

UTILIZAÇÃO DA VARIABILIDADE DA FREQUÊNCIA CARDÍACA PARA A IDENTIFICAÇÃO DO LIMIAR ANAERÓBIO: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA

USE OF HEART RATE VARIABILITY TO IDENTIFY THE ANAEROBIC THRESHOLD: A SYSTEMATIC REVIEW

Carlos Janssen Gomes^{*}
Guilherme Eckhardt Molina^{**}

RESUMO

O objetivo desta revisão sistemática foi investigar os níveis de correlação e/ou concordância entre o Limiar de variabilidade da frequência cardíaca (LVFC), identificado por meio dos índices RMSSD e SD1, e o limiar anaeróbio (LA) em amostras com diferentes condições clínicas e funcionais. A busca foi realizada por dois autores de forma independente nas bases de dados Scielo, LILACS e PUBMED. Para tal, foram utilizados os termos “*anaerobic threshold*”, “*autonomic nervous system*” e “*heart rate variability*”, aplicando seus correspondentes em língua portuguesa quando apropriado. Um total de seis artigos cumpriu os critérios de inclusão. Foram encontradas correlações (r) de 0,42 a 0,99 entre as variáveis investigadas, dependendo da amostra analisada. Observaram-se correlações significativas em cinco dos seis artigos selecionados, nos quais, apenas dois apresentaram de forma efetiva a análise de viés e erro pela técnica de Bland-Altman, demonstrando concordância entre os métodos propostos. Desta forma, verificou-se que dentro das condições adotadas nos estudos analisados, a estimativa do limiar anaeróbio por meio dos índices propostos fica limitada a homens adultos aparentemente saudáveis e diabéticos do tipo II, bem como para homens e mulheres com insuficiência cardíaca. Por outro lado, conclui-se que o número de estudos analisados não é suficientemente robusto para assegurar a estimativa do LA por meio do LVFC nas condições analisadas. Por fim, verifica-se a necessidade de novas investigações sobre a aplicação desta técnica em diferentes tipos de protocolos e populações.

Palavras-chave: Limiar anaeróbio. Sistema nervoso. Frequência cardíaca.

INTRODUÇÃO

A prática de exercícios aeróbios tem sido encorajada para indivíduos saudáveis (ACSM, 2011a) ou pacientes em diversas condições clínicas desfavoráveis (BILLMAN, 2002; SHIBATA et al., 2002; PESCATELLO et al., 2004; CHUDYK; PETRELLA, 2011). O planejamento adequado de um programa de exercícios deve inicialmente envolver uma triagem para estratificação de riscos e uma avaliação clínica e funcional do participante para que as cargas de treinamento estejam de acordo com a capacidade física deste indivíduo (ACSM, 2011b). Dentre as variáveis comumente utilizadas como parâmetro para prescrição de exercícios aeróbios podemos destacar a frequência cardíaca máxima (TULPPO et al., 2003), o consumo máximo de oxigênio (LOIMAALA et al., 2000), a percepção subjetiva

de esforço e o limiar anaeróbio (SALES et al., 2011).

Quanto ao limiar anaeróbio (LA), este se destaca por oferecer informações valiosas acerca do estado metabólico do praticante durante o esforço físico, sendo considerado um ótimo parâmetro para a prescrição de exercícios aeróbios (BELLI et al., 2007; KARAPETIAN; ENGELS; GRETEBECK, 2008). O LA pode ser avaliado diretamente pela cinética do Lactato sanguíneo (LL) ou por meio de parâmetros ventilatórios (LV1) (LIMA; KISS, 1999; SALES et al., 2011), medidas que podem ter a viabilidade comprometida diante da necessidade de procedimentos dispendiosos e/ou invasivos no caso do LL (BELLI et al., 2007; KARAPETIAN; ENGELS; GRETEBECK, 2008).

Neste cenário, o limiar de variabilidade da frequência cardíaca (LVFC) surge como

* Mestrando. Professor do Curso de Educação Física do Centro Universitário Euro Americano, Brasília-DF, Brasil.

** Doutor. Professor da Faculdade de Educação Física da Universidade de Brasília, Brasília-DF, Brasil.

uma possível estratégia efetiva, de fácil utilização e baixo custo para estimativa do LA (LIMA; KISS, 1999; SALES et al., 2011; KARAPETIAN et al., 2012) além de fornecer informações acerca da dinâmica vagal durante o esforço físico (TULPPO et al., 1998), aspecto clinicamente relevante para algumas populações (BILLMAN, 2002; SHIBATA et al., 2002; BILLMAN; KUKIELKA, 2006). O pressuposto fisiológico do LVFC está pautado na gradual retirada vagal que ocorre durante um teste de esforço progressivo, que em uma determinada intensidade apresenta uma persistente depressão neste ramo (LVFC), fenômeno que, em diversas condições, ligeiramente antecede ou coincide com o LA (ANOSOV et al., 2000; COTTIN et al., 2006, 2007; KARAPETIAN et al., 2012; LEPRÊTRE et al., 2013). A partir deste ponto ocorre um aumento acentuado da atividade simpática, o que resulta no aumento da atividade glicolítica (SCHNEIDER; McLELLAN; GASS, 2000), e, conseqüentemente, no aumento da produção de CO₂ e hiperventilação, condições observadas na transição aeróbio-anaeróbio (SALES et al., 2011).

Embora vários índices tenham sido utilizados para a determinação do LVFC (ANOSOV et al., 2000; COTTIN et al., 2006, 2007; KARAPETIAN et al., 2012; LEPRÊTRE et al., 2013), a análise por meio do RMSSD e SD1, marcadores válidos (GOLDBERGER et al., 2006; NG et al., 2009; POLANCZYK et al., 1998; TULPPO et al., 1998) e reprodutíveis da modulação parassimpática em condições dinâmicas (TULPPO et al., 1998; DOURADO; GUERRA, 2013; GUIJT; SLUITER; FRINGS-DRESEN, 2007), pode ser mais viável em função da não exigência da estacionariedade do registro (NG et al., 2009; POLANCZYK et al., 1998; TULPPO et al., 1998) e a disponibilidade de *software* gratuito na internet para este tipo de análise (KUBIOS HRV, 2014), o que torna o processo mais acessível e aplicável no ambiente de prescrição de exercícios.

Diante do exposto, torna-se conveniente reunir um corpo de evidências que indiquem a validade dos processos metodológicos de

análise e aplicabilidade do LVFC em diferentes populações. Assim, o objetivo do presente estudo foi realizar uma revisão sistemática envolvendo estudos de correlação e/ou concordância que investigaram a associação entre o LFVC e o LA avaliados em indivíduos com diferentes condições clínicas e funcionais e discutir criticamente estes resultados.

MATERIAIS E MÉTODOS

A busca de artigos foi realizada em junho de 2013 por dois pesquisadores, de forma independente, nas seguintes bases eletrônicas: Literatura Latino-Americana em Ciências da Saúde (LILACS), *Scientific Electronic Library Online* (SciELO) e *PublicMedline* (PubMed), utilizando-se os seguintes descritores extraídos do “*Medical subject Headings*” - (MeSH): “*anaerobic threshold*” e “*autonomic nervous system*” e seus correspondentes em língua portuguesa, quando aplicável. Além disso, o termo “*Heart rate variability*”, adotado pela Task Force... (1996), também foi incorporado à busca por assunto utilizando os operadores Booleanos “AND” e “OR” para a filtragem dos resultados. Com o objetivo de ampliar a busca foi adotada a análise das referências dos artigos e a comunicação com especialistas da área.

Como critérios de inclusão, os artigos deveriam estar publicados no idioma inglês ou português, no período entre 1998 e maio de 2013, e terem correlacionado o LL e/ou LV com o LVFC avaliado por meio do índice RMSSD e/ou SD1. Optou-se pelo corte temporal a partir do ano de 1998 devido aos estudos pioneiros desenvolvidos por Lima e Kiss (1999) e Tulppo et al. (1998), que destacaram de forma relevante as variáveis de análise do presente estudo. Como o objetivo desta síntese foi avaliar a validade da utilização do LVFC em diferentes populações, não houve restrição quanto à amostra adotada nos estudos. Os critérios de exclusão envolviam artigos de revisão e trabalhos que analisaram o LVFC por meio de índices diferentes dos definidos em nosso estudo.

Todo o processo de seleção pode ser visualizado na Figura 1. Após o refinamento dos dados por meio dos critérios de inclusão e exclusão, foi realizada uma avaliação crítica dos artigos que estavam de acordo com os mesmos. Tal avaliação consistiu na leitura do artigo na íntegra, realizada por dois pesquisadores, seguida da elaboração de um quadro sinótico com os dados extraídos das pesquisas (autor e data, amostra estudada e "n"

amostral, idade dos voluntários, critérios para determinação do LVFC, critério de comparação, nível de correlação entre as análises e o viés entre os métodos, quando analisado). Conforme previamente recomendado (LIBERATI et al., 2009), a "possibilidade de viés" em cada publicação foi analisada e os aspectos considerados pertinentes foram destacados na discussão dos resultados.

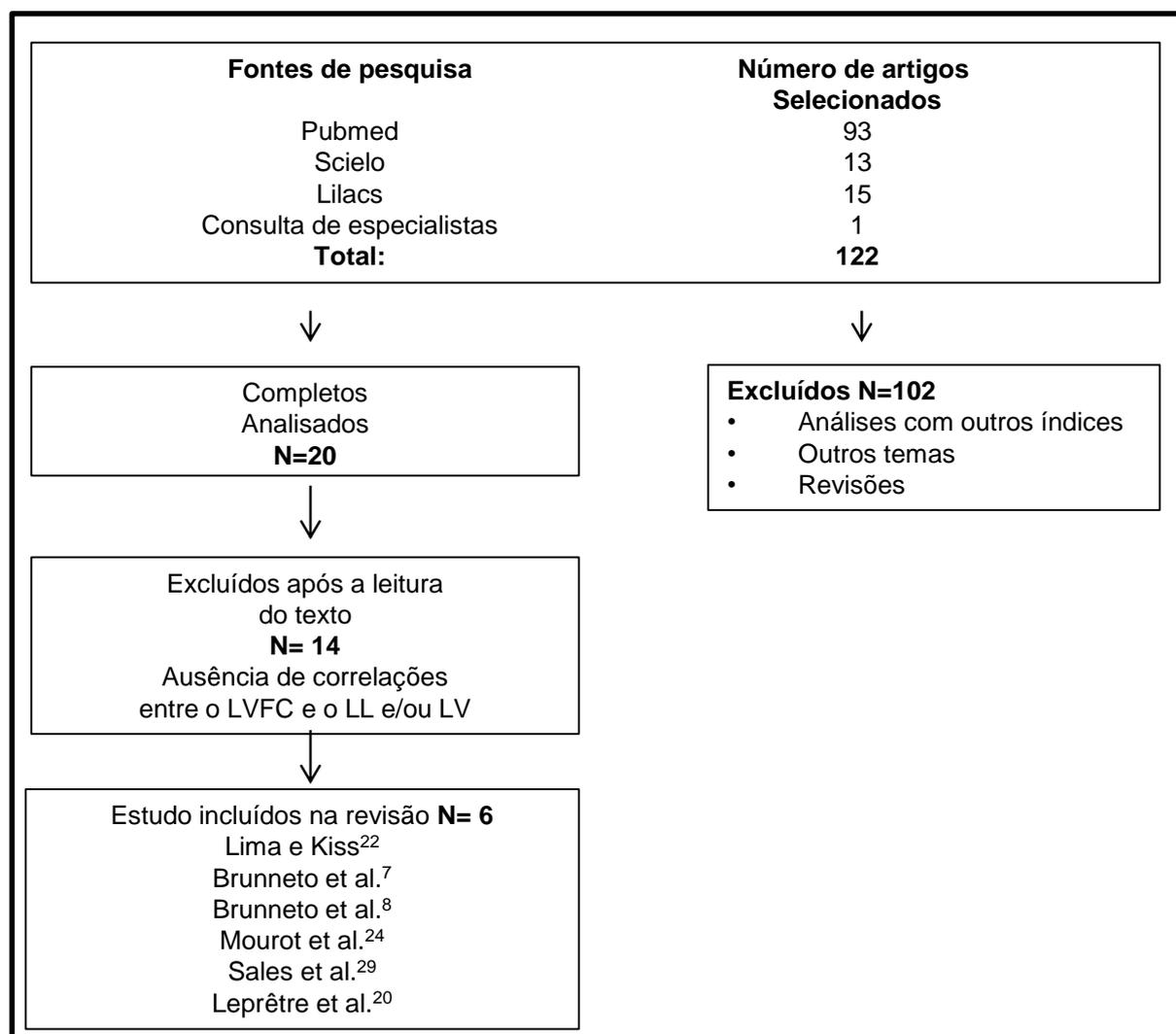


Figura 1 - Fluxograma do processo de seleção de artigos.

Fonte: Os autores.

RESULTADOS

Um total de seis artigos atendeu aos critérios de inclusão. As principais características dos artigos selecionados podem ser visualizadas no Quadro 1.

Com o objetivo de trazer maiores esclarecimentos quanto aos procedimentos metodológicos dos estudos selecionados, foi criado um quadro adicional com informações acerca dos protocolos de esforço utilizados na identificação dos limiares (Quadro 2).

Quadro 1- Descrição dos artigos selecionados.

Autor (ano)	Amostra (n)	Idade (anos)	Critério LVFC	Critério de comparação	Correlação	Viés Bland-Altman
Lima e Kiss (1999)	M (16)	24,4 ± 3,7	SD1 < 3ms	LL	r=0,76*	NA
Brunetto et al. (2005)	M (22) F (19)	15,3 ± 0,8	(C1)SD1 < 3ms, (C2) ≠ entre dois estágios < 1 ms (SD1), (C3) ambos os critérios	LV1	C1 r= 0,43* C2 r= 0,46* C3 r= 0,42*	NA
Brunetto et al. (2008)	M (29) Obesos (10) Não obesos (19)	Não obesos (15,6 ± 1,0) Obesos (15,1 ± 1,0)	SD1 < 3ms	LV1	NS	NA
Mourot et al. (2012)	M 38 cardiopatas DV=14 DAC=24	DV=58 ± 11 DAC= 53 ± 9	SD1= diferença menor que 1ms entre dois estágios	LV1	DV=r=0,66* DAC= r=0,57*	Não relata se o viés é significativo
Sales et al. (2011)	M (19) [DM (9) ND (10)]	ND=50,8 ± 5,1 DM=55,6 ± 5,7	SD1 e RMSSD < 3ms	LL LV1	ND RMSSD: LV1 r= 0,91* LL r= 0,94* SD1: LV1 r= 0,93* LL r= 0,96* DM RMSSD: LV1 r= 0,83* LL r= 0,85* SD1: LV1 r= 0,76* LL r= 0,87*	ND RMSSD: LV1: 1,3 ± 5,9 LL: -0,3 ± 4,2 SD1: LV1: 0,9 ± 6,2 LL: 0,3 ± 2,9 DM RMSSD LV1: 0,1 ± 4,1 LL: 0,3 ± 2 SD1: LV1: 0,5 ± 4,9 LL: 0,1 ± 4,6 (mLo2/kg/min)
Leprêtre et al. (2013)	M (12) F(6) Insuficiência cardíaca	62 ± 13	RMSSD= Análise da linearidade	LV1	r= 0,99*	-2,9% (VO2max) (IC= -8,0; 1,0) ml/min . NS

M= masculino, F= feminino, LL= limiar de lactato, LV1= Primeiro limiar ventilatório, C1 a C3= Critérios 1 a 3, NA= não avaliado, NS= não significativo (p > 0,05), DV= disfunção ventricular, DAC= doença arterial coronariana, DM= diabéticos do tipo II, ND= não diabéticos. O teste de Correlação de Pearson foi adotado em todos os estudos.

Fonte: Os autores.

Quadro 2- Protocolos de esforço utilizados nos estudos selecionados.

Autor	Ergômetro	Protocolo	Critérios para identificação do LA	Taxa de amostragem dos iR-R	Software utilizado para filtragem e análise dos iR-R
Lima e Kiss (1999)	Cicloergômetro	Carga inicial de 0 kpm/min e incrementos de 90 kpm/min a cada minuto até a exaustão.	Menor relação carga/lactato	Média da VFC de seis registros obtidos em janelas de 10 segundos	Polar HR analysis (Versão 5.00)
Brunetto et al. (2005)	Esteira rolante	Bruce modificado	Inclinação do VE/VO ₂ e V-Slope	1 minuto de registro	Polar Precision Performance (Versão 3.02.007)
Brunetto et al. (2008)	Esteira rolante	Bruce	Inclinação do VE/VO ₂ e V-Slope	1 minuto de registro	Polar Precision Performance (Versão 3.02.007)
Mourot et al. (2012)	Cicloergômetro	Incrementos de 10 watts a cada minuto até a exaustão	Inclinação do VE/VO ₂	Não mencionado na seção de métodos	Kubios HRV (2014) Analysis Software (Versão 2.0)
Sales et al. (2011)	Cicloergômetro	Carga inicial de 15 watts e incremento de 15 watts a cada minuto até a exaustão	Inclinação na curva do lactato-Inclinação do VE/VO ₂	1 minuto de registro	HRV analysis Software (Versão 1.1)
Leprêtre et al. (2013)	Cicloergômetro	Carga inicial de 20 watts e incrementos de 10 watts a cada minuto até a exaustão	Inclinação da curva do VE/VO ₂	1 minuto de registro	Analysis Software (Versão 2.0)

LA= limiar anaeróbio, VE/VO₂= equivalente ventilatório de oxigênio, iR-R= Intervalos R-R, VFC= variabilidade da frequência cardíaca.

Fonte: Os autores.

DISCUSSÃO

Como achado, verificou-se que cinco dos seis estudos selecionados demonstram correlações significativas entre o LVFC e o LA ($r = 0,42 - 0,99$), e apenas dois dos estudos realizaram efetivamente a análise de viés e erro, sinalizando concordância entre as técnicas.

Neste sentido, observa-se que em adultos jovens e de meia idade, aparentemente saudáveis,

os níveis de correlação entre o LVFC identificado pelos índices RMSSD e SD1 e o LA são estatisticamente significativos (LIMA; KISS, 1999; SALES et al., 2011), o que leva os autores a encorajar o uso desta técnica para estimar o LA nestas populações.

Contudo, observa-se que o estudo realizado por Lima e Kiss (1999) não analisa a concordância entre os métodos, o que limita a sua aplicação em adultos jovens. Por outro lado,

o estudo realizado por Sales et al. (2011) demonstra que o índice RMSSD parece mais preciso na identificação do LA comparativamente ao SD1, em indivíduos de meia-idade.

Em adolescentes saudáveis, o método parece apresentar menores níveis de correlação quando plotado contra o LV1. Brunetto et al. (2005) demonstraram correlações de 0,42 a 0,46 entre o LVFC determinado pelo SD1 e a carga correspondente ao LV1 expressa em valores absolutos de consumo de oxigênio, correlações que não alcançaram significância estatística quando utilizados valores proporcionais ao VO₂ pico. Desta forma, os autores sugerem que talvez seja precipitado utilizar o LVFC para estimar o LA nesta população. Corroborando com estes achados, Brunetto et al. (2008), falharam em encontrar correlação significativa entre o ponto de ocorrência dos limiares de VFC e ventilatório em adolescentes obesos e não obesos apesar de similaridade entre cargas que os limiares foram detectados.

Embora a disfunção autonômica seja um dos distúrbios associados a doenças cardiovasculares (BILLMAN, 2009; VINIK; ERBAS; CASELLINI, 2013), nossos achados demonstram a possibilidade da utilização do LVFC para a estimativa do LA em pacientes com diabetes tipo II, doença arterial coronariana e na disfunção ventricular. Nestas populações, a importância da determinação do LVFC transcende as informações acerca do estado metabólico durante o esforço físico. Esta afirmação é sustentada pelo efeito cardioprotetor exercido pela atividade parassimpática, a qual promove uma maior estabilidade elétrica no coração gerando um efeito cardioprotetor neste órgão (BILLMAN; KUKIELKA, 2006; BILLMAN, 2009).

Durante um teste de esforço incremental observa-se uma progressiva redução da atividade parassimpática até atingir uma determinada intensidade no qual ocorre um platô na dinâmica vagal (TULPPO et al., 1996, 1998), momento que em várias condições coincide com o LA (LIMA; KISS, 1999; SALES et al., 2011; KARAPETIAN et al., 2012; MOUROT et al., 2012; LEPRÊTRE et al., 2013). A partir deste ponto ocorre um aumento acentuado nos marcadores de atividade simpática (TULPPO et al., 1996; BRUNETTO et al., 2005), fenômeno que pode aumentar o risco de eventos cardiovasculares negativos, especialmente em condições patológicas de maior potencial pró-arritmogênico (BILLMAN, 2009). Neste cenário,

como exemplo, destacam-se as alterações funcionais no coração insuficiente. Neste caso, observa-se um desequilíbrio entre os mecanismos de liberação e recaptação de cálcio no retículo sarcoplasmático do miócito cardíaco (VANGHELUWE; WUYTACK, 2011; SHAREEF; ANWER; POIZAT, 2014), o que em associação à hiperatividade simpática observada nesses pacientes pode comprometer o ciclo contração-relaxamento e potencializar o surgimento de taquiarritmias (BILLMAN, 2009). Por outro lado, evidências recentes indicam que a modulação parassimpática exerce efeito cardioprotetor provavelmente por antagonizar de forma absoluta e/ou relativa à atividade simpática, reduzindo assim o risco de eventos cardíacos negativos (NG, 2014; BILLMAN, 2009).

Assim, parece plausível a utilização do LVFC para a determinação de zonas de treinamento com vistas numa perspectiva neural. Desta forma, um programa de exercícios aeróbios pode ser iniciado abaixo do LVFC, condição contemplada com algum grau de modulação vagal, progredindo posteriormente para intensidades acima desta zona de transição, onde se observa um aumento acentuado das catecolaminas circulantes (SCHNEIDER; McLELLAN; GASS, 2000). Neste contexto, observa-se que esta abordagem neural para a prescrição de exercícios físicos tem sido previamente recomendada na literatura (TULPPO et al., 1996; BRUNETTO et al., 2005) e vem ganhando espaço no cenário da prescrição de exercícios em diferentes condições clínicas (SHIBATA et al., 2002; CARUSO et al., 2012).

Prévios estudos utilizando diversos índices têm demonstrado que o ponto de expressiva depressão parassimpática coincide com o LA (LIMA; KISS, 1999; KARAPETIAN; ENGELS; GRETEBECK, 2008; SALES et al., 2011; KARAPETIAN et al., 2012; MOUROT et al., 2012; LEPRÊTRE et al., 2013). Embora a influência da dinâmica vagal sobre o LA ainda não seja conclusiva, algumas tentativas de explicar a associação entre o comportamento vagal e o LA estão disponíveis na literatura (KARAPETIAN; ENGELS; GRETEBECK, 2008). Segundo Karapetian, Engels e Gretebeck (2008), o aumento abrupto nas concentrações de lactato sanguíneo pode estar ligado ao aumento expressivo na atividade simpática, fenômeno que ocorreria simultaneamente à depressão vagal. Em adição, este aumento das catecolaminas circulantes

poderia resultar em hiperventilação, o que talvez justifique a correlação entre o LVFC e o LV1.

Como possibilidade de viés dos estudos selecionados, além do tamanho das amostras, algumas questões metodológicas merecem atenção. Apenas dois dos seis artigos selecionados utilizaram de forma efetiva a técnica de Bland-Altman para avaliar a concordância entre o LVFC e o LV1 e/ou LL. Essa análise permite a visualização da diferença (viés) entre as duas medidas, e da variabilidade das diferenças entre os valores obtidos pelos diferentes métodos, fornecendo informações mais robustas comparativamente às análises de correlação.

Outro ponto que merece destaque é o protocolo de esforço utilizado nos estudos em que a esteira rolante foi o ergômetro de preferência (BRUNETTO et al., 2005, 2008). Estes protocolos são caracterizados por incrementos abruptos na taxa de trabalho, o que segundo os próprios autores os tornam menos apropriados para a determinação do limiar anaeróbio, aspecto que talvez possa limitar os achados das pesquisas a esta condição.

Como possíveis limitações do presente estudo, destacam-se a busca de artigos limitada a três bases de dados e a não avaliação dos estudos selecionados por meio de uma escala quantitativa. Entretanto, as críticas podem ser refutadas, pois as bases de dados acessadas apresentam grande espectro de abrangência diante de uma gama de periódicos relevantes indexados por elas. Quanto à avaliação quantitativa dos estudos incorporados a esta revisão por meio de escalas, tal procedimento torna-se fragilizado diante da incompatibilidade entre os procedimentos metodológicos adotados

nos estudos e os critérios apresentados nestas ferramentas de avaliação, voltadas principalmente a estudos experimentais, quase experimentais, validade de diagnóstico e outros modelos epidemiológicos.

Diante das limitações apresentadas previamente, torna-se conveniente o delineamento de pesquisas que envolvam maior número de voluntários, diferentes populações, protocolos de esforço adequados para a determinação do limiar anaeróbio e a utilização de técnicas para avaliar a concordância entre o Limiar anaeróbio determinado pela ventilação e/ou cinética do lactato sanguíneo e o LVFC. Ademais, ainda é obscuro se um dado protocolo de esforço ou índice da VFC pode ser mais adequado em relação a outros para a estimativa do LA.

CONCLUSÃO

Diante do limitado número de estudos que avaliaram efetivamente a concordância entre o LA e o LVFC, determinado pelos índices RMSSD e SD1, concluímos que as evidências disponíveis não são suficientemente robustas para assegurar a estimativa do LA por meio do LVFC. Contudo, este pequeno número de estudos sinaliza que a estimativa do LA por meio do LVFC parece aplicável em homens adultos aparentemente saudáveis e diabéticos do tipo II, bem como para homens e mulheres com insuficiência cardíaca. Por fim, verifica-se a necessidade de novas investigações sobre a aplicação desta técnica em diferentes populações e protocolos de esforço.

USE OF HEART RATE VARIABILITY TO IDENTIFY THE ANAEROBIC THRESHOLD: A SYSTEMATIC REVIEW

ABSTRACT

The aim of this systematic review was investigate the correlation and/or agreement between the heart rate variability threshold (HRVT), identified by heart rate variability index (RMSSD and SD1), and anaerobic threshold (AT) in samples with different clinical and functional conditions. The search was performed by two authors independently using the SciELO, LILACS, and PubMed databases. The terms "anaerobic threshold", "autonomic nervous system" and "heart rate variability" were used, and when it was necessary the same words in portuguese. A total of six articles met the inclusion criteria. Correlations (r) from 0.42 to 0.99 were found between the variables investigated, depending on the sample analyzed. There were significant correlations in five of the six selected articles, in which only two were analyzed using the Bland - Altman plot showing agreement between the proposed methods. Thus, it was found that under the conditions adopted in the studies analyzed, the estimated anaerobic threshold by means of the proposed index is limited to apparently healthy adult males and type II diabetics as well as for men and women with heart failure. Moreover, it is concluded that the number of trials analyzed is not sufficiently robust to ensure the AT estimated by HRVT under the conditions studied. Finally, further research IS NEEDED on the application of this technique in different types of protocols and populations.

Keywords: Anaerobic threshold. Nervous system. Heart rate.

REFERÊNCIAS

- ACSM. American College of Sports Medicine. **Diretrizes do ACSM para os testes de esforço e sua prescrição**. 8. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2011a.
- ACSM. American College of Sports Medicine position stand. Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: guidance for prescribing exercise. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Indianápolis, v. 43, n. 7, p. 1334-1359, 2011b.
- ANOSOV, O.; PATZAK, A.; KONONOVICH, Y.; PERSSON, P. B.. High-frequency oscillations of the heart rate during ramp load reflect the human anaerobic threshold. **European journal of applied physiology**, Bethesda, v. 83, n. 4-5, p. 388-394, 2000.
- BELLI, T.; ACKERMANN, M. A.; RIBEIRO, L. F. P.; LANGEANI, R.; SILVA, R. G.; BALDISSERA, V.. Lactate and ventilatory thresholds in type 2 diabetic women. **Diabetes research and clinical practice**, Ireland, v.6, n. 1, p. 18-23, 2007.
- BILLMAN, G. E. Aerobic exercise conditioning: a nonpharmacological antiarrhythmic intervention. **Journal of applied physiology**, Bethesda, v. 92, n. 2, p. 446-54, 2002.
- BILLMAN, G. E. Cardiac autonomic neural remodeling and susceptibility to sudden cardiac death: effect of endurance exercise training. **American journal of physiology. Heart and circulatory physiology**, Bethesda, v. 297, n. 4, p. 1171-1193, 2009.
- BILLMAN, G. E.; KUKIELKA, M. Effects of endurance exercise training on heart rate variability and susceptibility to sudden cardiac death: protection is not due to enhanced cardiac vagal regulation. **Journal of Applied Physiology**, Bethesda, v. 100, n. 3, p. 896-906, 2006.
- 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**, São Paulo, v. 11, n. 1, p. 22-27, 2005.
- BRUNETTO, A. F.; ROSEGUINI, B. T.; SILVA, B. M.; HIRAI, D. M.; RONQUE, E. V.; GUEDES, D. P. Limiar de variabilidade da frequência cardíaca em adolescentes obesos e não-obesos. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, São Paulo, v. 14, n. 2, p. 145-149, 2008.
- CARUSO, F. C. R.; REIS, M. S.; SIQUEIRA, A. C. B.; GARDIM, M.; CATAI, A. M.; SILVA, A. B. Determinação no limiar anaeróbio pela variabilidade da frequência cardíaca de pacientes com DEPOC durante exercício em cicloergômetro. **Fisioterapia em movimento**, Curitiba, v. 25, n. 4, p. 717-725, 2012.
- CHUDYK, A.; PETRELLA, R. J. Effects of exercise on cardiovascular risk factors in type 2 diabetes: a meta-analysis. **Diabetes Care**, Bealregard, v. 34, n. 5, p. 1228-1237, 2011.
- COTTIN, F.; LEPRÊTRE, P. M.; LOPES, P.; PAPELIER, Y.; MÉDIGUE, C.; BILLAT, V.. Assessment of ventilatory thresholds from heart rate variability in well-trained subjects during cycling. **International Journal of Sports Medicine**, New York, v. 27, n. 12, p. 959-967, 2006.
- COTTIN, F.; MÉDIGUE, C.; LOPES, P.; LEPRÊTRE, P. M.; HEUBERT, R.; BILLAT, V. Ventilatory thresholds assessment from heart rate variability during an incremental exhaustive running test. **International Journal of Sports Medicine**, New York, v. 28, n. 4, p. 287-294, 2007.
- DOURADO, V. Z.; GUERRA, R. L. Reliability and validity of heart rate variability threshold assessment during an incremental shuttle-walk test in middle-aged and older adults. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, Ribeirão Preto, v. 46, n. 2, p. 194-199, 2013.
- GOLDBERGER, J. J.; LE, F. K.; LAHIRI, M.; KANNSNKERIL, P. J.; NG, J.; KADISH, A. H. Assessment of parasympathetic reactivation after exercise. **American Journal of Physiology- Heart and Circulatory Physiology**, Bethesda, v. 290, n. 6, p. H2446-H2452, 2006.
- GUIJT, A. M.; SLUITER, J. K.; FRINGS-DRESEN, M. H. Test-retest reliability of heart rate variability and respiration rate at rest and during light physical activity in normal subjects. **Archives of Medical Research**, Ireland, v. 38, n. 1, p. 113-120, 2007.
- KARAPETIAN, G. K.; ENGELS, H. J.; GRETEBECK, R. J. Use of heart rate variability to estimate LT and VT. **International Journal of Sports Medicine**, New York, v. 29, n. 8, p. 652-657, 2008.
- KARAPETIAN, G. K.; ENGELS, H. J.; GRETEBECK, K. A.; GRETEBECK, R. J. Effect of caffeine on LT, VT and HRVT. **International Journal of Sports Medicine**, New York, v. 33, n. 7, p. 507-513, 2012.
- KUBIOS HRV. **Biosignal Analysis and Medical Imaging Group**. 2014. Disponível em: <<http://kubios.uef.fi/KubiosHRV>>. Acesso em: 09 fev. 2015.
- LEPRÊTRE, P.; BULVESTRE, M.; GHANNEM, M.; AHMAIDI, S.; WEISSLAND, T.; LOPES, P. Determination of ventilatory threshold using heart rate variability in patients with heart failure. **Surgery**, Foster City, v. S12, n. 3, p. 2-6, 2013.
- LIBERATI, A.; ALTMAN, D. G.; TETZLAFF, J.; MULROW, C.; GOTZSCHE, P. C.; IOANNIDIS, J. P. A.; CLARKE, M.; DEVEREAUX, P. J.; KLEIJNEN, J.; MOHER, D.. The PRISMA statement for reporting systematic reviews and meta-analyses of studies that evaluate healthcare interventions: explanation and elaboration. **Journal of Clinical Epidemiology**, Melbourne, v. 62, n. 1, p. e1-e34, 2009.
- LIMA, J. R. P.; KISS, M. A. P. D. M. Limiar de variabilidade da frequência cardíaca. **Revista Brasileira de Atividade Física e Saúde**, Pelotas, v. 4, n. 1, p. 29-38, 1999.

- LOIMAALA, A.; HUICURI, H.; OJA, P.; PASANEN, M.; VUORI, I. Controlled 5-mo aerobic training improves heart rate but not heart rate variability or baroreflex sensitivity. **Journal of Applied Physiology**, Bethesda, v. 89, n. 5, p. 1825-1829, 2000.
- MOUROT, L. TORDI, N.; BOUHADDI, M.; TEFFAHA, D.; MONPERE, C.; REGNARD, J. Heart rate variability to assess ventilatory thresholds: reliable in cardiac disease? **European Journal of Preventive Cardiology**, Biot, v. 19, n. 6, p. 1272-1280, 2012.
- NG, G. A. Vagal modulation of cardiac ventricular arrhythmia. **Experimental Physiology**, London, v. 99, n. 2, p. 295-299, 2014.
- NG, J.; SUNDARAM, S.; KADISH, A. H.; GOLDBERGER, J. J. Autonomic effects on the spectral analysis of heart rate variability after exercise. **American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology**, Bethesda, v. 297, n. 4, p. H1421- H1428, 2009.
- PESCATELLO, L. S.; FRANKLIN, B. A.; FAGARD, R.; FARQUHAR, W. B.; KELLEY, G. A.; RAY, C. A. American College of Sports Medicine position stand. Exercise and hypertension. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Indianápolis, v. 36, n. 3, p. 533-553, 2004.
- POLANCZYK, C. A.; ROHDE, L. E. P.; MORAES, R. S.; FERLIN, E. L.; LEITE, C.; RIBEIRO, J. P. Sympathetic nervous system representation in time and frequency domain indices of heart rate variability. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology**, Cambridge, v.79, n.1, p.69-73, 1998.
- SALES, M. M.; CAMPBELL, C. S.; MORAIS, P. K.; ERNESTO, C.; CALDEIRA, L. F. S.; RUSSO, P.; MOTTA, D. F.; MOREIRA, S. R.; NAKAMURA, F. Y.; SIMÕES, H. G.. Noninvasive method to estimate anaerobic threshold in individuals with type 2 diabetes. **Diabetology & Metabolic Syndrome**, London, v. 3, n. 1, p. 1-8, 2011.
- SCHNEIDER, D. A.; McLELLAN, T. M.; GASS, G. C. Plasma catecholamine and blood lactate responses to incremental arm and leg exercise. **Medicine Science in Sports and Exercise**, Indianápolis, v. 32, n. 3, p. 608-613, 2000.
- SHAREEF, M. A.; ANWER, L. A.; POIZAT, C. Cardiac SERCA2A/B: therapeutic targets for heart failure. **European Journal of Pharmacology**, Ireland, v. 724, n. 1, p. 1-8, 2014.
- SHIBATA, M.; MORITANI, T.; MIYAWAKI, T. HAYASHI, T.; NAKAO, K. Exercise prescription based upon cardiac vagal activity for middle-aged obese women. **International Journal of Obesity and Related Metabolic Disorders: Journal of the International Association for the Study of Obesity**, London, v. 26, n. 10, p. 1356-1362, 2002.
- TASK Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. Heart rate variability. Standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use. **European Heart Journal**, Oxford, v. 17, n. 3, p. 354-381. 1996.
- TULPPO, M. P.; MAKIKALLIO, T. H.; SEPPANEN, T.; LAUKKANEN, R. T.; HUICURI, V. Quantitative beat-to-beat analysis of heart rate dynamics during exercise. **The American Journal of Physiology**, Bethesda, v. 271, n. 1, p. H244- H252, 1996.
- TULPPO, M. P.; HAUTALA, A. J.; MAKIKALLIO, T. H.; LAUKKANEN, R. T.; NISSILA, S.; HUGHSON, R. L.; HUICURI, H. V. Vagal modulation of heart rate during exercise: effects of age and physical fitness. **The American Journal of Physiology**, Bethesda, v. 274, n. 2, p. H424-H429, 1998.
- TULPPO, M. P.; HAUTALA, A. J.; MAKIKALLIO, T. H.; LAUKKANEN, R. T.; NISSILA, S.; HUGHSON, R. L.; HUICURI, H. V. Effects of aerobic training on heart rate dynamics in sedentary subjects. **Journal of Applied Physiology**, Bethesda, v. 95, n. 1, p. 364-372, 2003.
- VANGHELuwe, P.; WUYTACK, F. Improving cardiac Ca(+)2 transport into the sarcoplasmic reticulum in heart failure: lessons from the ubiquitous SERCA2b Ca(+)2 pump. **Biochemical Society Transactions**, London, v. 39, n. 3, p. 781-787, 2011.
- VINIK, A. I.; ERBAS, T.; CASELLINI, C. M. Diabetic cardiac autonomic neuropathy, inflammation and cardiovascular disease. **Journal of Diabetes Investigation**, Malden, v. 4, n. 1, p. 4-18, 2013.

Recebido em 27/11/2013

Revisado em 18/04/2014

Aceito em 07/09/2014

Endereço para correspondência: Carlos Janssen Gomes, Universidade de Brasília-Programa de pós graduação em ciências médicas. Centro Universitário Euro Americano-UNIEURO-Departamento de Educação Física. E-mail: janssengomes@gmail.com