

Categoria: Artigo original

ISSN: 0103-1716

Título Português: LIMAR DE VARIABILIDADE DA FREQUÊNCIA CARDÍACA EM TESTE PROGRESSIVO DE CAMINHADA EM DIABÉTICOS TIPO 2

Título Inglês: HEART RATE VARIABILITY THRESHOLD IN WALKED GRADUAL TEST IN TYPE 2 DIABETES

Autore(s):

Lucieli Teresa Cambri

Afiliação: Universidade do Estado de Santa Catarina

Juliana Pereira Decimo

Afiliação: Universidade do Estado de Santa Catarina

Lenise Fronchetti

Afiliação: Universidade do Estado de Santa Catarina

Fernando Roberto De Oliveira

Afiliação: Universidade Federal de Lavras

Monique da Silva Gevaerd

Afiliação: Universidade do Estado de Santa Catarina

Endereço para Correspondência: ju.decimo@yahoo.com.br

Data Recebimento: 14-02-2009

Data Aceite: 30-04-2009

LIMIAR DE VARIABILIDADE DA FREQUÊNCIA CARDÍACA EM TESTE PROGRESSIVO DE CAMINHADA EM DIABÉTICOS TIPO 2

HEART RATE VARIABILITY THRESHOLD IN WALKED GRADUAL TEST IN TYPE 2 DIABETES

RESUMO

Objetivo: O objetivo deste trabalho foi analisar a modulação do sistema nervoso autonômico cardíaco durante o exercício em diabéticos tipo 2.

Métodos: Foram avaliados 9 homens com $56,4 \pm 5,6$ anos. A frequência cardíaca (FC) e a variabilidade da frequência cardíaca (VFC) de repouso foram mensuradas na posição supina. Foi realizado um teste progressivo de caminhada em campo para identificação do limiar de VFC (LiVFC). A FC e os intervalos R-R foram registrados pelo cardiofrequencímetro POLAR® modelo S810i. Os intervalos R-R foram tratados no programa *Polar Precision Performance*. **Resultados:** O LiVFC, pelos critérios de Lima e Kiss (1999) - $5,4 \pm 1,6 \text{ km.h}^{-1}$ e $108 \pm 16 \text{ bpm}$ - e de Tulppo et al (1998) - $5,2 \pm 1,0 \text{ km.h}^{-1}$ e $103 \pm 7 \text{ bpm}$, foi identificado em todos os sujeitos e pelo critério de regressão linear não foi determinado em 4 sujeitos ($5,1 \pm 1,1 \text{ km.h}^{-1}$ e $104 \pm 14 \text{ bpm}$). Não houve diferença significativa entre estes critérios. Verificou-se associações significativas entre a VFC de repouso e intensidade no LiVFC ($r=0,75$), pelo critério de Lima e Kiss (1999) e entre a FC de repouso com o percentual de queda da FC no minuto 5 da recuperação ($r=-0,69$). **Conclusão:** Diante do

exposto, verificou-se a obtenção de evidências de associação entre o LiVFC e a aptidão aeróbia, justificando a possível aplicabilidade deste limiar na adequação das cargas de treinamento para a caminhada em diabéticos tipo 2.

Palavras chaves: variabilidade da frequência cardíaca, teste progressivo de caminhada, diabéticos tipo 2.

ABSTRACT

Objective: The objective of this study was to analyze the cardiac autonomic nervous system modulation during exercise in subjects with type 2 diabetes.

Methods: The nine man with $56,4 \pm 5,6$ years had been evaluated. The heart rate (HR) and heart rate variability (HRV) were measured in rest in the supine position. A walked gradual test was submitted for identification of the of HRV threshold (HRVT). The HR and R-R intervals were recorded by the use of Polar[®] equipment, S810i model. The R-R intervals were calculated by means of the *Polar[®] Precision Performance* software. **Results:** The HRVT, based on the criteria of Lima & Kiss (1999) - $5,4 \pm 1,6 \text{ km.h}^{-1}$ e $108 \pm 16 \text{ beats}\cdot\text{min}^{-1}$ - and Tulppo *et al.* (1998) - $5,2 \pm 1,0 \text{ km.h}^{-1}$ e $103 \pm 7 \text{ beats}\cdot\text{min}^{-1}$, was identified in all the subjects. However, based on the linear regression criteria, it was not possible to be identified in 4 subjects ($5,1 \pm 1,1 \text{ km.h}^{-1}$ e $104 \pm 14 \text{ beats}\cdot\text{min}^{-1}$). There was no difference between the different criteria used to determine the HRVT. It was verified significant associations between the HRV of rest and intensity in the HRVT ($r=0,75$), using the criteria of Lima & Kiss (1999) and the HR of rest with the decreased percentage of the HR in the 5^o minute of recovery ($r=-0,69$). **Conclusion:** Before the exposed, the obtaining of association

evidences was verified between HRVT and the aerobic fitness, justifying the possible applicability of this threshold in the adaptation of the training loads for the walk in type 2.diabetics.

Key-words: heart rate variability, walked gradual test, type 2 diabetes.

INTRODUÇÃO

Em termos mundiais, aproximadamente 171 milhões de pessoas apresentavam Diabetes Mellitus (DM) em 2000, e a perspectiva para 2030 é de quase 366 milhões, com o Brasil passando da oitava para a sexta posição entre os países com maior número de casos da doença. Vale ressaltar que o DM tipo 2 é a forma mais comum da doença, abrangendo 85 a 90% do total de casos²⁰.

O comprometimento de ambos os ramos do sistema nervoso autônomo é uma importante consequência do DM, sendo causa freqüente de morbimortalidade cardiovascular¹¹. Este evento ocorre devido à degeneração neurológica das pequenas fibras do sistema nervoso simpático e parassimpático e pode ser caracterizada pela redução da variabilidade da freqüência cardíaca - VFC¹¹.

Tanto em diabéticos quanto em não diabéticos, a redução da VFC em repouso está associada a diversos fatores de risco cardiovascular: índice de massa (IMC) e gordura corporal aumentados, hiperinsulinemia, hiperglicemia, elevação nos níveis de colesterol total, triglicerídeos, lipoproteínas de baixa densidade, pressão arterial sistólica e diastólica, assim como, redução nos níveis de lipoproteínas de alta densidade¹⁶. Neste contexto, a VFC em repouso é uma das medidas comumente utilizada para estabelecer estas relações¹⁶, sendo que, em indivíduos diabéticos, as informações sobre o comportamento desta variável durante exercício são escassas.

Quanto a análise da VFC em exercício, recentemente, foi mostrada a sua relação com outros índices de aptidão aeróbia^{2,7,13,19}, além da sua sensibilidade

aos efeitos de treinamento em diferentes intensidades^{9,14}. Foi apresentada a possibilidade de identificação de um ponto de transição da modulação do sistema nervoso autonômico, denominado limiar de VFC (LiVFC). Este foi teoricamente considerado um demarcador da retirada da dominância parassimpática cardíaca para a acentuação simpática^{1,2,13,18,19} e alguns estudos tem associado ao primeiro limiar de lactato e/ou ventilatório. Com isso, o LiVFC pode ser considerado um indicador da capacidade aeróbia e ser utilizado como parâmetro fisiológico para prescrição de exercício^{2,13}.

Para o indivíduo diabético, pelo baixo nível de aptidão física normalmente encontrada, uma alternativa de método de avaliação da aptidão aeróbia e, conseqüentemente, obtenção de parâmetros para prescrição das intensidades de exercícios, são os testes de caminhada, sendo que, recentemente, em estudos preliminares, foi possível determinar um ponto de transição da frequência cardíaca (FC) em teste progressivo de caminhada¹⁷.

O estudo do LiVFC apresenta uma importante implicação clínica, sugerindo que a prática de exercícios em intensidades até o LiVFC parece proporcionar maior segurança em relação aos possíveis riscos cardiovasculares, visto que, nestas intensidades, a ação protetora vagal ainda está presente¹.

A associação de índices de VFC em repouso com o LiVFC pode ser útil na predição das intensidades em que ocorre a retirada vagal em exercício. Além disso, existem algumas alternativas de técnicas de identificação do LiVFC, sendo necessária a comparação das mesmas, visando possibilitar a escolha pelo método mais adequado e a qual faixa de transição fisiológica

pertencem durante a caminhada em indivíduos diabéticos.

Contudo, a maioria dos protocolos que analisa a VFC durante exercício progressivo envolve cicloergômetro^{1,2,7,13,14,18}, com poucos sendo realizados em esteira³ e principalmente em campo⁴. A possibilidade de se analisar a VFC em teste de campo é relevante pela facilidade de aplicação, permite a avaliação de maior número de sujeitos simultaneamente com menores custos. Aliado a elevada especificidade e familiarização dos testes de caminhada. Os testes de campo com distâncias ou tempo fixos (1 milha ou 12 min), em geral, são utilizados para a estimativa do consumo máximo de oxigênio ($VO_{2m\acute{a}x}$) e discriminador de aptidão funcional de pacientes com diversas doenças^{5,12}, não sendo empregados para a determinação de zona de transição neste tipo de esforço. Além disso, em indivíduos com baixa aptidão física, como encontrados em algumas patologias, podem ocorrer dificuldades com relação ao ritmo escolhido, além de exigirem esforço máximo de caminhada durante todo o percurso e grande motivação. Neste ponto, a possibilidade de utilização de teste progressivo de caminhada em campo pode ser uma alternativa prática atraente. Assim, a partir do exposto, este estudo teve por objetivo verificar a possibilidade de identificação do LiVFC em teste progressivo de caminhada em campo, verificando a relação entre diversos critérios de determinação do LiVFC e outros índices funcionais em repouso e recuperação em pacientes com DM tipo 2.

MÉTODOS

Sujeitos

Foram avaliados nove voluntários do sexo masculino, com idade $56,4 \pm 5,6$ anos e $7,8 \pm 3,5$ anos de diagnóstico médico de DM tipo 2. Destes, três eram tratados com insulina e os demais com antidiabéticos orais. Todos apresentavam sobrepeso ($IMC > 25 \text{ kg.m}^2$) ou obesidade ($IMC > 30 \text{ kg.m}^2$). A pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética da Universidade do Estado de Santa Catarina (registro CEP nº 021/05) e todos os sujeitos assinaram um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. Todos estes procedimentos estão em conformidade com a Declaração de Helsinki. Os *critérios de inclusão* adotados para este estudo foram: diagnóstico médico de DM tipo 2 há no mínimo um ano, atestado médico autorizando a prática de exercícios físicos, ter idade entre 40 e 65 anos. E os *critérios de exclusão* foram: uso de beta-bloqueadores, fumantes, hipertensão arterial não controlada, neuropatia diabética, história de infarto do miocárdio, angina pectoris, e/ou insuficiência cardíaca; anormalidades ortopédicas e demais patologias associadas à doença descritas no atestado médico que poderiam limitar a prática de exercícios.

Procedimentos Experimentais

Os avaliados foram aconselhados a não realizar atividades vigorosas e nem ingerir bebidas alcoólicas ou cafeínadas nas 24 horas anteriores às avaliações. Anteriormente a realização das avaliações, verificou-se que as recomendações prévias foram seguidas corretamente.

A FC e a VFC de repouso foram mensuradas durante 5 minutos com o

avaliado na posição supina, sendo a medida iniciada após repouso de 5 minutos, em sala com ambiente climatizado e tranqüilo.

Para a análise da FC e da VFC em exercício foi realizado um teste progressivo de caminhada¹⁷, o qual foi realizado em pista de 200m, demarcada com cones a cada 10m. A velocidade da caminhada foi controlada pela emissão de sinais sonoros a cada 10m. A passagem do avaliado pelos cones deveria coincidir com o sinal sonoro. O teste tem velocidade inicial de 2km.h⁻¹ com incrementos de 0,3km.h⁻¹ a cada 100m. O teste foi encerrado quando os indivíduos não conseguissem mais manter o ritmo imposto, ou seja, atrasassem sua passagem por dois cones consecutivos. Para ter melhor controle sobre o avaliado durante o teste foi utilizado o índice de percepção do esforço pela escala de Borg de 20 pontos, identificado em cada estágio do teste. Os indivíduos foram previamente adaptados ao protocolo de teste. A temperatura e a umidade do ar durante os testes apresentaram médias de 19,8 ± 1,3°C e 80 ± 12%, respectivamente.

Os dados de FC e os intervalos R-R foram registrados pelo cardiófreqüencímetro POLAR® modelo S810i¹⁰. Os intervalos R-R foram tratados no programa *Polar Precision Performance* e os artefatos foram filtrados no software (filtro moderado de 20 bpm).

Durante o exercício físico, os intervalos R-R numa série temporal tendem a diminuir devido ao aumento da FC, acarretando um estado não estacionário, o que causa uma interferência nos dados calculados por meio da análise espectral e métodos tradicionais realizados no domínio do tempo¹⁸. É imprescindível realizar uma interpretação da VFC que remova a tendência ao

aumento da FC. A VFC no domínio do tempo pode ser calculada pela plotagem de Poincaré, que é um método não linear de análise da VFC baseado no registro das durações de uma série de batimentos cardíacos sucessivos, medidas pelos intervalos R-R^{13,18}. Os monitores de FC Polar® modelo Vantage NV e S810i permitem o cálculo da VFC^{10,13}, empregando a plotagem de Poincaré, o qual é uma estratégia que permite calcular as alterações dinâmicas do coração, mesmo com a tendência da elevação da FC¹⁸.

O índice de medida da VFC avaliado no domínio do tempo foi o SD1 (ms), que corresponde a análise instantânea do desvio padrão dos intervalos R-R, e refere-se a uma medida não-invasiva da influência do sistema parassimpático sobre o nódulo sinoatrial^{2,18,20}. Há evidências de que o índice SD1 quantifica a modulação vagal da FC, pois o mesmo reduziu progressivamente durante o exercício físico mediante doses progressivas de atropina - bloqueador farmacológico parassimpático¹⁸.

Para a determinação da FC de repouso, foi considerada a FC média dos 5 minutos de mensuração. Para a VFC durante o exercício, foi calculado o parâmetro SD1 associado a cada carga, bem como da FC média correspondente a cada um dos estágios do teste.

A FC de recuperação foi mensurada com os sujeitos na posição supina durante os tempos 1, 3 e 5 imediatamente após o término do teste. O percentual de queda da FC foi calculado a partir dos valores de FC nos tempos 1 (%QFC₁), 3 (%QFC₃), e 5 (%QFC₅) de recuperação em relação a FC de pico no teste.

O LiVFC no teste progressivo de caminhada foi identificado por três

critérios: a) critério de Lima e Kiss¹³ - identificado na primeira intensidade de exercício a apresentar SD1 inferior a 3 ms; b) critério de Tulppo et al.¹⁹ considerado como LiVFC o primeiro estágio, no decréscimo da curva, em que a diferença entre o SD1 de dois estágios consecutivos foi menor que 1 ms e c) critério de regressão linear múltipla - adaptado de Orr et al.¹⁵, identificado no ponto de intersecção que melhor dividiu a curva da VFC em função da velocidade em dois segmentos, sendo escolhida a equação com maior valor de R^2 e menor somatória de resíduos.

Tratamento Estatístico

A normalidade dos dados foi verificada pelo teste de Shapiro Wilk. Após constatada a normalidade dos dados, foram utilizados ANOVA One-Way, e correlação linear de Pearson para comparar e correlacionar os métodos de identificação do LiVFC, respectivamente. Adotou-se o nível de significância de 5%.

RESULTADOS

A tabela 1 apresenta as variáveis em repouso, no teste progressivo de caminhada e na recuperação. A partir da qual se observa valores de VFC em repouso reduzidos.

Tabela 1: Média e desvio padrão das variáveis em repouso, durante o teste progressivo de caminhada e na recuperação.

n=9	Média e Desvio Padrão
FCrep (bpm)	63 ± 8
VFCrep (ms)	22,4 ± 12,6
Vel _{máx} (km.h ⁻¹)	7,5 ± 0,6
FC _{pico} (bpm)	143 ± 8
%FC _{máx} _{Idade}	66,5 ± 10,1
%QFC ₁	30,5 ± 7,3
%QFC ₃	39,3 ± 7,0
%QFC ₅	42,4 ± 4,9

As figuras 1 e 2 exemplificam a identificação do LiVFC pelos três critérios utilizados.

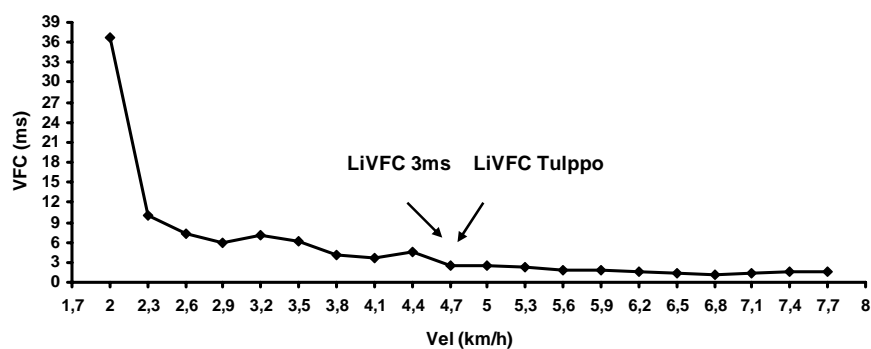


Figura 1- Identificação do LiVFC pelos critérios de Lima e Kiss¹³ e de Tulppo et al.¹⁹

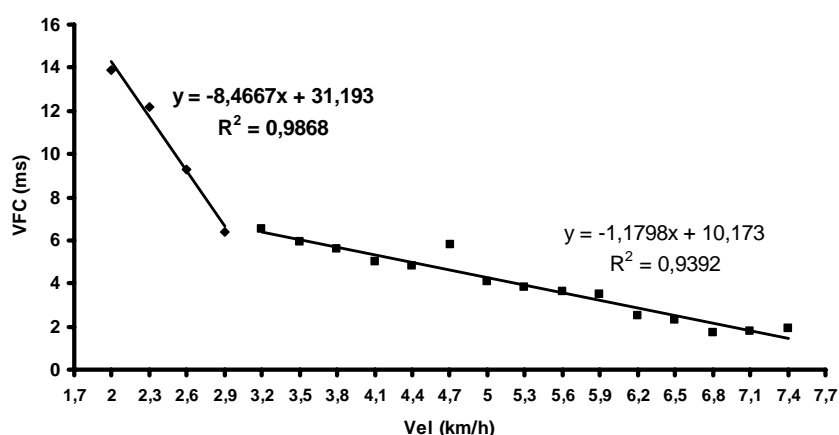


Figura 2 - Determinação do LiVFC pelo critério de regressão linear múltipla.

O LiVFC, pelos critérios de Lima e Kiss¹³ - LiVFC_{LIM} - e de Tulppo et al.¹⁹ - LiVFC_{TUL} - foi identificado em todos os sujeitos. Entretanto, pelo critério de regressão linear – LiVFC_{REG} - não foi possível identificar o LiVFC em 4 sujeitos.

A tabela 2 mostra que não houve diferença estatisticamente significativa para nenhuma das variáveis.

Tabela 2: Média e desvio padrão das intensidades absolutas e relativas no LiVFC no teste progressivo de caminhada pelos critérios propostos

n=9	LiVFC _{LIM}	LiVFC _{TUL}	LiVFC _{REG} *
Vel (km.h⁻¹)	5,4 ± 1,6	5,2 ± 1,0	5,1 ± 1,1
%Vel_{máx}	72,0 ± 19,3	70,3 ± 16,0	66,1 ± 13,3
FC (bpm)	108 ± 16	103 ± 7	104 ± 14
%FC_{pico}	76,2 ± 11,0	72,9 ± 5,8	72,2 ± 8,9
%FC_{máx}_{Idade}	66,5 ± 10,1	63,6 ± 4,9	62,9 ± 8,8

*n=5. **Nota:** Não houve diferença significativa entre os critérios pela ANOVA One-Way (p<0,05).

Foi observada correlação significativa para a variável velocidade somente entre os critérios de Lima e Kiss¹³ e Tulppo et al.¹⁹ - r= 0,78. As

associações entre os critérios de Lima e Kiss¹³ e regressão linear - $r = -0,63$, e entre os critérios de Tulppo et al.¹⁹ e regressão linear - $r = -0,69$ não apresentaram significância estatística.

Pela tabela 3 verifica-se associações significativas entre VFC de repouso e intensidade no LiVFC, pelo critério de Lima e Kiss¹³, e entre FC de repouso e percentual de queda da FC no minuto 5 (%QFC₅) da recuperação.

Tabela 3: Coeficientes de correlação (r) entre a velocidade no LiVFC (VLiVFC) pelos três critérios e a modulação do sistema nervoso autônomo em repouso, em exercício e na recuperação.

Variáveis (n=9)	VFCrep	FCrep	VLiVFC _{LIM}	VLiVFC _{TUL}	VLiVFC _{REG}
VFCrep	-	-	0,75*	0,60	-0,54
FCrep	-0,33	-	-0,17	0,05	0,27
Vel _{máx}	0,18	-0,46	0,17	-0,36	0,56
%QFC ₁	0,07	-0,10	-0,11	-0,01	0,24
%QFC ₃	0,33	-0,27	-0,22	-0,19	-0,20
%QFC ₅	0,21	-0,69*	0,18	0,10	0,14

*coeficiente de correlação linear de Pearson significante ($p < 0,05$) entre as variáveis.

DISCUSSÃO

Os valores de VFC em repouso reduzidos observados neste estudo vão ao encontro da literatura, que demonstra que diabéticos comumente apresentam comprometimento silencioso do sistema nervoso autônomo, devido à degeneração neurológica que afeta as pequenas fibras deste sistema e também devido ao controle metabólico inadequado. A redução da VFC é causa freqüente de morbi-mortalidade por doenças cardiovasculares nestes indivíduos^{11,16} e pode ser responsável pelo fato dos mesmos apresentarem maiores índices de morte súbita após infarto do miocárdio que os não diabéticos.

A identificação do LiVFC foi verificada em todos os sujeitos, pelos critérios de Lima e Kiss¹³ e de Tulppo et al.¹⁹ Contudo, não foi possível determinar o LiVFC em 4 sujeitos, pelo critério de regressão linear. Em três destes, a VFC sofreu variações nas intensidades iniciais do teste, as quais podem ter sido ocasionadas pelo estresse de se realizar atividades em cargas mais baixas que as habituais para estes pacientes. Fato este, que poderia ser contornado ao iniciar o teste em cargas mais elevadas, como 3 km.h⁻¹. Em outro sujeito, a VFC não se estabilizou nas intensidades finais, possivelmente devido ao teste não ser máximo cardiovascular, sendo que se houvessem cargas superiores, a VFC poderia ter se estabilizado, visto que, este indivíduo foi o que apresentou maior pico de velocidade (8,3 km.h⁻¹). Neste sujeito, o LiVFC pelo critério de Lima e Kiss¹³ foi encontrado no último estágio do teste, o que sugere que o teste progressivo de caminhada pode não ser válido para identificar o LiVFC em indivíduos com alto nível de aptidão física. Com isso, em

nenhum destes indivíduos foi possível dividir os dados de VFC em função da carga em duas retas e conseqüentemente identificar o LiVFC.

Quanto à comparação entre os critérios, não houve diferença significativa entre os mesmos para nenhuma das variáveis, o que demonstra que pela praticidade, pode-se dar preferência pela utilização do critério de Lima e Kiss¹³ para a determinação do LiVFC em teste progressivo de caminhada, em indivíduos com o perfil do grupo avaliado.

As intensidades referentes à carga externa e interna no LiVFC apresentaram uma média de 66-72% da $Vel_{máx}$ e 72-76% da FC_{pico} (103-108bpm) respectivamente, dependendo do critério adotado. Os valores médios de intensidade relativos à carga máxima ($\%Vel_{máx}$) foram superiores aos encontrados por Lima e Kiss¹³ - 49%; Nakamura et al.¹⁴ - 46%; Fronchetti et al.⁷ - 48%; Fronchetti et al.⁸ - 44-50%, Fronchetti et al.⁹ - 46-48%. No entanto, todos estes estudos avaliaram jovens saudáveis e foram realizados em cicloergômetro com esforço máximo. O fato do teste de caminhada não ser máximo em termos fisiológicos (os avaliados não atingiram $FC_{máx}$), pode justificar estas diferenças. Contudo, a intensidade absoluta no LiVFC pelos diversos critérios foi verificada em cargas baixas (5,1-5,4 $km.h^{-1}$), o que pode estar associada à baixa aptidão física e/ou a perda precoce da eficiência da caminhada.

Em relação à VFC em diabéticos, a literatura aborda somente condições de repouso, não tendo nenhum indicativo do comportamento desta variável em exercício, o que realça a originalidade do presente estudo. A partir da possibilidade de identificação do LiVFC em teste de caminhada tem-se uma

importante implicação para a prescrição de exercícios para esta população. Tendo em vista o princípio da especificidade da avaliação e prescrição, uma vez que, por apresentarem baixa aptidão física, a caminhada pode ser o exercício preferido, aliado ao fato de que, em intensidades até o LiVFC, a ação protetora vagal ainda está atuando. Com isso, a realização de esforços nestas intensidades propicia maior segurança em relação aos prováveis riscos cardiovasculares.

Deste modo, a análise da VFC pode fornecer informações importantes sobre a modulação do sistema nervoso autonômico em exercício, destacando-se por ser um procedimento não invasivo, além de simples e acessível, pois a mensuração da FC é corriqueira nas avaliações e nos treinamentos^{1,2,13}. Estudos atuais, com indivíduos jovens e saudáveis, mostraram associação entre VFC em exercício e indicadores de aptidão aeróbia^{2,3,4,7,13,19}. No trabalho de Lima e Kiss¹³ o LiVFC foi encontrado em intensidades semelhantes ao limiar de lactato ($r=0,76$). Mais recentemente, Cottin et al.³ e Cottin et al.⁴, igualmente, constataram similaridades entre o LiVFC (identificado pelo índice HF.f/HF da análise espectral da VFC) e o limiar ventilatório com $r= 0, 97$ em ambas as investigações.

Em outro estudo, Brunetto et al.² identificaram o LiVFC por três critérios: Tulppo et al.¹⁹, Lima e Kiss¹³ e ocorrência de ambos os métodos simultaneamente. Não observaram diferenças significativas entre os critérios e o limiar ventilatório, com coeficientes de correlação significativos entre os mesmos, quando expressos em valores absolutos do VO_2 . No entanto, quando os valores foram expressos em relação ao VO_{2pico} , as correlações não foram

significantes. Além disso, esta recente investigação mostrou que o SD1, indicador da VFC, diminuiu progressivamente do repouso até aproximadamente 55% do $VO_{2\text{pico}}$.

Neste sentido, surge o interesse na realização de estudos adicionais com a mesma metodologia da presente pesquisa acrescida de análises de lactato e consumo de oxigênio para verificar se o LiVFC em diabéticos tipo 2 se apresenta em intensidade análoga ao limiar de lactato e/ou ventilatório, como observado em indivíduos saudáveis.

Ainda em relação à aptidão aeróbia, Tulppo et al.¹⁹ evidenciaram que, independente da idade, a intensidade do exercício na qual a modulação vagal desapareceu foi superior nos indivíduos bem condicionados, comparados àqueles com capacidade inferior. No presente estudo, a VFC de repouso associou-se significativamente com a intensidade no LiVFC, pelo critério de Lima e Kiss¹³, assim como, a FC de repouso com o percentual de queda da FC no minuto 5 da recuperação. Estes dados sugerem que tanto sujeitos com VFC de repouso elevada quanto FC de repouso reduzida tendem a alcançar maiores cargas no LiVFC, refletindo uma ação mais prolongada da atividade parassimpática durante exercício progressivo, e maiores quedas de FC, respectivamente. Ou seja, estes indivíduos tendem a apresentar uma melhor aptidão aeróbia. Estes dados são suportados por Fernandes et al.⁶, os quais constataram que índices absolutos e relativos da FC de recuperação são bons indicadores do desempenho aeróbio em teste progressivo.

A relação entre estas variáveis enquadra-se na integração da modulação do sistema nervoso autônomo e os efeitos dos exercícios sobre determinados

parâmetros, e estão inseridas no modelo da necessidade humana de movimentar-se, assim como, o incremento das doenças hipocinéticas com o sedentarismo. Infere-se que, em geral, estes problemas são amenizados com a prática regular de exercícios físicos. Alguns resultados foram similares aos observados por Fronchetti et al.⁷, que encontraram associação entre FC e VFC de repouso, FC de repouso e LiVFC, VFC de repouso e a intensidade no LVFC.

Estudos têm mostrado que o LiVFC é sensível aos efeitos de diferentes formas de treinamento, indicando que estas intervenções parecem propiciar adaptações na modulação cardíaca com uma tendência à reduzida participação simpática em relação à retirada vagal tardia nas intensidades mais baixas do teste progressivo, deslocando a curva de VFC em função da carga para a direita^{9,14}. Evidências de que o LiVFC seria um indicador de capacidade aeróbia, foram obtidas por Fronchetti et al.⁹ e Nakamura et al.¹⁴, pois a intensidade de esforço no LiVFC foi maior após três semanas de treinamento intervalado e aeróbio respectivamente. Contudo, os valores de FC não sofreram modificações após o treinamento, mostrando que esta variável reduziu em intensidades submáximas. Com isso, salienta-se a importância desta forma de intervenção para melhora da aptidão cardiorespiratória, por meio das alterações da modulação simpatovagal cardíaca, podendo contribuir para a redução de riscos de doenças crônico-degenerativas, disfunções autonômicas e mortalidade por falência cardíaca.

No presente estudo, não houve diferença significativa entre os critérios de identificação do LiVFC. No entanto, observou-se correlação significativa para

a variável velocidade somente entre critérios de Lima e Kiss¹³ e Tulppo et al.¹⁹. Estes dados são, em parte, similares ao trabalho de Fronchetti et al.⁸ e contrários aos de Brunetto et al.². Ao comparar os mesmos critérios utilizados neste estudo para determinação do LiVFC, Fronchetti et al.⁸ observaram que não houve diferenças estatísticas na potência e na FC referente ao LiVFC em nenhum dos critérios. Contudo, apenas o primeiro estudo relatou associação significativa entre os métodos. Em contrapartida, Brunetto et al.² verificaram valores significativamente menores no critério proposto por Tulppo et al.¹⁹, seguido do critério de Lima e Kiss¹³ e pela combinação de ambos os métodos simultaneamente. Em todos estes trabalhos^{2,7,8,9,14} o índice de VFC utilizado foi o SD1.

O reduzido número de sujeitos no grupo estudado, assim como a utilização de um único índice de VFC são limitações do estudo, e é possível que estes itens tenham interferido na observação de um maior número de associações significativas entre as variáveis analisadas.

A partir da discussão apresentada, constata-se que se fazem necessárias mais pesquisas com estes objetivos, com um grupo maior de indivíduos e com características mais heterogêneas quanto à aptidão aeróbia. Do mesmo modo, é interessante analisar as respostas do treinamento físico na VFC e na FC, tanto em repouso, quanto em cargas de trabalho submáximo, em virtude da aplicabilidade da utilização do LiVFC na prescrição de exercícios para a população estudada.

A partir dos resultados observados pode-se concluir que foi possível determinar o LiVFC durante teste progressivo de caminhada em campo nos

indivíduos estudados, assim como, não houve diferença estatística entre os diferentes critérios de identificação deste limiar. No entanto, observou-se correlação significativa para a variável velocidade somente entre critérios de Lima e Kiss¹³ e Tulppo et al.¹⁹. O LiVFC está associado à VFC de repouso, assim como, o percentual de queda da FC no quinto minuto de recuperação está associado à FC de repouso. Dessa forma, o LiVFC parece ser um parâmetro fisiológico alternativo e seguro para prescrição de exercício para diabéticos tipo 2, a medida que as intensidades de esforço físico até esse limiar apresentam a ação protetora da atividade parassimpática no controle cardiovascular.

REFERÊNCIAS

1. Alonso DO, Forjaz CLM, Rezende LO, Braga AA. MW, Barreto ACP, Negrão CE, Randon MUP. Comportamento da frequência cardíaca e da sua variabilidade durante as diferentes fases do exercício físico progressivo máximo. *Arq Bras Cardiol.* 1998; 71 (6): 787-792.
2. Brunetto AF, Silva, BM, Roseguini, BT; Hirai DM, Guedes, DP. Limiar ventilatório e variabilidade da frequência cardíaca em adolescentes. *Rev Bras Med Esp.* 2005; 11 (1): 22-27.
3. Cottin F, Leprêtre PM, Lopes P, Papelier Y, Médigue C, Billat V. Assessment of ventilatory thresholds from heart rate variability in well-trained subjects during cycling. *Int J Sports Med.* 2006; 27 (12): 959-67.
4. Cottin F, Médigue C, Lopes P, Leprêtre PM, Heubert R, Billat V. Ventilatory thresholds assessment from heart rate variability during an incremental exhaustive running test. *Int J Sports Med.* 2007; 28 (4): 287-94.
5. Enright PL, Sherril DL. Reference equations for the six-minute walk in healthy adults. *Am J Respir Crit Care Med.* 1998; 158 (5): 1384-138.
6. Fernandes TC, Adami F, Costa VP, Lima Silva AE, De-Oliveira FR. Frequência cardíaca de recuperação como índice de aptidão aeróbia. *R da Educação Física.* 2005; 16 (2): 129-137.
7. Fronchetti L, Nakamura FY, Aguiar CA, De-Oliveira FR. Indicadores de regulação autonômica cardíaca em repouso e durante exercício progressivo – aplicação do limiar de variabilidade da frequência cardíaca. *Rev Port Cien Desp.* 2006a; 6 (1): 21–28.
8. Fronchetti L, Costa VP, Adami F, Lima JRP, De-Oliveira FR. Limiar de

variabilidade da frequência cardíaca em mountain bikers. Rev Bras Cien Mov. 2006b; 14 (4supl.): 219-219.

9. Fronchetti L, Nakamura FY, De-Oliveira FR, Lima-Silva AE, De Lima JRP. Effects of high-intensity interval training on heart rate variability during exercise. JEP online. 2007; 10 (4).

10. Gamelin FX, Berthoin L, Bosquet L. Validity of the polar S810 heart rate monitor to measure r-r intervals at rest. Med Sci Sports Exerc. 2006; 38 (5): 887-893.

11. Howorka K, Pumprla J, Haber P, Koller-Strametz J, Mondrzyk J, Schabmann A. Effects of physical training on heart rater variability in diabetics patients with various degree of cardiovascular autonomic neuropathy. Card Res. 1997; 34; 206-214.

12. Kline GM, Porcari JP, Hintermeister R; et al.. Estimation of VO₂ max from a one-mile track walk, gender, age and body weight. Med Sci Sports Exerc. 1987; 19 (3): 253-259,

13. Lima JRP; Kiss MAPD. Limiar de variabilidade da frequência cardíaca, Rev Bras Ativ Fís Saúde. 1999; 4 (1): 29-38.

14. Nakamura FY, Aguiar CA, Fronchetti L, Aguiar AF, Perrout de Lima JR. Alteração do limiar de variabilidade da frequência cardíaca após treinamento aeróbico de curto prazo. Motriz. 2005; 11 (1): 1-10.

15. Orr GW, Green HJ, Hughson RL, Bennett GW. A computer linear regression model to determine ventilatory anaerobic threshold. J Appl Physiol. 1982; 52: 1349-1352.

16. Rissamen P; Franssila-Kallunki A; Rissanen A. Cardiac parasympathetic

activity is increased by weight loss in healthy obese women. *Obes Res.* 2001; 9 (10): 637-643.

17. Santos RZ, Santos PP, De-Oliveira FR. Teste progressivo de caminhada em pista. *Rev Bras Cien Mov.* 2006; 14 (4supl):102-102.

18. Tulppo MP, Mäkikallio TH, Takala T, Seppänen T, Huikuri H. Quantitative beat-to-beat analysis of heart rate dynamics during exercise. *Am J Physiol*; 1996, 271: H244-252.

19. Tulppo MP; Mäkikallio TH; Seppänen T; Laukkanen RT; Huikuri HV. Vagal modulation of heart rate during exercise: Effects of age and physical fitness. *Am J Physiol (Heart Circ. Physiol)*. 1998; 274 (2): H424-H429.

20. Wild S; Roglic, G; Green A; Sicree R; King H. Global prevalence of diabetes: estimates for the year 2000 and projections for 2030. *Diabetes Care.* 2004; 27: 1047-1053.