

ESTUDO DA VARIABILIDADE DA FREQUÊNCIA CARDÍACA EM DOIS TREINOS INTERVALADOS BASEADOS NA VELOCIDADE DE TRANSIÇÃO CAMINHADA-CORRIDA**Maria Odete Santos da Mota¹,
Marcos Bezerra de Almeida²****RESUMO**

Introdução: a variabilidade da frequência cardíaca (VFC) é modulada pelo sistema nervoso simpático e parassimpático. Suas respostas a protocolos de treino intervalado dependentes da velocidade de transição (VTrans) não são conhecidas. **Objetivo:** comparar as respostas da VFC em dois treinos intervalados distintos dependentes da VTrans. **Materiais e Métodos:** 15 indivíduos assintomáticos, sendo 12 mulheres (41±6 anos, 67±6 kg e 161±8 cm) foram submetidos randomicamente a dois protocolos de treino em esteira rolante, com estímulos de 30 s e recuperação ativa de 90 s. O protocolo 1 (PT1) constituía de caminhada na VTrans e recuperação em corrida na mesma velocidade. No protocolo 2 (PT2) os indivíduos caminhavam na VTrans e recuperavam caminhando 0,5 km/h abaixo da VTrans. A VFC foi determinada a partir da Plotagem de Poincaré (índices SD1 e SD2) do monitor de FC Polar S810i (Polar, Finlândia). Foi utilizado o teste-t emparelhado de Student, sendo considerado um nível de significância de 5% e um intervalo de confiança de 95% por intermédio do software Primer 4.0 (McGraw-Hill, EUA). **Resultados:** o PT2 apresentou VFC significativamente mais baixa que o PT1 para SD1 (189,9±116,5 ms vs 86,6±85,4 ms; p=0,001, IC95% = 48,4 a 158,3) e também para SD2 (226,1±136,8 ms vs 109,3±109,5 ms; p<0,001, IC95% = 12,9 a 28,6). **Conclusão:** a VFC foi maior no PT1, o que sugere que caminhar a 0,5 km/h abaixo da VTrans é um exercício mais intenso que correr na VTrans.

Palavras-Chave: Variabilidade da Frequência cardíaca. Velocidade de Transição. Locomoção Humana. Treinamento Intervalado.

1 – Programa de Pós-Graduação Lato-Sensu da Universidade Gama Filho – Fisiologia do Exercício: Prescrição do Exercício.

2 – Universidade Federal de Sergipe – NUPAFISE - UFS.

ABSTRACT

Study of the heart rate variability in two interleaved training sessions based on the walk-run transition speed

Introduction: The heart rate variability (HRV) is modeled by the sympathetic and parasympathetic nervous system. Its answers to the protocols of an interleaved training session which are dependent of the transition speed are not known. **Aim:** To compare the answer of the HRV in two distinct interleaved training sessions dependent of the transition speed. **Material and method:** 15 asymptomatic individuals, 12 of them are women (41±6 years old, 67±kg e 161±8cm) who were randomly submitted to two protocols of training on a treadmill, with stimulus of 30 seconds and active regain of 90 seconds. Protocol number 1 (PT1) consisted by walking at the transition speed and regain in jogging at the same speed. On Protocol 2 (PT2) those individuals used to walk on the transition speed and they used to regain by walking 0,5 km/h under the transition speed. The HRV was determined by the "Poincaré Plot" (rates SD1 and SD2) of the monitor of HR Polar S810i (Polar, Finland). It was used the paired Student t- test. It was considered a level of significance of 5% and a break of confidence of 95% through Primer 4.0 software (McGraw-Hill, EUA). **Results:** PT2 showed significant HRV lower than PT1 to SD1 (189,9±116,5 m vs. 86,6±85,4 m; p=0,001, IC95% = 48,4 to 158,3) and to SD2 as well (226,1±136,8 m vs. 109,3±109,5 m; p<0,001, IC95% = 12,9 to 28,6). **Conclusion:** The HRV was bigger on PT1, what suggests that walking at 0,5 km/h under the transition speed is a more intense exercise than jogging at the transition speed.

Key words: Heart Rate Variability, Transition speed, Human locomotion, Interleaved Training.

Endereço para correspondência:

E-mail: odetemotta@hotmail.com.br

INTRODUÇÃO

O exercício físico regular provoca importantes alterações no sistema cardiovascular, tendo impacto direto nas modulações autonômicas do músculo cardíaco, sendo esse sistema chamado de motor involuntário ou neurovegetativo e influencia sobremaneira a pressão arterial, débito cardíaco, resistência periférica e frequência cardíaca. Logo, pela importante função de manutenção da homeostasia, uma das principais características do coração é a constante modificação da frequência dos seus batimentos, sendo o efeito direto dessa influência autonômica a variabilidade batimento a batimento da frequência cardíaca, sendo esta variável denominada Variabilidade da Frequência Cardíaca (VFC) (Alonso e colaboradores, 1998; Lopes e colaboradores, 2007; Kawaguchi e colaboradores, 2007).

Percebe-se então, que a mensuração desta variável é um método não invasivo e seletivo para o estudo da modulação autonômica da frequência cardíaca (FC), podendo ser aferida através de curtos períodos de monitorização eletrocardiográfica ou por períodos prolongados (Kawaguchi e colaboradores, 2007).

A redução da VFC vem a ocorrer com o processo de envelhecimento fisiológico, expondo os indivíduos a uma maior chance de sofrerem eventos cardiovasculares. Contudo, o exercício físico pode elevar essa variável a níveis que gerem uma maior cardioproteção vagal, otimizando a qualidade de vida dos indivíduos (Alonso e colaboradores, 1998; Sandercock, Bromley e Brodie, 2005; Lopes e colaboradores, 2007; Kawaguchi e colaboradores, 2007).

O exercício, então, pode ser periodizado de várias maneiras na tentativa de melhorar o condicionamento físico, a performance e também a qualidade de vida dos praticantes. No que se refere ao trabalho aeróbio, pode-se trabalhar tanto com o exercício contínuo como intervalado, sendo que, existem diferenças significativas entre esses dois treinos que podem ser de extrema relevância na prescrição do treinamento. Para tanto, o treino intervalado vem sendo estudado de forma mais expansiva nos últimos anos na perspectiva de melhorar a capacidade cardiorrespiratória dos indivíduos em

comparação com o treino contínuo (Nunes, Oliveira e Azevedo, 2007).

No entanto, com relação ao treino aeróbio, de acordo com Monteiro e Araújo (2001) ainda permanecem muitos questionamentos se os indivíduos devem correr ou andar, qual a diferença entre ambos, se seria interessante alternar as duas formas de locomoção e qual das atividades geraria um menor gasto energético.

Logo, utilizamos neste trabalho, a velocidade de transição caminha-corrída (VTrans), que é caracterizada como a velocidade na qual os indivíduos mudam o padrão de movimento, ou seja, deixam de caminhar e passam a correr. Então, buscar trabalhar com o treinamento intervalado, utilizando a VTrans seria de extrema relevância para buscar respostas a tais questionamentos.

Uma das variáveis mais relevantes para a prescrição de exercícios é a frequência cardíaca, sendo esta a mais importante informação extraída de um teste cardiopulmonar máximo, nos oferecendo informações importantes para a correta prescrição, controle do exercício e modelos de treinamento que resultem em menor sobrecarga cardiovascular (Santos e colaboradores, 2005; Raxwel e colaboradores, 2001).

É importante ressaltar que as alterações no ritmo cardíaco são moduladas pelo sistema nervoso autônomo, sendo que uma das principais características dessa modulação é a constante modificação dos batimentos cardíacos, logo, um efeito direto dessa influência é a variabilidade batimento a batimento da frequência cardíaca, ou seja, as variações dos intervalos R-R, estando estes na dependência do sistema nervoso simpático e parassimpático, constituindo assim, a VFC (Kawaguchi e colaboradores, 2007).

Logo, utilizar somente a frequência cardíaca máxima obtida em fórmulas como preditor de condicionamento físico ou para prescrição de exercícios não se configura num dos métodos mais confiáveis, cabendo a compreensão do controle neural pelo qual é submetido o músculo cardíaco e as respostas que a partir daí surgem, sendo a VFC uma das mais importantes nesse processo e tendo estreita relação com o risco de mortalidade (Ribeiro, Brum e Ferrario, 1992; Almeida e Araújo, 2003; Almeida, 2007). De acordo com

Robergs e Landwehr (2002), depois de várias pesquisas realizadas não se sabe de onde surgiu a fórmula da frequência cardíaca máxima (220-idade), e hoje se configura um erro utilizar esta equação de predição para prescrever treinamento ou evidenciar sinais de bom condicionamento já que cada indivíduo possui uma frequência cardíaca máxima independente de fórmulas com constantes para todos.

Portanto, a VFC como citada anteriormente tem sido amplamente usada na literatura por ser um método de análise não-invasivo do controle neural da FC (Melo e colaboradores, 2005; Alonso e colaboradores, 1998).

Existem, portanto, uma larga variedade de equipamentos e programas para mensurar a VFC por meio de sinais como o ECG, sendo que eles apresentam algumas desvantagens, como a dificuldade de acesso e alto custo, mas o há no mercado um equipamento (Polar S810i - Finlândia) que mede a frequência, sendo um prático dispositivo, com um custo menor em relação ao demais. Esse dispositivo captura os intervalos R-R por meio de eletrodos que se prendem ao redor do tórax para posterior análise e cálculo de valores de VFC. Já se sabe, então, comparando os equipamentos, que não existem diferenças significativas entre o ECG e o Polar S 810i com relação à FC e VFC, existindo também uma alta correlação entre eles (Vanderlei e colaboradores, 2008).

Segundo Reis e colaboradores (1998) e Kawaguchi e colaboradores (2007) a VFC pode ser medida tanto no domínio do tempo como da frequência, sendo que a primeira reflete a atividade autonômica de maneira global, ou seja, se ela apresenta alguma alteração ou não e, a medida no domínio da frequência permite a caracterização qualitativa e quantitativa das atividades simpática e parassimpática por meio da frequência de ondas. Logo, a partir daí, quatro faixas de frequência têm importância significativa, tais quais: alta frequência (0,15 a 0,40 Hz, modulada pelo sistema nervoso parassimpático), baixa frequência (0,04 a 0,15 Hz, modulada tanto pelo simpático quanto pelo parassimpático), muita baixa frequência (0,01 a 0,04 Hz, proposta como marcador da atividade simpática, porém isto ainda não está determinado) e, ultra baixa frequência (10-5 a 10-2 Hz, sendo que sua correspondência

fisiológica ainda se encontra bastante obscura) (Malik citado por Reis e colaboradores, 1998).

A impressão comum então, é que as flutuações do ritmo cardíaco ocorrem em frequências distintas e são resultantes da interação entre o sistema nervoso simpático e parassimpático na atividade intrínseca do nodo sinoatrial (Reis e colaboradores, 1998). Logo, uma redução nos níveis dessa variável eleva o risco de chance de ocorrer eventos cardiovasculares, estando este já estabelecido como fator de risco independente para eventos arrítmicos e mortalidade global (Farrel e colaboradores, 1991).

Uma maneira eficiente de efetuar uma proteção cardiovascular, ou seja, de acentuar a atividade do sistema parassimpático, de acordo com Kawaguchi e colaboradores (2007), é a realização de exercícios moderados de endurance, havendo a partir daí, uma redução do tônus simpático em repouso, o que caracteriza uma menor FC e maior VFC na mesma condição.

Segundo Dixon (1992), o exercício aeróbio aumenta o balanço simpátovagal do nodo atrial e pode contribuir em parte para a bradicardia de repouso, quando comparados indivíduos treinados e destreinados. De acordo com Nakamura e colaboradores (2005), as respostas da FC após o treinamento aeróbio, isto é, a redução de seus valores pode ser explicada por adaptações autonômicas, sendo indicativo de maior atividade vagal sobre o nodo sinoatrial aliadas a alterações hemodinâmicas.

É possível encontrar na literatura muitos trabalhos que reportam claramente uma maior VFC em indivíduos treinados comparados com indivíduos destreinados, sendo que as alterações no controle autonômico do coração estão envolvidas intimamente neste processo, ocasionando maior tempo nos intervalos R-R, aumentando essa variável. Logo, é possível afirmar que o exercício físico aeróbio contribui de forma significativa para uma melhor proteção cardiovascular (Dixon e colaboradores, 1992; Catai e colaboradores, 2002; Martinelli e colaboradores, 2005).

É sabido, portanto, que o exercício aeróbio pode ser periodizado de várias maneiras para melhorar o rendimento e condicionamento físico, existindo diferenças significativas entre o treinamento contínuo e intervalado em suas características que

podem ser decisivas na prescrição e montagem de programas, na tentativa de melhorar o desempenho ou para a promoção da saúde. Logo, dentro desta perspectiva o treinamento intervalado vem sendo alvo de vários estudos na tentativa de usá-lo como método que poderia melhorar a performance cardiorrespiratória tanto de atletas como de indivíduos sedentários (Nunes, Oliveira e Azevedo, 2007).

O treinamento intervalado se caracteriza pela aplicação repetida de exercícios com períodos de descanso de modo alternado, sendo que sua prescrição se fundamenta na intensidade e tempo de duração dos exercícios, ou seja, o estímulo acontece numa intensidade maior e, a recuperação numa menor intensidade e maior volume de treino (Smith e Naughton, 1993).

Segundo Eddy, Sparks e Adelizi (1977) a potência máxima aeróbia pode ser aumentada tanto num treino intervalado como no contínuo. Contudo, Nunes, Oliveira e Azevedo (2007) demonstram que o treinamento intervalado melhora a performance de endurance em uma extensão maior que o treinamento contínuo submáximo sozinho, sendo que essa melhora parece ser devido a uma melhor contribuição tanto do metabolismo aeróbio como anaeróbio, aumentando assim, a disponibilidade de ATP no músculo em atividade. Outros benefícios citados são a melhora na capacidade aeróbia, fornecida pelo aumento da requisição das fibras tipo I, da capilarização e da atividade enzimática oxidativa e glicolítica, sendo que as variáveis cardíacas também possuem boas respostas a este tipo de treinamento, principalmente devido ao aumento do volume sistólico, o que melhora o transporte de oxigênio para os músculos durante o exercício e uma atividade simpática atenuada após o treinamento, sugerindo um reduzido fluxo simpático.

De acordo com Brochado e Kokubum (1997); Silveira e Denadai (2002) e Fronchetti e colaboradores (2007), o treinamento intervalado reduz a fadiga e aumenta o trabalho muscular realizado, sendo que a atividade metabólica durante o exercício é influenciada pela intensidade e duração dos períodos de estímulo e recuperação.

Logo, com relação ao treino aeróbio, ainda existem muitas dúvidas e questionamentos a respeito se o indivíduo

deve correr ou andar, qual a diferença entre ambos, se seria interessante alternar as duas formas de locomoção, se existe relação entre preferência pelo padrão de locomoção e menor gasto energético e ainda permanecem sem explicações convincentes a respeito de quais as implicações que esses dois tipos de atividade podem exercer sobre as variáveis para caracterizar a intensidade do exercício apesar de alguns estudos concluídos a respeito, mas sem consenso na comunidade científica (Monteiro e Araújo, 2001).

De acordo com Hildebrand citado por Kram, Domingo e Ferris (1996) geralmente animais terrestres caminham em baixa velocidade e correm em alta velocidade, sendo que a caminhada é classicamente definida com o andar onde um pé fica em contato com o solo durante todo o tempo e, a corrida se caracteriza por envolver fases aéreas na locomoção.

Os indivíduos optam, portanto, por formas de locomoção diversas fazendo a transição numa velocidade em particular, sendo que esta alteração ocorre no instante em que intuitivamente é mais fácil correr que caminhar. No entanto, é possível caminhar rápido que preferir a transição para a corrida.

Existem então, várias hipóteses a respeito do gatilho da VTrans, seja ela baseada na biomecânica ou na resposta fisiológica que este tipo de mudança de padrão de locomoção proporciona, sendo que não existe um consenso na literatura para responder a esta questão (Daniels e Newell, 2003).

De acordo com a biomecânica, esta modificação no padrão do movimento pode ser realizada através de modelos matemáticos, onde na caminhada a troca de energia ocorre de forma mais suave, comparada com as elevadas trocas de energia cinética e elástica da corrida, propiciando um menor estresse músculo-esquelético (Monteiro e Araújo, 2001).

Fisiologicamente, temos a hipótese da minimização do gasto energético, sendo que os indivíduos mudam o padrão de locomoção em função do dispêndio de energia, reduzindo também as respostas do sistema cardiovascular em relação ao andar a uma mesma velocidade, no entanto, as evidências ainda são inconclusivas neste sentido (Monteiro e Araújo, 2001).

Logo, determinar o mecanismo exato pelo qual ocorre o gatilho da transição é um questionamento ainda sem claras elucidações e que necessitam de estudos posteriores.

Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi centrado na comparação das respostas da VFC em dois treinos intervalados distintos trabalhando na VTrans, já que existem ainda poucos estudos nesta perspectiva, na tentativa de facilitar prescrições de exercícios, exigindo uma adequada sobrecarga ao músculo cardíaco e melhorando a qualidade da atividade executada.

MATERIAIS E MÉTODO

Participaram do estudo 15 indivíduos de ambos os gêneros (41,46±6,25 anos, 66,6±6 kg e 161±7,7 cm), tendo como critério de inclusão, indivíduos saudáveis, sem histórico de patologia cardiovascular, cerebral ou renal ou fatores de risco como hipertensão, tabagismo e diabetes.

O presente estudo foi realizado em três momentos distintos, sendo que num primeiro encontro realizou-se a aplicação do termo de consentimento livre e esclarecido, diante do qual os indivíduos tomaram consciência a respeito dos objetivos do trabalho, sobre a participação voluntária e também da impessoalidade na publicação dos dados; foi aplicado ainda nesse momento o

questionário Par-Q, realização de medidas antropométricas e determinação da VTrans.

A VTrans foi determinada em exercício progressivo em esteira rolante (Lx 160, Movement, Brasil) com velocidade inicial de 5,0 km/h e incrementos de 0,2 km/h a cada 15 s até que fosse identificada a fase de vôo durante o deslocamento, o que caracterizava a transição da forma de locomoção de caminhada para corrida. É importante ressaltar que de acordo com Monteiro (2003) e Mota e Almeida (2008) a VTrans é razoavelmente reprodutível em testes na esteira ergométrica, o que nos leva a obter uma maior confiabilidade nos resultados apresentados neste estudo.

Nos dois encontros seguintes os indivíduos realizaram dois exercícios intervalados aeróbios em ordem randômica e realizados em dias distintos, sendo um caminhando (30 segundos) e correndo (90 segundos) na VTrans, e outro caminhando na VTrans (30 segundos) e 0,5 km/h abaixo da VTrans (90 segundos), totalizando oito blocos de estímulo-recuperação, ou seja, 16 minutos de treino, sendo que os tempos de aquecimento (2,5 min) e volta à calma (2,5 min) não entraram como parte na análise dos dados, como mostra a figura 1. Ao longo dos exercícios os indivíduos sinalizavam a nota correspondente à escala de esforço subjetivo de Borg (escala CR-10 de Borg) relativa ao esforço tanto central como periférico (membros inferiores).

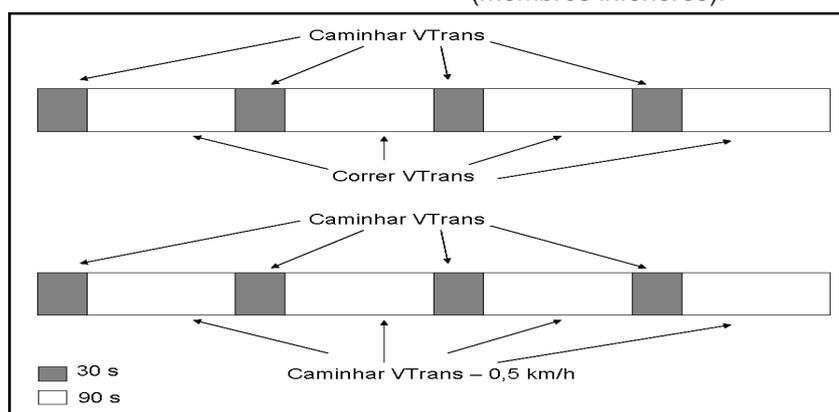


Figura 1. Descrição dos protocolos de treino intervalados baseados na VTrans.

As respostas da FC foram coletadas pelo cardiofrequencímetro (Polar S810i, Polar Eletro Oy, Finlândia) e a VFC foi determinada pela Plotagem de Poincaré através de seus índices SD1 e SD2, sendo consideradas as

diferenças entre os intervalos RR adjacentes.

Os dados foram analisados pelo teste t emparelhado de Student sendo aceito um nível de significância de 5% e um intervalo de confiança de 95%. Todos os cálculos foram

efetuados no software estatístico Primer 4.0 (McGraw-Hill, EUA).

RESULTADOS

A média da VTrans do grupo foi alcançada em $7,3 \pm 0,6$ km/h. Na tabela 1, é observado o comparativo das médias, desvios-padrão, valor mínimo e máximo para SD1 e SD2. A variável SD1 expressa os desvios-padrão dos intervalos R-R instantâneos e representa a atividade vagal cardíaca. Nesta tabela ainda comparamos a percepção de esforço através da Escala de Borg (CR-10) na

fase final do exercício em cada protocolo de treinamento. Percebe-se então, que o comportamento da VFC no PT1 demonstra que existem diferenças significativas entre os treinos, ou seja, uma maior VFC no PT1.

Quanto aos valores de SD2, que é caracterizada como sendo os desvios padrão dos intervalos R-R analisados a longo prazo e é um marcador autonômico conjunto da atividade vagal e simpática cardíaca, é possível observar que o PT1 possui também maiores valores significativos estatisticamente, refletindo também uma maior VFC.

Tabela 1 – Comparativo do SD1, SD2 e Escala de Borg entre os treinos.

	SD1 (média \pm desvio padrão) mínimo a máximo (ms)	SD2 (média \pm desvio padrão) mínimo a máximo (ms)	Borg Central (média)	Borg Periférico (média)
Treino 1	$189,9 \pm 116,5^*$ (29,4 a 442,4)	$226,1 \pm 136,8$ (59,6 a 505,8)	4,8	4,5
Treino 2	$86,6 \pm 85,4^*$ (24,4 a 349,1)	$109,3 \pm 109,5^*$ (33,8 a 452,9)	3,4	4,7

*significa $p = 0,001$ entre os dois protocolos de treino

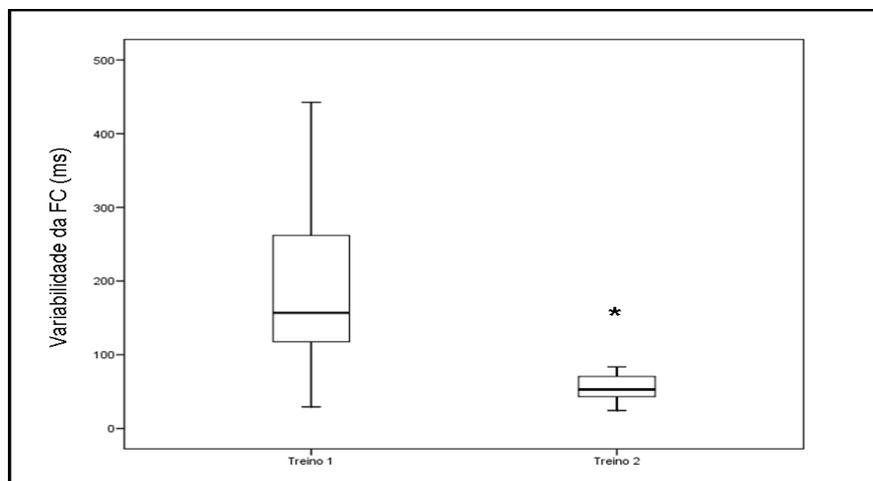


Figura 2. Variabilidade da FC entre os dois protocolos de treino. *significa $p = 0,001$.

A figura 2 ilustra visualmente esses resultados, onde é perceptível uma menor VFC no PT2 em relação ao PT1. Utilizando o dispersograma da Plotagem de Poincaré através do software Polar Precision Performance SW®, podemos observar um caso típico de um sujeito da amostra, no qual existem diferenças significativas entre os dois

protocolos de treinamento, como mostra a figura 3.

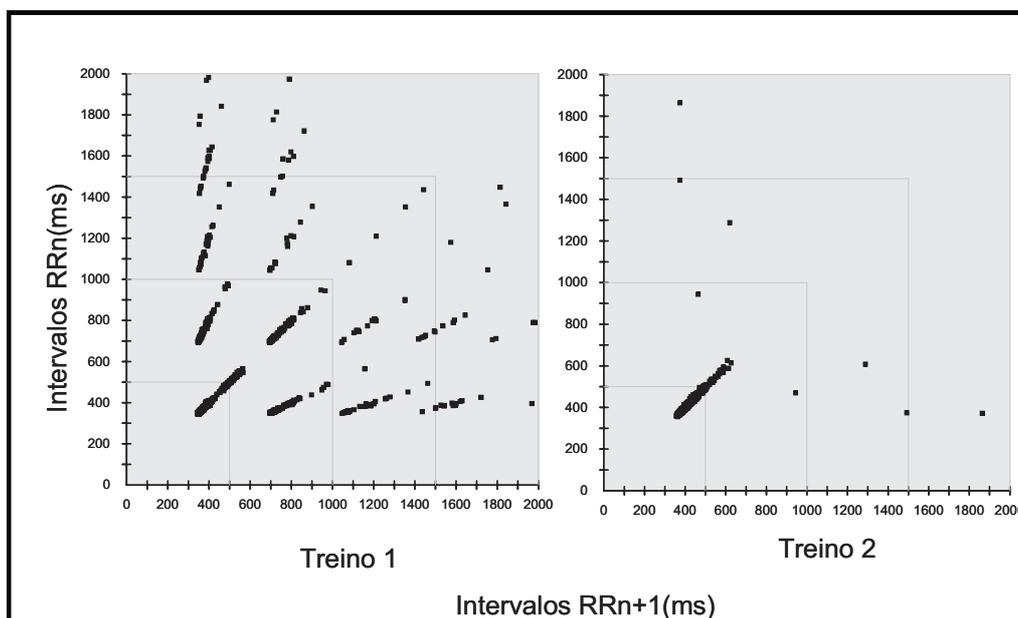


Figura 3. Dispersograma da Plotagem de Poincaré

DISCUSSÃO

O presente estudo analisou a VFC em dois treinos intervalados distintos baseados na VTrans, sendo que no PT2 houve uma VFC significativamente mais baixa que o PT1 para SD1 ($189,9 \pm 116,5$ ms vs $86,6 \pm 85,4$ ms; $p=0,001$, IC95% = 48,4 a 158,3) e também para SD2 ($226,1 \pm 136,8$ ms vs $109,3 \pm 109,5$ ms; $p<0,001$, IC95% = 12,9 a 28,6). Logo, o treino intervalado realizado a uma mesma velocidade (VTrans) entre estímulo e recuperação, contudo alterando apenas a forma de locomoção, parece gerar menor sobrecarga cardiovascular, possivelmente oferecendo uma maior cardioproteção vagal em relação ao treino cuja velocidade é alternada entre VTrans e 0,5 km/h abaixo da VTrans. Este aspecto é corroborado pela maior percepção de esforço dos indivíduos (escala CR-10 de Borg) no treino de caminhada (PT2), no qual foi relatada uma maior fadiga periférica, ocasionando uma sensação de maior cansaço.

As respostas de VFC foram distintas entre os dois treinos, embora ambos tenham sido propostos com base em um mesmo referencial (VTrans), e tenham sido elaborados com períodos idênticos de estímulo e recuperação ao longo do exercício. Este cuidado teve por finalidade minimizar os efeitos intervenientes de outros aspectos que podem ter influenciado estas respostas, como

por exemplo, o fato do PT2 ter sido algo mais intenso que o PT1, segundo relatos dos próprios voluntários.

A utilização da escala de Borg serviu como mais um indicador de fadiga, pois de acordo com Arias e colaboradores (2001), Nakamura e colaboradores (2005); Bertuzzi e colaboradores (2006) o esforço percebido é útil na determinação indireta de intensidades de realização de tarefas cíclicas, sejam elas contínuas ou intermitentes com predominância aeróbia. Logo, a utilização desta escala está baseada no fato de que os ajustes fisiológicos promovidos pelo estresse físico produzem sinais sensoriais aferentes, oriundos do sistema cardiorrespiratório e neuromuscular, que são capazes de alterar a percepção subjetiva de esforço.

Corroborando com os achados de Monteiro (2003), verificamos uma maior percepção de esforço relativa aos membros inferiores e não no componente cardiorrespiratório. Desta forma, manter-se caminhando a velocidades altas próximas à necessidade biomecânica da corrida parece exercer maior atividade dos mecanorreceptores localizados nos músculos e articulações, e que são acionados quando da identificação de movimento (Almeida, 2007).

Ainda com relação à percepção de esforço, alguns estudos têm reportado a relação existente entre a percepção de esforço

e as concentrações de lactato sanguíneo durante a realização de exercícios físicos (Perandini e colaboradores, 2007; Ferry citado por Arias e colaboradores, 2001).

Neste sentido, Noble e colaboradores (1983) demonstraram que o aumento da percepção de esforço está diretamente ligado a elevação das concentrações de lactato sanguíneo e muscular. Essa concentração de lactato durante o exercício é resultante de uma complexa interação entre a formação, distribuição e utilização entre os diversos tecidos do organismo e reflete informações mínimas a respeito da taxa de produção de lactato no músculo (Brooks, 1985)

O exercício intenso gera a produção de grandes quantidades de ácido láctico pela musculatura esquelética em contração e, esse ácido ioniza e libera íons hidrogênio, sendo que um aumento na concentração intramuscular de íons hidrogênio pode comprometer a realização do exercício tanto pela redução da capacidade da célula de produzir ATP como pela competição com os íons cálcio pelos sítios de ligação da troponina, impedindo então, o processo contrátil, logo, para isso existe o sistema tampão que remove os íons hidrogênios para que a atividade ainda possa ser executada (Powers e Howley, 2005). Isso nos leva a crer que tanto a queda de pH como o acúmulo de lactato podem ser responsáveis pelo processo de fadiga que ocorre no exercício de alta intensidade (Villar e Denadai, 1998).

De acordo com os achados de Mazzeo e Marshall (1989) existe alta correlação entre o limiar de lactato e o aumento da concentração plasmática de catecolaminas, o que eleva a ventilação e a atividade cardíaca durante testes de esforço. No entanto, outros estudos (Hambrecht e colaboradores, 1995) não confirmam tais resultados, relatando que as relações entre catecolaminas, lactato sanguíneo e ventilação nem sempre são constantes, apesar de existir consenso na literatura que as respostas fazem parte do mesmo fenômeno (Ribeiro citado por Brunetto, 2005).

Como foi mencionado anteriormente, houve uma menor VFC no PT2, já que houve uma maior solicitação periférica e provavelmente uma maior ativação dos mecanorreceptores presentes na musculatura ativa, o que, segundo Powers e Howley (2005) poderiam dirigir o sistema cardiovascular ou

pulmonar em proporção à taxa metabólica. Com relação ao comando central, quanto mais unidades motoras são requisitadas, maior será a taxa metabólica dos músculos, isso gera então, uma maior ventilação e maior resposta da frequência cardíaca (Powers e Howley, 2005).

Não encontramos na literatura nenhuma referência a respeito do comportamento da VFC em indivíduos treinados durante um treino aeróbio intervalado, mas vários estudos a respeito dessa variável vêm ganhando espaço. Brunetto e colaboradores (2005) em estudo realizado com adolescentes em esteira ergométrica utilizando, para verificar os intervalos R-R, o equipamento Polar S-810i, e analisando os dados de modo similar ao do nosso estudo, verificaram que o índice SD2 diminui progressivamente até o final do exercício, enquanto o SD1 diminui até certo ponto, mantendo-se constante significativamente com o incremento da intensidade.

A maior parte dos estudos envolvendo a VFC foi realizada em cicloergômetro e afirmam que existe um aumento dessa variável após treinamento independentemente do protocolo utilizado, gerando uma maior cardioproteção vagal (Catai e colaboradores, 2002; Nakamura e colaboradores, 2005; Martinelli e colaboradores, 2005).

Alonso e colaboradores (1998) constataram que a VFC diminui com o aumento da intensidade do exercício, mas a mesma tende a se estabilizar com a progressão da atividade mesmo com o aumento constante da FC durante o treino.

O presente estudo também pretendeu ao verificar a VFC, se utilizar de sujeitos acima de 35 anos, pois, de acordo com a literatura, é a partir da meia idade que existe uma diminuição da estimulação parassimpática e uma maior atividade simpática, desprotegendo o músculo cardíaco (Lopes e colaboradores, 2007; Kawaguchi e colaboradores, 2007; Santos e colaboradores, 2005; Catai e colaboradores, 2002). Logo, este trabalho visa buscar uma estratégia segura para se elaborar programas de exercício aeróbio para indivíduos desta faixa etária ou acima, e que não tenham intenção de correr, mas apenas caminhar em esteira, diminuindo assim, o risco para eventos cardiovasculares.

Existe uma escassez de estudos com relação a treinamento utilizando a VTrans, sendo que os trabalhos publicados têm uma maior ênfase no estudo dos grupamentos musculares mais requisitados neste tipo de estimulação (Bartlett e Kram, 2008; Segers e colaboradores, 2007; Neptune e Sasaki, 2005), ou seja, um foco de estudo mais biomecânico.

Monteiro (2003) ao trabalhar com a VTrans utilizando métodos bastante semelhantes ao executado neste estudo concluiu que a VTrans não se destina a diminuir a demanda metabólica do exercício, sendo que a opção entre caminhar ou correr nesta velocidade pode determinar respostas fisiológicas e perceptivas diferentes, tendo influência direta na prescrição de exercícios.

Nosso estudo possui algumas limitações a serem consideradas. A falta de controle sobre a ingestão de bebidas cafeinadas durante os dias precedentes e naqueles em que se realizou o estudo. Apesar disso, os indivíduos aparentemente não alteraram suas rotinas de vida entre os dias de coleta de dados. Deste modo, acreditamos que caso tenha havido diferenças na ingestão de cafeína nas horas antecedentes aos treinos, isto pode ter sido um comportamento similar para ambos os exercícios. Estudos posteriores utilizando um protocolo de treino diferente, separando os indivíduos por gênero, buscando perceber a relação entre níveis de lactato sanguíneo e percepção de esforço na VTrans são de extrema relevância para ampliar informações a respeito de trabalhos inovadores como este.

CONCLUSÃO

Concluindo, a VFC foi maior no PT1, o que sugere uma maior cardioproteção vagal durante o exercício. Logo, a corrida como estratégia de recuperação mostrou-se relativamente eficiente para se gerar um exercício com menor solicitação cardiovascular, o que nos leva a perceber que não é necessário correr para aumentar a intensidade do exercício, sendo que a corrida pode ser prescrita como estratégia de recuperação de estímulos mais intensos desde que seja conhecida previamente a VTrans individual e a mesma pode ser agregada como um valor referencial para elaboração de

planilhas de treinamento aeróbico para a população em geral.

REFERENCIAS

1- Almeida, M.B. Freqüência Cardíaca e Exercício: Uma Interpretação Baseada em Evidências. Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano. Vol. 9. Num. 2. 2007. p.196-202.

2- Almeida, M.B.; Araújo, C.G.S. Efeitos do Treinamento Aeróbico sobre a Freqüência Cardíaca. Revista Brasileira de Medicina do Esporte. Vol. 9. Num. 2. 2003. p.104-112.

3- Alonso, D.O.; Forjaz, C.L.M.; Rezende, L.O.; Braga, A.M.F.W.; Barretto, A.C.P.; Negrão, C.E.; Rondon, M.U.P.B. Comportamento da Freqüência Cardíaca e da Sua Variabilidade Durante as Diferentes Fases do Exercício Físico Progressivo Máximo. Arquivos Brasileiros de Cardiologia. Niterói. Vol. 71. Num. 6. 1998. p.787-792.

4- Antelmi, I.; Chuang, E.Y.; Grupi, C.J.; Latorre, M.R.D.O.; Mansur, A.J. Recuperação da freqüência cardíaca após teste de esforço em esteira ergométrica e variabilidade da freqüência cardíaca em 24 horas em indivíduos sedentários. Arquivos Brasileiros de Cardiologia. Niterói. Vol. 90. Num. 6. 2008. p. 413-418.

5- Arias, G.M.P.; Dias, H.D.P.; Aristizabal, R.J.C.; Jaramillo, L.H.N. Efeitos da desidratação, durante exercício submáximo de longa duração, na concentração sangüínea do lactato, na freqüência cardíaca e na percepção subjetiva do Esforço. Rev. Bras. Ciên. e Mov. Brasília. Vol. 9. Num. 4. 2001. p. 41-46.

6- Bartlett, J.L.; Kram, R. Changing the demand on specific muscle groups affects the walk-run transition speed. J. Exp. Biol. Vol. 211. Num. 8. 2008. p. 1281-1288.

7- Bertuzzi, R.C.M.; Nakamura, F.Y.; Rossi, L.C.; Kiss, M.A.P.D.; Franchini, E. Independência temporal das respostas do esforço percebido e da freqüência cardíaca em relação à velocidade de corrida na simulação de uma prova de 10km. Revista Brasileira de Medicina do Esporte. Vol. 12. Num. 4. 2006. p. 179-183.

8- Brochado, M.M.V.; Kokubum, E. Treinamento intervalado de corrida de velocidade: efeitos da duração da pausa sobre o lactato sanguíneo e a cinemática da corrida. Motriz. Rio Claro. Vol. 3. Num.1. 1997. p.11-19.

9- Brooks G.A. Anaerobic threshold: review of the concept and directions for future research. Med Sci Sports Exerc. Vol. 17. Num. 1.1985. p. 22-31.

10- Brunetto, A.F.; Silva, B.M.; Roseguini, B.T.; Hirai, D.M.; Guedes, D.P. Limiar ventilatório e variabilidade da frequência cardíaca em adolescentes. Revista Brasileira de Medicina do Esporte. Vol. 11. Num. 1. 2005. p. 22-27.

11- Catai, A.M.; Chacon-Mikahil, M.P.T.; Martinelli, F.S.; Forti, V.A.M.; Silva, E.; Golfetti, R.; Martins, L.E.B.; Szrajzer, J.S.; Wanderley, J.S.; Lima-Filho, E.C.; Milan, L.A.; Marin-Neto, J.A.; Maciel, B.C.; Gallo-Junior, L. Effects of aerobic exercise training on heart rate variability during wakefulness and sleep and cardiorespiratory responses of young and middle-aged healthy men. Brazilian Journal of Medical and Biological Research. Vol. 35. Num. 6. 2002. p.741-752.

12- Daniels, G.L.; Newell, K.M. Attentional focus influences the walk-run transition in human locomotion. Biol. Psychol. Vol. 63. Num. 2. 2003. p. 163-178.

13- Dixon, E.M.; Kamath, M.V.; McCartney, N.; Fallen, E.L. Neural regulation of heart rate variability in endurance athletes and sedentary controls. Cardiovasc. Res. Vol. 26. Num. 7. 1992. p. 713-719.

14- Eddy, D.O.; Sparks, K.L.; Adelizi, D.A. The effects of continuous and interval Training. Eur. J. Appl. Physiol. Vol. 37. 1977. p. 83-92.

15- Farrell, T.G.; Bashir, Y.; Cripps, T.; Malik, M.; Poloniecki, J.; Bennett, E.D.; Ward, D.E.; Camm, A.J. Risk stratification for arrhythmic events in postinfarction patients based on heart rate variability, ambulatory electrocardiographic variables and the signal-averaged electrocardiogram. J. AM. Coll. Cardiol. Vol. 18. Num. 3. 1991. p. 687-697.

16- Figueira, T.R.; Denadai, B.S. Relações entre o limiar anaeróbio, limiar anaeróbio individual e máxima fase estável de lactato em ciclistas. Rev. Bras. Ciên. e Mov. Brasília. Vol. 12. Num. 2. 2004. p. 91-95.

17- Fronchetti, L.; Nakamura, F.Y.; De-Oliveira, F.R.; Lima-Silva, A.E.; Aguiar, C.A.; Aguiar, A.F.; Lima, J.R.P. Limiar de variabilidade da frequência cardíaca e treinamento intervalado no domínio severo [resumo]. 6º Fórum Internacional de Esportes. Santa Catarina. 2007.

18- Hambrecht, R.P.; Niebauer, J.; Fiehn, E.; Marburger, C.T.; Muth, T.; Offtner, B.; Kubler, W.; Shuler, G.C. Effect of an acute β -adrenergic blockade on the relationship between ventilatory and plasma lactate threshold. Int. J. Sports Med. Vol. 16. Num. 4. 1995. p. 219-224.

19- Kawaguchi, L.Y.A.; Nascimento, A.C.P.; Lima, M.S.; Frigo, L.; Paula Junior, A.R.; Tierra-Criollo, C.J.; Lopes-Martins, R.A.B. Caracterização da variabilidade da frequência cardíaca e sensibilidade do barorreflexo em indivíduos sedentários e atletas do sexo masculino. Revista Brasileira de Medicina do Esporte. Vol. 13. Num. 4. 2007. p. 231-236.

20- Kram, R.; Domingo, A.; Ferris, D. P. Effect of reduced gravity on the preferred walk-run transition speed. The Journal of Experimental Biology. Vol. 200. 1997. p. 821-826.

21- Lopes, F.L.; Pereira, F.M.; Reboredo, M. M.; Castro, T.M.; Vianna, J.M.; Novo Jr, J.M.; Silva, L.P. Redução da variabilidade da frequência cardíaca em indivíduos de meia-idade e o efeito do treinamento de força. Revista Brasileira de Fisioterapia. Vol. 11. Num. 2. 2007. p. 113-119.

22- Martinelli, F.S.; Chacon-Mikahil, M.P.T.; Martins, L.E.B.; Lima-Filho, E.C.; Golfetti, R.; Paschoal, M.A.; Gallo-Junior, L. Heart rate variability in athletes and nonathletes at rest and during head-up tilt. Brazilian Journal of Medical and Biological Research. Vol. 38. Num. 4. 2005. p. 639-647.

23- Mazzeo, R.S.; Marshall, P. Influence of plasma catecholamines on the lactate threshold during graded exercise. Journal of

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

Applied Physiology. Vol. 67. Num. 4. 1989. p.1319-1322.

23- Melo, R.C.; Santos, M.D.B.; Silva, E.; Quitério, R.J.; Moreno, M.A.; Reis, M.S.; Verzola, L.A.; Oliveira, L.; Martins, L.E.B.; Gallo-Junior, E.; Catai, A.M. Effects of age and physical activity on the autonomic control of heart rate in healthy men. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*. Vol. 38. Num. 9. 2005. p. 1331-1338.

24- Monteiro, W.D. Transição Caminhada-Corrida: estudos dos mecanismos envolvidos na regulação da locomoção e subsídios para a prescrição do exercício aeróbio. Tese de Doutorado. Rio de Janeiro. Universidade Gama Filho. 2003.

25- Monteiro, W.D.; Araújo, C.G.S. Transição Caminhada-Corrida: considerações fisiológicas e perspectivas para estudos futuros. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*. Vol. 7. Num. 6. 2001. p. 207-221.

26- Mota, M.O.S.M.; Almeida, M.B. A Velocidade de Transição em Esteira Rolante é Reprodutível?. *Anais do IX Simpósio Nordestino de Atividade Física & Saúde [resumo]*. 2008. Aracaju. Sergipe.

27- Nakamura, F.Y.; Gancedo, M.R.; Silva, L.A.; Lima, J.R.P.; Kokubum, E. Utilização do esforço percebido na determinação da velocidade crítica em corrida aquática. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*. Vol. 11. Num. 1. 2005. p. 1-5.

28- Nakamura, F.Y.; Aguiar, C.A.; Fronchetti, L.; Aguiar, A.F.; Lima, J.R.P. Alteração do limiar de variabilidade da frequência cardíaca após treinamento aeróbio de curto prazo. *Motriz*. Rio Claro. Vol. 11. Num. 1. 2005. p. 1-9.

29- Neptune, R.R.; Sasaki, K. Ankle plantar force production is an important determinant of the preferred walk-to-run transition speed. *J. Exp. Biol*. Vol. 208. Num. 5. 2005. p. 799-808.

30- Noble, B.J.; Borg, G.A.; Jacobs, I.; Ceci, R.; Kaiser, P. A category-ratio perceived exertion scale: relationship to blood and muscle lactates and heart rate. *Med Sci Sports Exerc*. Vol. 15. Num. 6. 1983. p.523-528.

31- Nunes, J.E.D.; Oliveira, J.C.; Azevedo, P.H.S.M. Efeito do treinamento intervalado em sedentários recreacionais e atletas altamente treinados. *Brazilian Journal of Biomotricity*. Vol. 1. 2007. p. 1-5.

32- Perandini, L.A.B.; Okuno, N.M.; Hirai, D.M.; Simões, H.G.; Cyrino, E.S.; Nakamura, F.Y. Comparação entre limiar de esforço percebido e indicadores de máximo estado estável de lactato em exercício intermitente. *Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano*. Vol. 9. Num. 4. 2007. 351-357.

33- Powers, S. K.; Howley, E.T. *Fisiologia do Exercício: Teoria e Aplicação ao Condicionamento e Desempenho*. 5ª edição. São Paulo. Manole. 2005.

34- Raxwal, V.; Shetler, K.; Morise, A.; Do, D.; Myers, J.; Atwood, J.E.; Froelicher, V.F. Simple Treadmill Score To Diagnose Coronary Disease. *Chest*. Vol. 11. Num. 6. 2001. p.1933-1940.

35- Reis, A.F.; Bastos, B.G.; Mesquita, E.T.; Fº Romeo, L.J.M.; Nóbrega, A.C.L. Disfunção parassimpática, variabilidade da frequência cardíaca e estimulação colinérgica após infarto agudo do miocárdio. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia*. Niterói. Vol. 70. Num. 3. 1998. p. 193-199.

36- Ribeiro, M.P.; Brum, J.M.; Ferrario, C.M. Análise espectral da frequência cardíaca. Conceitos básicos e aplicação clínica. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia*. Niterói. Vol. 59. Num. 2. 1992. p. 141-149.

37- Robergs, R.A.; Landwehr, R. The Surprising History of The "HRmax= 220-age" Equation. *Journal of Exercise Physiology on line*. Vol. 5. Num. 2. 2002.

38- Sandercock, G.R.; Bromley, P.D.; Brodie, D.A. Effects of exercise on heart rate variability: inferences from meta-analysis. *Med. Sci. Sports Exerc*. Vol. 37. Num. 3. 2005. p. 433-439.

39- Santos, A.L.; Silva, S.C.; Farinatti, P.T.V.; Monteiro, W.D. Respostas da frequência cardíaca de pico em testes máximos de campo

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.rbpex.com.br

e laboratório. Revista Brasileira de Medicina do Esporte. Vol. 11. Num. 3. 2005. p. 177-180.

40- Segers, V.; Lenoir, M.; Aerts, P.; De Clercq, D. Influence of tibialis anterior fatigue on the walk-run and run-walk transition in non-steady state locomotion. Gait. Posture. Vol. 25. Num. 4. 2007. p. 639-647.

41- Silveira, L.R.; Denadai, B.S. Efeito modulatório de diferentes intensidades de esforço sobre a via glicolítica durante o exercício contínuo e intermitente. Revista Paulista de Educação Física. São Paulo. Vol. 12. Num. 2. 2002. p. 186-197.

42- Smith, J.O.; Mc Naughton, L.; The effects of intensity of exercise on excess post exercise oxygen consumption and energy expenditure in moderately trained men and women. Eur. J. Appl. Physiol. Vol. 67. 1993. p. 420-425.

43- Vanderlei, L.C.M.; Silva, R.A.; Pastre, C.M.; Azevedo, F.M.; Godoy, M.F. Comparison of the polar S810i monitor and the ECG for the analysis of heart rate variability in the time and frequency domains. Brazilian Journal of Medical and Biological Research. Vol. 41. Num. 10. 2008. p. 855- 859.

44- Villar, R.; Denadai, B.S. Efeitos da corrida em pista ou do deep water running na taxa de remoção do lactato sanguíneo durante a recuperação ativa após exercícios de alta intensidade. Motriz. Rio Claro. Vol. 4. Num. 2. 1998. p. 98-103.

Recebido para publicação no dia 28/02/2009.

Aceito no dia 30/04/2009