horas sujeitos destreinados após realizarem um teste máximo em esteira e entre 4 e 6 corridas máximas em pista até completarem 30 minutos de exercício. Os resultados demonstraram valores significativamente maiores em relação ao momento pré-intervenção do LF n.u. nos momentos 1h e 24h após, retornando aos valores basais somente 48 horas após. Comportamento paralelo, porém inverso foi observado em relação ao HF n.u. Estes dados sugerem mais uma vez alteração do balanço simpato-vagal em direção à predominância simpática com exercício de alta intensidade.

Utilizando um desenho semelhante Bernardi et al. (1997) estudaram o efeito de 46 km de corrida no deserto na modulação autonômica. Os atletas foram avaliados antes, 30 min, 24h e 48h após a intervenção. Os dados mostraram uma redução tanto no LF quanto no HF aos 30 minutos pós-exercício, contudo a redução do HF foi maior que LF indicando, segundo os autores, predominância simpática. Os valores retornaram ao estado basal após 24 horas.

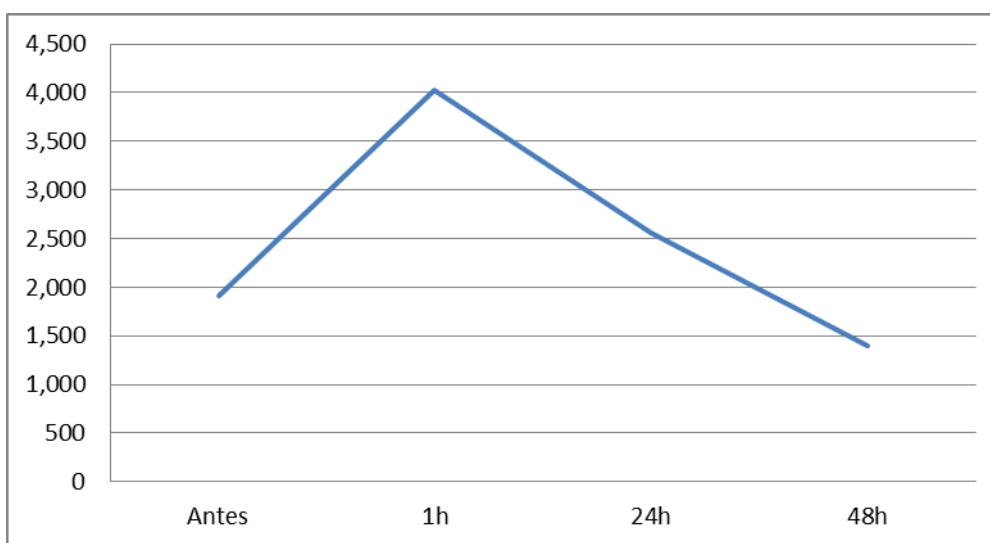
Gráfico 3 - Comportamento do componente de baixa frequência (LF) em unidades normalizadas (n. u.).



De uma forma geral, os resultados dos estudos que utilizaram exercícios de alta intensidade mostraram resultados similares ao presente estudo, principalmente no que se refere ao componente de alta frequência, o qual

reflete a atividade do sistema nervoso parassimpático. Dois autores (JAMES et al., 2002 e BERNARDI et al., 1997) observaram redução do componente de baixa frequência. Apesar de o significado do HF como indicador da atividade parassimpática estar bem estabelecido, ainda existe muito controvérsia com relação à interpretação do LF, já que é um componente influenciado também pela atividade parassimpática (HOULE et al., 1999).

Gráfico 4 – Comportamento da relação LF/HF



O grande achado do presente estudo foi que, nesta amostra, o comportamento de alguns indicadores da VFC acompanhou a recuperação da produção de potência pelo sistema neuromuscular e assim, pode futuramente ser usado como uma ferramenta para monitoração deste tipo de treinamento. Contudo, seu uso ainda exige cautela e são necessárias investigações futuras para se determinar a reprodutibilidade destes resultados e verificar a sensibilidade a diferentes intensidades e métodos de treinamento. Ainda, novos estudos devem verificar a utilidade da VFC na prática do treinamento, onde os atletas são submetidos a estímulos diários e diferenciados em volume, intensidade, sistema energético e forma de recuperação.

CONCLUSÃO

O objetivo do presente projeto de pesquisa foi avaliar os efeitos agudos promovidos pelo treinamento pliométrico no controle autonômico em atletas de voleibol. Diante dos resultados e levando em consideração possíveis limitações do estudo pode-se concluir que a sessão de treinamento provocou modificações no sistema nervoso autônomo levando a um aumento da atividade do sistema nervoso simpático e redução da atividade do sistema nervoso parassimpático, os quais foram reestabelecidas após 48 horas do treinamento. Ainda, foi acompanhada durante o mesmo período a potência de membros inferiores como um indicador da recuperação do sistema neuromuscular a qual mostrou um comportamento semelhante à alguns índices da variabilidade da frequência cardíaca. Estes resultados podem ter uma futura implicação na prática do treinamento, já que a monitoração da recuperação do atleta entre as sessões de treinamento é de extrema importância para o planejamento do treinamento.

Sugere-se para estudos futuros a utilização de métodos diferentes de treinamento, assim como a comparação dos efeitos de diferentes intensidades de treinamento na recuperação do sistema nervoso autônomo.

REFERÊNCIAS

AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE. **ACSM's Guidelines for exercise testing and prescription**, USA: Lippincott Williams & Wilkins, 7ed., 2005.

ARESKOG, N. Effects and adverse effects of autonomic blockade in physical exercise. *Am. J. Cardiol* 55:132D-134D, 1985.

BAILEY, D.M.; ERITH, S.J.; GRIFFIN, P.J.; DOWSON, A.; BREWER, D.S.; GANT, N.; WILLIAMS, C. Influence of cold-water immersion on indices of muscle damage following prolonged intermittent shuttle running. *Journal of Sports Sciences*. Vol. 25, n. 11, p. 1163 – 1170, September 2007.

BERNARDI, L. PASSINO, C.; ROBERGS, R.; APPENZELLER, O. Acute and persistente effects of a 46-kilometre wilderness trail run at altitude: cardiovascular autonomic modulation and baroreflexes. *Cardiovascular Research*. 1997. 34: 273-280.

BILLAT V, FLECHET B, PETIT B, MURIAUX G, KORALSZTEIN JP. Interval training at VO₂max: effects on aerobic performance and overtraining markers. *Med Sci Sports Exerc* 1999;3:156-63.

BOMPA, T. O. **Periodização: Teoria e metodologia do treinamento**. 4 ed. São Paulo: Phorte, 2002.

BOUTCHER SH, STEIN P. Association between heart rate variability and training response in sedentary middle-aged men. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1995; 70 (1): 75-80

CARTER, JB.; BANISTER, EW. & BLABER, AP. The Effect of Age and Gender on Heart Rate Variability after Endurance Training. *Med. Sci. Sports Exerc.*, Vol. 35, No. 8, pp. 1333-1340, 2003.

CATAI AM, CHACON-MIKAHIL MP, MARTINELLI FS, et al. Effects of aerobic exercise training on heart rate variability during wake-fulness and sleep and cardiorespiratory responses of young and middle-aged healthy men. *Braz J Med Biol Res* 2002; 35 (6): 741-52

CHACON-MIKAHIL, MPT. **Estudo da variabilidade da frequência cardíaca nos domínios do tempo e da frequência antes e após o treinamento físico aeróbico em homens de meia idade**: São Paulo, 1998.

CHEUNG,K, P. A. HUME, L MAXWELL. Delayed Onset Muscle Soreness Treatment Strategies and Performance Factors. *Sports Medicine*. v. 33, n. 2, p. 145-164, 2003

CROSS, K.M.; WILSON, R. W.; PERRIN, D. H. Functional Performance Following an Ice Immersion to the Lower Extremity. **Journal of Athletic Training**. Vol. 31, n. 2, 1996.

FURLAN, R.; PIAZZA, S.; DELL'ORTO, S.; GENTILE, E.; CERUTTI, S.; PAGANI, M. MALLIANI, A. Early and late effects of exercise and athletic training on neural mechanisms controlling heart rate. **Cardiovascular Research**. 1993. 27: 482-488;

GIBALA, M; MCGREE, SL. Metabolic Adaptations to Short-term High-Intensity Interval Training: A Little Pain for a Lot of Gain? **Exercise and Sport Sciences Reviews** - Volume 36, Number 2, April 2008.

GORDON, C. C., CHUMLEA, W. C. e ROCHE, A. F. **Stature, recumbent length, and weight**. In: T. G. Lohman, A. F. Roche e R. Martorell (Ed.). Anthropometric standardization reference manual. Champaign: Human Kinetics, 1988.

GUYTON, EH; **Fisiologia Humana**: 6ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1988.

GUYTON, EH; **Tratamento de Fisiologia Medica**: Rio de Janeiro: Guanabara Koogan S.A, 1997.

HARRISON, GH., BUSKIRK, ER., CARTER, JEL., JOHNSTON, F. E., LOHMAN, T. G., POLLOCK, M. L., ROCHE, A. F. e WILMORE, J. **Skinfold thicknesses and measurement technique**. In: T. G. Lohman, A. F. Roche e R. Martorell (Ed.). Anthropometric standardization reference manual. Champaign: Human Kinetics, 1988.

HEFFERNAN, K. S.; KELLY, E. E.; COLLIER, S. R.; FERNHALL, B. Cardiac autonomic modulation during recovery from acute endurance versus resistance exercise. **Eur J Card Preven and Rehab**. 2006. V13. N1.

HESPANHOL, J. E.; DA SILVA NETO, L. G.; M. DE ARRUDA. Confiabilidade do teste de salto vertical com 4 séries de 15 segundos. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**. Vol. 12, n. 2 – Mar/Abr, 2006.

HOULE, M. S.; BILLMAN, G. E. Low-frequency component of the heart rate variability spectrum: a poor marker of sympathetic activity. **Am J Physiol**. 1999. 276: 215-223.

JACKSON, AS. e POLLOCK, ML. Generalized equations for predicting body density of men. **Br J Nutr**, v.40, n.3, Nov, p.497-504. 1978.

JAMES, D. V. B.; BARNES, A. J.; LOPES, P.; WOOD, D. M. Heart rate variability: Response following a single bout of interval training. **Int J Sports Med**. 2002. 23: 247-251.

KAWAGUCHI, LYA. et al; **Caracterização da variabilidade de frequência cardíaca e sensibilidade do barorreflexo em indivíduos sedentários e atletas do sexo masculino**: São Paulo; v.13, n. 4, p. 231-236; 2007.

LEVY WC, CERQUEIRA MD, HARP GD, et al. Effect of endurance exercise training on heart rate variability at rest in healthy young and older men. **Am J Cardiol** 1998; 82 (10): 1236-41

LITTE, J. P., A. SAFDAR, *et al.* A practical model of low-volume high-intensity interval training induces mitochondrial biogenesis in human skeletal muscle: potential mechanisms. **The Journal of Physiology**, v.588, n.6, March 15, 2010, p.1011-1022.

LOIMAALA A, HUIKURI H, OJA P, et al. Controlled 5-mo aerobic training improves heart rate but not heart rate variability or baroreflex sensitivity. **J Appl Physiol** 2000; 89 (5): 1825-9

MELANSON EL, FREEDSON PS. The effect of endurance training on resting heart rate variability in sedentary adult males. **Eur J Appl Physiol** 2001; 85 (5): 442-9

MUGGEO, V.M.R. Estimating regression models with unknown break-points. **Statist. Med.** 22:3055–3071,2003

NAKAMURA et al. **Alteração do limiar de variabilidade da frequência cardíaca após treinamento aeróbico de curto prazo**: Rio Claro: v. 11, n. 01, p. 01-09, 2005.

PASCHOAL, M. A. et al. **Efeitos agudos do exercício dinâmico de baixa intensidade sobre a variabilidade da frequência cardíaca e pressão arterial de indivíduos normotensos e hipertensos leves**: v. 13, n. 3, p. 223-234; 2004.

PERINI R, FISHER N, VEICSTEINAS A, et al. Aerobic training and cardiovascular responses at rest and during exercise in older men and women. **Med Sci Sports Exerc** 2002; 34: 700-8

POBER, D. M.; BRAUN, B.; FREEDSON, P. S. Effects of a single bout of exercise on resting heart rate variability. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 2004.

POWERS, S.K.; HOWLEY, E.T. **Fisiologia do exercício**: teoria e aplicação ao condicionamento e ao desempenho. São Paulo: Manole, 5ed., 2000.

PUMPRLA J, HOWORKA K, GROVES D, CHESTER M, NOLAN J. Functional assessment of heart rate variability: physiological basis and practical applications. **Int J Cardiol.** 2002;84(1):1-14.

REIS, A. F. et al. **Disfunção parassimpática, variabilidade da frequência cardíaca e estimulação colinérgica após infarto agudo do miocárdio: São Paulo; v.70, n 3, p. 193-199; 1998.**

RIBEIRO, JP.; FILHO, RSM. Variabilidade da Frequência Cardíaca como Instrumento de Investigação do Sistema Nervoso Autônomo. **Rev. Bras. Hipertens.** Vol.12(1):14-20,2005.

ROGNMO, O E. HETLAND, J. HELGERUD, J. HOFF, and S.A. SLORDAHL. High intensity aerobic interval exercise is superior to moderate intensity exercise for increasing aerobic capacity in patients with coronary artery disease. **Eur. J. Cardiovasc. Prev. Rehabil.** 11:216Y222, 2004.

REZC, C. C.; MARRACHE, R. C. B.; TINUCCI, T.; MION JR, D.; FORJAZ, C. L. M. Post-resistance exercise hypotension, hemodynamics, and heart rate variability: influence of exercise intensity. *Eur J Appl Physiol* 2006. 98: 105-112.

SCHUIT AJ, VAN AMELSYOORT LG, VERHEIJ TC, et al. Exercise training and heart rate variability in older people. **Med Sci Sports Exerc** 1999; 31 (6): 816-21

SHI, X., G. STEVENS, B. FORESMAN, S. STERN and P. RAVEN. Autonomic nervous system control of the heart: endurance exercise training. **Med. Sci Sports Exerc.** 27:1406-1413, 1995.

SIRI, W. E. Body composition from fluid space and density. In: J. Brozek e A. Hanschel (Ed.). Techniques for measuring body composition. Washington: **National Academy of Science**, 1961.

SMITH, M. L., D. HUDSON, H. GRARIZER, & P. RAVEN. Exercise training bradycardia: the role of autonomic balance. **Med. Sci. Sports Exerc.** 21:40-44, 1989.

STRATTON, J. R., et al. Cardiovascular responses to exercise: effects of aging and exercise training in healthy men. **Circulation** 89:1648-1655, 1994.

TASK FORCE of European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. Heart Rate Variability. Standard of Measurement, Physiological Interpretation and Clinical Use. **Eur.Heart.J.**,v.17,p.354-381,1996.

VANDERLEI L.C.M. et al. Noções básicas de variabilidade da frequência cardíaca e sua aplicabilidade clínica. **Rev Bras Cir Cardiovasc** 2009; 24(2): 205-217