

Biofeedback cardiovascular e suas aplicações: revisão de literatura

Biofeedback cardiovascular y sus aplicaciones: revisión de literatura
Cardiovascular Biofeedback and its Applications: Review of Literature

July Silveira Gomes*

Universidade Federal de São Paulo

Marco Fábio Coghi, Priscila Fernandes Coghi

Neuropsicotronics

Doi: [dx.doi.org/10.12804/apl32.2.2014.02](https://doi.org/10.12804/apl32.2.2014.02)

Resumo

O *biofeedback* cardiovascular é uma técnica de auto-modulação fisiológica mediada pela ressonância entre dois mecanismos de regulação cardiovascular: o reflexo barorreceptor e a arritmia sinusal respiratória. Quando esse fenômeno ocorre, é possível visualizar um aumento significativo na amplitude da frequência em torno de 0.1Hz, chamada baixa frequência (*low frequency*, LF). Nesse trabalho, consultou-se a base de dados Pubmed e foram revisados 31 trabalhos, publicados entre 2000 e junho de 2012. O protocolo mais utilizado (em 41.94% dos artigos) foi desenvolvido por Lehrer, Vaschillo, & Vaschillo (2000), e envolve 10 sessões semanais, durante 20 minutos cada, e treinamento doméstico diário, duas vezes ao dia, cada um durante 20 minutos. O treinamento com *biofeedback* tem apresentado resultados promissores como terapia complementar em diferentes transtornos, com redução significativa nas escalas de ansiedade e depressão, seja quando essas patologias apresentam-se como queixa única ou como comorbidade em outros transtornos. Os efeitos sobre alterações cognitivas apresentaram resultados inconsistentes.

Palavras-chave: Biofeedback cardiovascular, regulação autonômica, retroalimentação fisiológica, coerência cardíaca

Resumen

El *biofeedback* cardiovascular es una técnica de auto-modulación fisiológica mediada por la resonancia entre dos mecanismos de regulación cardiovascular: el reflejo barorreceptor y la arritmia sinusal respiratoria. Cuando ese fenómeno ocurre, es posible visualizar un aumento significativo en la amplitud de la frecuencia en torno a 0.1Hz, llamada baja frecuencia (*low frequency*, LF). En ese trabajo, se consultó la base de datos Pubmed y fueron revisados 31 trabajos, publicados entre 2000 y junio del 2012. El protocolo más utilizado (en 41.94% de los artículos) fue desarrollado por Lehrer, Vaschillo, & Vaschillo (2000), e involucra diez sesiones semanales, de veinte minutos cada una, y entrenamiento doméstico diario, dos veces al día durante veinte minutos. El entrenamiento con *biofeedback* ha presentado resultados promisorios como terapia complementar en diferentes trastornos, con reducción significativa en las escalas

* July Silveira Gomes, Departamento de Psiquiatria e Psicologia Médica, Universidade Federal de São Paulo; Marco Fábio Coghi, Universidade Cidade de São Paulo; Priscila Fernandes Coghi, Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo.
A correspondência relacionada com este artigo deve ser direcionada a Av. Prof. Lineu Prestes, 2242 –Cietec– Sala 12 –Butantã/USP– São Paulo –SP–CEP: 05508-000. Correio eletrônico: julyneurop@gmail.com

Para citar esse artigo: Gomes, J., Coghi, M., Coghi, P. (2014). Biofeedback Cardiovascular e suas aplicações: revisão de literatura. *Avances en Psicología Latinoamericana*, 32(2), 199-216. doi: [dx.doi.org/10.12804/apl32.2.2014.02](https://doi.org/10.12804/apl32.2.2014.02)

de ansiedad y depresión, sea cuando esas patologías se presentan como única molestia o como comorbilidad en otros trastornos. Los efectos sobre alteraciones cognitivas presentaron resultados inconsistentes.

Palabras clave: Biofeedback cardiovascular, regulación autonómica, retroalimentación fisiológica, coherencia cardíaca

Abstract

Cardiovascular biofeedback is a technique for physiological modulation mediated by the resonance between two mechanisms of cardiovascular regulation: the baroreceptor reflex and the respiratory sinus arrhythmia. When this phenomenon occurs, it is possible to see a significant increase in the amplitude of the frequency around 0.1Hz, called low frequency (LF). In this paper, the Pubmed database was consulted and 31 papers published between July of 2000 and June of 2012 were reviewed. The protocol most cited (for 41.94 % of the papers) was the one created by Lehrer, Vaschillo, & Vaschillo (2000) and involves 10 weekly sessions, for 20 minutes each, plus home-training twice a day for 20 minutes. Biofeedback training has shown promising result as a complementary therapy for different disorders, with significant reduction in the scores of anxiety and depression scales, whether these pathologies occur as the only complaint or as comorbidly with other diseases. The effects on cognitive changes have shown inconsistent results.

Keywords: Cardiovascular biofeedback, autonomic regulation, physiological biofeedback, cardiac coherence

O *biofeedback* cardiovascular é uma técnica de autorregulação fisiológica do sistema nervoso autônomo (SNA) em que o indivíduo aprende a modular a resposta de seu próprio corpo através das informações vindas do batimento cardíaco. O processo ocorre por meio do registro dos intervalos de tempo, decorridos entre cada batimento cardíaco, por um sensor externo, seguido pelo tratamento matemático desses dados por um *software* e disponibilização dessas informações ao indivíduo, por exemplo, na tela de um computador. Essas informações precisam ser fornecidas em tempo real, de modo que a pessoa que está passando pelo processo de *biofeedback* possa estabelecer uma correspon-

dência entre o estímulo que ela está visualizando com suas reações fisiológicas. Os efeitos positivos dessa técnica ocorrem principalmente quando o ritmo cardíaco entra em sincronia e ressonância com o ritmo respiratório, aumentando a amplitude das oscilações do batimento cardíaco (Lehrer, 2007; Lehrer et al., 2000; Moss, 2008).

Os componentes autônomos simpático e parassimpático, ou simpático-vagal, são os responsáveis pela regulação e funcionamento viscerais humanos. São eles, também, que regem o funcionamento cardiovascular (Guyton & Hall, 2011). A ativação simpática desencadeia respostas fisiológicas de reação, que provocam aceleração do batimento cardíaco (Sved, 1999). Já a inibição simpática ou a excitação parassimpática promovem um decréscimo dos batimentos. Um coração com frequências cardíacas muito rápidas não permanece relaxado tempo suficiente para o enchimento completo das câmaras cardíacas (Guyton & Hall, 2011); a alta frequência cardíaca pode levar à redução da variabilidade da frequência cardíaca (VFC), o que, em repouso, indica má ou insuficiente adaptação do sistema nervoso autônomo ao meio (Vanderlei, Pastre, Hoshi, Carvalho, & Godoy, 2009).

A VFC (ou HRV, de *heart rate variability*) é considerada um indicador consistente do funcionamento autônomo do indivíduo, sendo que a redução da VFC é vista como um fator de risco para doenças cardiovasculares e está associada a alterações metabólicas (como ganho de peso, diabetes e hipertensão) em pacientes psiquiátricos submetidos ao uso de medicações colinérgicas (Sowden & Huffman, 2009). Já o aumento da VFC sinaliza boa adaptação fisiológica do indivíduo e está vinculada a melhores taxas de sobrevivência em pacientes que sofreram ataques cardíacos súbitos e arritmias letais (Kawaguchi et al., 2007; Stein et al., 2000; Vanderlei et al., 2009).

Nesse sentido, sabe-se que a prática regular de atividades esportivas e exercícios físicos aumenta a VFC (Task Force, 1996; Vanderlei et al., 2009), e a possibilidade de aumento da VFC a partir de estímulos específicos tem levado pesquisadores a investigar o efeito de técnicas cognitivas e respiratórias que também possam trazer esses benefícios aos sujeitos praticantes (Nolan, Jong, Barry-

Bianchi, Tanaka, & Floras, 2008). Nesse contexto, encontram-se investigações científicas acerca dos efeitos da técnica de *biofeedback* cardiovascular. O presente artigo apresenta como objetivo a identificação e revisão dessas pesquisas, de modo a explorar os achados publicados nos últimos 12 anos acerca da técnica de modulação fisiológica conhecida como *biofeedback* cardiovascular. Inicialmente, será exposto o conceito de ‘variabilidade da frequência cardíaca’ (VFC), com o objetivo de contextualizar o tema. Logo após, os resultados da revisão de literatura serão apresentados, seguidos pelas considerações finais.

Compreendendo a Variabilidade da Frequência Cardíaca (VFC)

VFC é um conceito que se refere à variação natural que ocorre entre batimentos ou pulsos cardíacos. Num eletrocardiograma normal registrado na derivação DII, o pulso é, didaticamente, composto por diferentes componentes denominados pelas letras do alfabeto PQRST, sendo que o componente R, proveniente da contração dos ventrículos (despolarização ventricular) é o pico mais proeminente e intenso. Por isso, o intervalo entre um pico R e outro é usado como medida de um pulso ou um batimento. A percepção de que esse intervalo entre cada pico R-R variava deu origem ao conceito da variabilidade, que se refere à variação dos períodos dos intervalos R-R consecutivos. Esses intervalos são também chamados de intervalos normal-anormal ou N-N, ou seja, todos os intervalos entre complexos QRS adjacentes que resultaram da despolarização do nodo sinoatrial (Acharya, Joseph, Kannathal, Lim & Suri, 2006; Achten & Jeukendrup, 2003; Guyton & Hall, 2011; Tarvainem & Niskanem, 2008; Task Force, 1996; Vanderlei et al. 2006). Nesse sentido, ressalta-se que a “variabilidade da frequência cardíaca tornou-se o termo convencionalmente aceito para descrever variações de frequência cardíaca instantânea e intervalos RR” (Task Force, 1996, p. 1).

Diferentes métodos de análise são usados para se estudar a VFC, destacando-se os métodos lineares e não lineares. Os primeiros compreendem a mensuração dos intervalos R-R dentro de um período

de tempo, usualmente em milissegundos, para então proceder-se à análise através de métodos estatísticos e geométricos; estes são, ainda, divididos em variáveis no domínio do tempo e no domínio da frequência. Os segundos envolvem a compreensão do comportamento cardiovascular com base na teoria de sistemas não lineares. Para os fins desse artigo, dar-se-á enfoque às variáveis que podem ser obtidas a partir dos métodos lineares, resumidas na Tabela 1 conforme Lehrer et al. (2000), Task Force (1996) e Vanderlei et al. (2009), já que estas são as principais variáveis utilizadas no treinamento e em pesquisas com biofeedback cardiovascular.

Tabela 1
Variáveis da VFC obtidas pelo método de análise linear

Domínio	Variável	Definição
Domínio da Frequência	Very low frequency ou frequência muito baixa (VLF).	- Frequência entre 0,003 e 0,04Hz (ver nota); - Recebe influência simpática Unidade: ms2 ou unidade normalizada (u. n.)
	Low frequency ou baixa frequência (LF).	- Frequência entre 0,04 a 0,15Hz; - Recebe influência simpática e parassimpática. Unidade: ms2 ou unidade normalizada (u. n.)
	High frequency ou alta frequência (HF).	- Frequência entre 0,15 e 0,40Hz; - Reflete a influência da ativação parassimpática/ tônus vagal; - Modulada pela respiração; Unidade: ms2 ou unidade normalizada (u. n.)
Domínio do Tempo	SDNN	- Desvio padrão dos intervalos NN; - unidade: milissegundos (ms);
	SDANN	- Desvio padrão das médias dos intervalos NN com base em períodos de 5 minutos; - unidade: milissegundos (ms);
	RMSSD	- Raiz quadrada da média da soma dos quadrados das diferenças entre intervalos NN subjacentes; - unidade: milissegundos (ms);
	pNN50	- Porcentagem dos intervalos R-R adjacentes com diferença de duração maior que 50 milissegundos. - Unidade: porcentagem

Fonte: Os Autores (2013), baseados em: Lehrer, Vaschillo e Vaschillo (2000), Task Force (1996) e Vanderlei et al. (2009).

Nota: A Frequência Ultraabaixa (ULF < 0,003 Hz) só é verificada em espectros de 24 horas e não está apresentada na tab.

Metodologia

Para a produção desta revisão de literatura, foi consultada a base de dados Pubmed, da *US National Library of Medicine National Institutes of Health*,¹ que possibilita o acesso a mais de 21 milhões de citações em diversas áreas do conhecimento. Foram pesquisados artigos publicados entre 01/01/2000 a 01/06/2012 usando-se as palavras-chave: “*biofeedback+heart+rate+variability*”; “*biofeedback+cardiovascular*”. A primeira busca forneceu 67 artigos e a segunda, 90. Os artigos foram inspecionados visualmente para inclusão ou exclusão nesta revisão, de acordo com os seguintes critérios:

Critérios de inclusão

1. Foram incluídos estudos com objetivo de avaliar a eficácia da técnica de biofeedback cardiovascular em seres humanos, em qualquer idade;
2. Foram incluídos estudos experimentais ou semiexperimentais, de intervenção com a técnica biofeedback cardiovascular, com ou sem grupo-controle;
3. Foram incluídos artigos que visavam ao estudo da técnica sem a coleta nem o registro da VFC enquanto variáveis de pré e pós-teste. Ou seja, artigos que usaram a técnica de intervenção, mas enquanto medidas antes e depois utilizaram protocolos/ questionários ou avaliações comportamentais e subjetivas;
4. Foram incluídos artigos escritos em inglês, português ou espanhol.

Critérios de exclusão

1. Foram excluídos estudos com foco na verificação da eficácia de aparelhos de *biofeedback* cardiovascular;
2. Foram excluídas revisões de literatura;

3. Foram excluídos artigos sobre efeitos da respiração lenta (*slow breathing*) com ou sem monitoramento de variabilidade da frequência cardíaca, ou seja, exercício de respiração sem o *feedback* cardíaco;
4. Foram excluídos artigos escritos em línguas que não fossem inglês, português ou espanhol.

Após essa primeira consulta, a ferramenta de busca Google Acadêmico² também foi consultada em busca de artigos de relevância, que cumprissem os critérios de inclusão, mas que não tivessem sido anteriormente identificados na base Pubmed. Todos os artigos selecionados foram revisados pelos autores e tabulados em uma planilha considerando-se: o transtorno ou a patologia em que a intervenção de *biofeedback* cardiovascular foi realizada; o número de sessões; a duração destas; a variável fisiológica mensurada; e os principais achados. Para finalidades deste artigo, serão apresentadas as tabelas resumidas, separadas em função do transtorno ou das patologias.

Resultados

Foram revisados 31 artigos publicados entre janeiro de 2000 e junho de 2012. Esses artigos investigaram os efeitos da aplicação da técnica do *biofeedback* em transtornos de ansiedade (Reiner, 2008; Sherlin, Gevirtz, Wyckoff & Muench, 2009), asma, (Lehrer et al., 2004; Lehrer et al., 2006), depressão (Karavidas et al., 2007; Siepmann, Aykac, Unterdorfer, Petrowski & Mueck-Weymann, 2008), fibromialgia (Hassett et al., 2007), doenças coronarianas e cardíacas (Del Pozo, Gevirtz, Scher & Guarneri, 2004; Nolan et al. 2005; Swanson et al., 2009), inflamação induzida (Lehrer et al., 2010), hipertensão (Lin et al., 2012; Nolan et al., 2010), efeito barorreflexo e ressonância cardiovascular (Lehrer et al., 2003; Reyes del Paso & González, 2004; Vaschillo, Vaschillo & Lehrer, 2006), saúde mental em escolares (Pop-Jordanova, 2009), dor (Chalaye, Goffaux, Lafrenaye & Marchand,

1 Base disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed>>. Acesso em 2013.

2 Base disponível em: <<http://scholar.google.com.br/>>. Acesso em 2013.

2009; Hallman, Olsson, Von Schéele, Melin, & Lyskov, 2011; Sowder, Gevirtz, Shapiro, & Ebert, 2010), desempenho no trabalho (Sutarto, Wahab & Zin, 2010), transtorno de estresse pós-traumático (TEPT) (Ginsberg, Berry, & Powell, 2010; Tan, Dao, Farmer, Sutherland, & Gevirtz, 2011; Zucker, Samuelson, Muench, Greenberg & Gevirtz, 2009), qualidade do sono (Ebben, Kurbatov & Pollak, 2009), esportes (Lagos et al., 2008; Paul, Garg, & Sandhu, 2012; Raymond, Sajid, Parkinson & Gruzelier, 2005), estresse (Goodie & Larkin, 2001; McCraty, Atkinson, Lipsenthal, & Arguelles, 2009) e vômito cíclico (Slutsker, Konichezky & Gothelf, 2010). Desses, em 13 artigos (41.94%) os pesquisadores afirmaram explicitamente terem utilizado o protocolo de biofeedback cardiovascular delineado por Lehrer et al. (2000). Todos os outros usaram o conceito de coerência cardiovascular (coerência cardíaca), mas não seguiram necessariamente o protocolo de Lehrer et al. (2000) ou associaram o treinamento a outras técnicas.

A coerência cardiovascular ocorre quando há sincronismo e ressonância entre o ritmo cardíaco associado à respiração (Arritmia Sinusal Respiratória – ou RSA, do inglês *Respiratory Sinus Arrhythmia*) e o ritmo gerado pela atividade barorreflexa.

A RSA é considerada como um indicador de tônus parassimpático e modula a alta frequência (ou HF, do inglês *High Frequency*) da VFC. Quando a taxa de respiração é reduzida entre 3-6 respirações/min., observa-se o aumento da amplitude da VFC na frequência baixa (ou LF, do inglês *Low Frequency*), que é influenciada tanto pelo sistema simpático quanto parassimpático. Esse aumento em LF não reflete diretamente a influência da respiração em si, mas sim do reflexo barorreceptor. A ressonância entre essas duas fontes moduladoras do ritmo cardiovascular (RSA e barorreflexo) é observada pelo aumento na amplitude na frequência em torno de 0,1Hz, observado no Espectro de Densidade de Potência, como ilustrado na Figura 1 a seguir. Esse é um dos principais indicadores da coerência cardiovascular, também conhecida como coerência cardíaca. Ou seja, a taxa de respiração que levar ao aumento da amplitude na frequência de 0,1Hz, com aumento significativo da relação LF/HF, é a taxa que deve ser praticada durante o treinamento com biofeedback cardiovascular. Há variações de pessoa para pessoa na faixa da frequência respiratória coerente (Lehrer et al., 2000). O estado de coerência cardíaca é observado como ondas sinusais no intervalo R-R do gráfico do ECG.

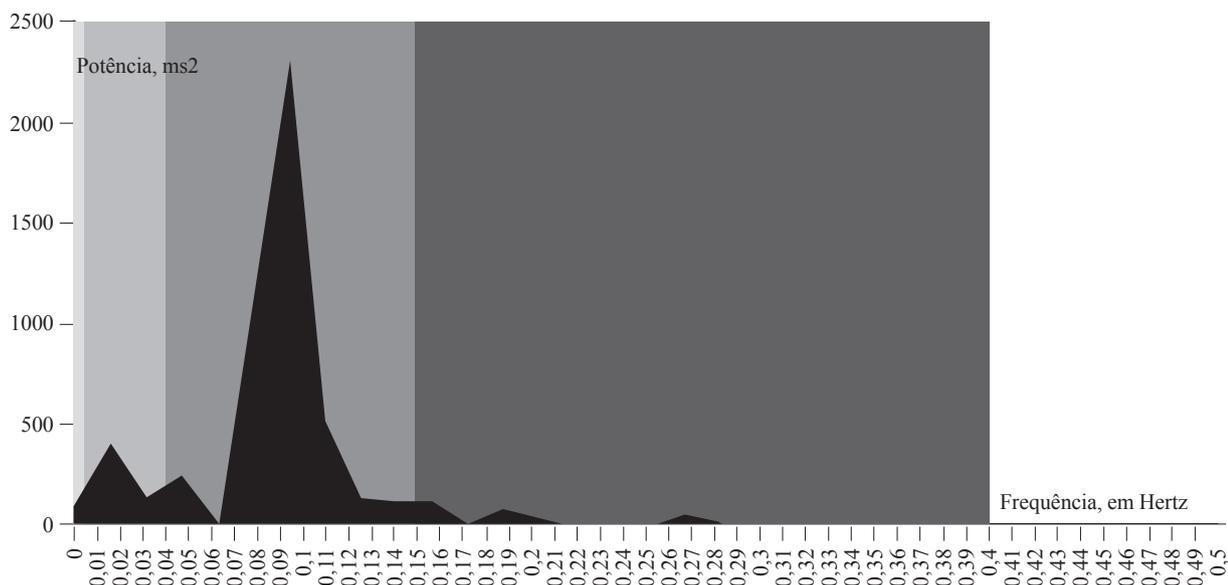


Figura 1. Frequência Ressonante

Fonte: Imagem criada pelos próprios autores a partir de software particular. Legenda: Espectro de Densidade de Potência, ilustrando a representação da frequência ressonante com pico em 0.1Hz.

A análise das faixas espectrais derivadas do Espectro de Densidade de Potência feitas em eletrocardiograma (ECG) com registro de dois a cinco minutos revelam a presença de frequências HF, LF e VLF. As análises realizadas em ECG durante 24 horas evidenciam componentes espectrais menores que 0,003Hz (ULF, ou *Ultra Low Frequency*), cujo significado fisiológico ainda é desconhecido.

Segundo Reis, Bastos, Mesquita Romeo, & Nóbrega (1998), podem ser distinguidas quatro faixas no Espectro de Densidade de Potência, a saber:

1. HF (Alta frequência - 0,15 a 0,40Hz), modulada pelo Sistema Nervoso Parassimpático (SNP) e gerada pela respiração;
2. LF (Baixa frequência - 0,04 a 0,15Hz), modulada pelo SNP e Sistema Nervoso Simpático (SNS). Essa faixa de frequência tem sido relacionada ao sistema barorreceptor e termorregulador, à atividade vasomotora e ao sistema renina-angiotensina;
3. VLF (Muito baixa frequência - 0,003 a 0,04Hz), considerada um marcador da atividade simpática;
4. ULF (Ultrabaixa frequência - < 0.003 Hz), que não apresenta uma correspondência fisiológica clara.

O protocolo de Lehrer et al. (2000) prevê, no mínimo, 10 sessões de treinamento, sendo que na primeira sessão deve-se respirar nas taxas de 4, 5, 6 e 7 respirações por minuto, durante 2 a 5 minutos, e as oscilações cardiovasculares devem ser observadas. Aquela que levar ao maior pico de oscilações na frequência de 0,1Hz deve ser escolhida como a taxa de respiração a ser utilizada. Essa frequência ressonante é também conhecida como coerência cardíaca. A partir disso, deve-se praticar diariamente a respiração ressonante duas vezes por dia, durante 20 minutos. O exercício de respiração deve ser associado à técnica de respiração diafragmática ou abdominal, expandindo-se o abdômen na inspiração e contraíndo-o na expiração. A inspiração deve ser feita pelo nariz e a expiração pela boca, com lábios entreabertos. Lehrer et al. (2000) sugerem que um sistema de biofeedback cardiovascular seja

emprestado ao paciente para que ele possa treinar diariamente em casa, a partir da terceira sessão.

Dentre os artigos revisados, apenas 1 (Reiner, 2008) não registrou (ou não mencionou ter registrado) variáveis fisiológicas dos sujeitos pesquisado. Outros dois – Sherlin et al. (2009) e Sutarto et al. (2010) – mensuraram direta ou indiretamente alguma variável: o primeiro, mensurou a frequência cardíaca, e o segundo os pontos fornecidos pelo *software* (pontos dados com base no desempenho do sujeito em aumentar a VFC). No entanto, não apresentaram nos resultados informações sobre os efeitos do treinamento nessas variáveis fisiológicas. Os pesquisadores desses três artigos monitoraram a VFC durante o treino com biofeedback, tendo em vista que o monitoramento e a exibição dessas informações ao sujeito que está treinando é o princípio da técnica. Porém, usaram apenas instrumentos de avaliação do comportamento e sintomas, como entrevistas, inventários ou questionários, para verificar os efeitos da técnica sobre os sujeitos treinados. Em todos os outros 28 artigos (90.32%) os pesquisadores verificaram os efeitos do treinamento sobre as variáveis fisiológicas. Por outro lado, em sete artigos (22.58%) os pesquisadores: não utilizaram instrumentos de avaliação comportamental ou sintomática (entrevistas, inventários ou questionários) em suas pesquisas (Chalaye et al., 2009; Del Pozo et al., 2004; Lin et al., 2012; Vaschillo et al., 2006); não descreveram na metodologia quais instrumentos foram utilizados (Slutsker et al., 2010); ou, ainda, usaram medidas indiretas, como variação na quantidade de medicação (Lehrer et al., 2006; Lehrer et al., 2004) nos seus resultados.

Para a apresentação dos resultados a seguir, os artigos foram agrupados em cinco grandes categorias, na seguinte ordem: Fisiologia em Geral, abordando o efeito barorreflexo e a ressonância cardiovascular; Transtornos, englobando ansiedade, depressão, saúde mental em escolares, transtorno de estresse pós-traumático (TEPT), estresse, dor, fibromialgia e vômito cíclico; Doenças com base biológica definida, como asma, doenças coronarianas e cardíacas, e hipertensão; Performance – caso de pesquisas focadas no desempenho, no trabalho e

nos esportes; e Outros, reunindo os temas qualidade do sono e inflamação induzida.

Fisiologia em Geral

A tabela 2, a seguir, apresenta os artigos em que os autores investigaram o efeito do biofeedback cardiovascular de maneira genérica sobre o reflexo barorreceptor, a respiração e a ressonância, sem focar correlações psicológicas, emocionais e comportamentais. Os artigos demonstram aumento significativo no reflexo barorreceptor e na VFC (Lehrer et al., 2003; Reyes del Paso et al., 2004), principalmente durante o treinamento. Lehrer et al. (2003) observaram que esses efeitos foram significativos em longo prazo e independentes da respiração, ou seja, permanecem mesmo que o sujeito não esteja realizando a respiração no momento em que o dado foi coletado. Vaschillo et al. (2006) verificaram que a frequência ressonante ocorre em diferentes taxas de respiração para cada sujeito (4.5 a 6.4 vezes/min.), e que respirar na taxa mais adequada ao indivíduo apresenta alto impacto nas variáveis da frequência cardíaca. Além disso, esses autores verificaram que a frequência ressonante está: negativamente correlacionada à altura; relacionada ao gênero; não correlacionada ao peso e idade; e, além disso, verificaram que podem

ser necessárias até três sessões para que o sujeito aprenda a técnica sem hiperventilar.

Transtornos

Foram englobados na categoria Transtornos 13 artigos, apresentados na tabela 3, a seguir. Desses, 10 informaram o número de sessões, e 9 o tempo de duração, com uma média de 26.22 min. por sessão (variando entre 15-60 min.). Apresentaram, ainda, uma média de 9,7 sessões (variando entre aplicação única e 20 sessões), por aproximadamente 6.85 semanas (entre 3-10 semanas). Verificou-se um número médio de 31.15 sujeitos nos estudos, com amostras entre 1 e 89 sujeitos, sendo apenas um estudo com sujeito único.

Dois desses artigos investigaram os efeitos da técnica especificamente sobre os sintomas presentes na ansiedade (Reiner, 2008; Sherlin et al., 2009), encontrando redução significativa nas escalas utilizadas. O primeiro autor observou, também, redução nos sintomas de estresse (em 75 % dos sujeitos), aumento na capacidade de relaxamento (80%), de emoções positivas (46%) e da sensação de paz (60%). Já os últimos encontraram redução em todos os 20 itens do Inventário de Ansiedade Estado-Traço (STAI-Y) e melhora em todas as variáveis da tarefa de Stroop. Outros dois artigos,

Tabela 2
Efeitos do biofeedback cardiovascular, na categoria “Fisiologia em Geral”

Autor(es), ano	Total de sujeitos (homens, mulheres)	Protocolo	Variáveis mensuradas
Lehrer et al., 2003.	54 (7H, 16M).	10 sessões de 40 min + recomendação de 20 min diários em casa, 2x por semana. * Protocolo Lehrer.	Taxa respiração, volume tidal (volume de respiração), espirometria, HRV, ganho barorreflexo, pressão sanguínea.
Reyes del Paso & González, 2004.	32 (12H, 23M).	3 sessões de 45 min, com períodos com objetivo de aumentar e outros de diminuir o reflexo barorreceptor.	Pressão arterial, arritmia sinusal respiratória (RSA), taxa de respiração.
Vaschillo et al., 2006.	56 (19H, 37M), sendo: 24 adultos saudáveis (8H, 16M) e 32 adultos com asma (11H, 21M).	10 sessões, 1vez/ semana; tempo de duração não informado. * Protocolo Lehrer.	Intervalo R-R, taxa de respiração, CO2 ao final da expiração.

Fonte: Os Autores (2013), baseados em Lehrer et al. (2003), Reyes del Paso e González (2004), e Vaschillo et al. (2006).

Notas: H: Homem(ns); M: Mulher(es).

Tabela 3
Efeitos do biofeedback cardiovascular, na categoria “Transtornos”

Autor(es), ano	Tipo/ Transtorno	Total de sujeitos (homens, mulheres)	Protocolo	Variáveis Mensuradas
Reiner, 2008.	Ansiedade	24 recrutados, 20 completaram o tratamento; quantidade H/ M não informada.	3 semanas, sessões de 20 min.	Não relatadas
Sherlin et al., 2009.	Ansiedade	43 sujeitos (51.2 %H, 48.8 %M).	Sessão única, com 15 min de duração.	HR
Karavidas et al., 2007.	Depressão	11 recrutados (4H, 7M), 8 completaram o tratamento.	10 semanas; 1 x por semana, com 1h de duração; * Protocolo Lehrer.	HR, HRV, VLF, LF, HF, SDNN
Siepman et al., 2008.	Depressão	38 (CTRL: 6H, 6M; grupo experimental 1: 6H, 6M; grupo experimental 2: 1H, 13M).	6 sessões, durante 2 semanas, com 25 min de duração.	HF, LF, VLF, LF/HF, potência total, resposta de vaso constricção.
Pop-Jordanova, 2009a.	Saúde mental em escolares	74 crianças; Grupos: AF ³ : 15; SM ⁴ : 15; TOC ⁵ : 7; TDAH ⁶ : 10; DC ⁷ : 12; CTR: 15.	15 sessões de 16 min.	HRV
Zucker et al., 2009.	TEPT ⁸	38 (21H, 17M); grupo HRV_ BFD: 19.	4 semanas, diariamente, + 20 minutos em casa.	SDNN
Ginsberg et al., 2010.	TEPT em veteranos de guerra.	10 homens; 5 veteranos com TEPT e 5 sem o transtorno treinaram HRV_ BFD.	4 sessões, 1x por semana; duração não informada.	Coerência cardíaca, LF, HF, VLF, VFC total.
Tan et al., 2011.	TEPT em veteranos de guerra.	30 homens; grupos: Veteranos TEPT HRV_ BFD: 10; TEPT CTRL: 10; CTRL saudáveis: 10.	8 sessões, 1x por semana, com duração de 30 min; treino domiciliar de 20 min, 2x por dia; * Protocolo Lehrer.	Respiração, SDANN.
Goodie & Larkin, 2001.	Estresse mental na execução de tarefa cognitiva	25 homens.	Única	HR, Pressão sanguínea, Impedância cardiográfica, Índice de Ejeção Cardíaca (Stroke Volume Index), Débito Cardíaco, Resistência Periférica Total.
McCraty et al., 2009.	Estresse em agentes penitenciários	75 agentes, sendo 69% homens no grupo experimental e 70% no CTRL.	2 encontros presenciais + 3 meses de treino em casa, com recomendação de treino por 30s a cada hora, durante o expediente de trabalho.	Peso, altura, pressão sanguínea, colesterol, VFC, Índice de Estresse Adrenal, obtido através de deidroepiandrosterona (DHEA), imunoglobulina A (S-IgA) (anticorpo)
Hallman et al., 2011.	Dor crônica ombro-pescoço	24 (2H, 22M); HRV_ BFD: 12.	10 sessões, 1x por semana, com duração de 30 min; treino domiciliar de 15 min, 5x por semana. * Protocolo Lehrer	CO2 ao final da expiração, SpO2, intervalo entre batimentos, SDNN, pNN50, LF, HF, LF/HF, taxa de respiração, temperatura periférica (dedo), condutância da pele.

Autor(es), ano	Tipo/ Transtorno	Total de sujeitos (homens, mulheres)	Protocolo	Variáveis Mensuradas
Sowder et al., 2010.	Dor abdominal funcional	30 (14H, 16M);	6 sessões, com recomendação de treino de 10 min. diários em casa; * protocolo Lehrer	Taxa de respiração; LF; HF; LF/HF; NN50; pNN50
Chalaye et al., 2009.	Sensibilidade à dor térmica	20 (11H, 9M); grupo experimental nas condições: 1) respiração natural; 2) respiração lenta e profunda; 3) respiração rápida; 4) distração (vídeo game); 5) HRV_BFD.	1 única sessão, de 1h;	Taxa de respiração; HR; Intervalos R-R SDNN; Índice de mudança da frequência cardíaca do pico ao vale (amplitude RSA); LF; HF.
Hasset et al., 2007.	Fibromialgia	12 mulheres.	10 sessões de 20 min, 2x por semana; recomendação de treino domiciliar por 20 min, 2x por dia; * protocolo Lehrer.	HR, LF, HF, Ganho barorreflexo, variabilidade de pressão sanguínea de baixa frequência (BPLF)
Slutsker et al., 2010.	Vômito cíclico	1 adolescente do sexo masculino.	16 sessões; duração não informada.	LF/HF

Fonte: Os Autores (2013), baseados em: Chalaye et al. (2009); Ginsberg et al. (2010); Goodie e Larkin (2001); Hallman et al. (2011); Hasset et al. (2007); Karavidas et al. (2007); McCraty et al. (2009); Pop-Jordanova (2009); Reiner (2008); Sherlin et al. (2009); Siepmann et al. (2008); Slutsker et al. (2010); Sowder et al. (2010); Tan et al. (2011); Zucker et al. (2009).

Notas: HRV_BFD: Grupo submetido ao treinamento de *biofeedback* cardiovascular; CTRL: grupo-controle; AF: Ansiedade Fóbica; SM: Somatoforme; TOC: Transtorno Obsessivo-Compulsivo; TDAH: Transtorno de Déficit de Atenção e Hiperatividade; DC: Desordem de Conduta; TEPT: Transtorno de Estresse Pós-Traumático.

um abordando depressão (Siepmann et al., 2008) e outro dor crônica (Hallman et al., 2011) também relataram melhoras nas escalas de ansiedade.

Os efeitos do *biofeedback* cardiovascular sobre a depressão seguiram a mesma tendência. Karavidas et al. (2007) verificaram 72% de redução nos sintomas neurovegetativos associados à depressão na escala de Beck, enquanto Siepmann et al. (2008) verificaram redução de 22 para 6 nessa mesma escala. Ambos os artigos encontraram alterações nas variáveis da frequência cardíaca, com aumento da VFC a partir da quarta sessão (Karavidas et al., 2007), redução na frequência cardíaca e aumento na variável pNN50 e na potência total duas semanas após o fim da intervenção (Siepmann et al., 2008). Nesse estudo, o grupo-controle saudável, que praticou o treinamento, não apresentou alterações fisiológicas ou psicológicas.

A depressão, enquanto comorbidade nos quadros de dor crônica (Hallman et al., 2011), fibro-

mialgia (Hasset et al., 2007) e Transtorno de Estresse Pós-Traumático (Zucker et al. 2009), também apresentou resposta positiva ao tratamento. No estudo de Zucker et al. (2009), 94.1% do grupo de variabilidade da frequência cardíaca por *biofeedback* cardiovascular apresentou decréscimo de 1 (um) ponto na escala de Beck, enquanto esse índice alcançou 57.9% no grupo que praticou relaxamento muscular. Hasset et al. (2007) observaram melhora significativa em relação aos escores de fibromialgia e à escala da dor entre a primeira coleta e a recoleta, assim como manutenção das alterações nas escalas de depressão três meses após a intervenção.

Zucker et al. (2009), que compararam os efeitos do *biofeedback* com relaxamento muscular progressivo, também encontraram redução significativa tanto na Escala Total de Estresse Pós-Traumático quanto no *Checklist* de TEPT - *Civilian Version*, e redução significativa no Índice de Severidade de Insônia em ambos os grupos. Porém, apenas o pri-

meiro grupo apresentou correlação dessas variáveis com alterações na VFC, sendo que o aumento do desvio padrão dos intervalos NN (SDNN) foi responsável por 17.8% da variância nos escores da Escala Total de Estresse Pós-Traumático e por 6.2% da variância na Escala de Depressão de Beck, após o tratamento.

O aumento do SDNN também foi observado nas pesquisas de Hallman et al. (2011) e Chala-ye et al. (2009), relacionadas à dor. No primeiro caso, sujeitos com dor crônica no ombro-pescoço apresentaram aumento de SDNN e LF em repouso e melhoras nos subíndices ‘vitalidade’, ‘funcionamento social’ e ‘dor física’ do Questionário de Qualidade de Vida – SF. Essas alterações na VFC não foram observadas no grupo-controle. No segundo caso, sujeitos submetidos a um experimento de sensibilidade térmica apresentaram maior limiar de dor ao praticarem respiração lenta e profunda (seis respirações/min., ou 0.1Hz), variabilidade da frequência cardíaca e durante jogo de videogame. O mesmo não ocorreu durante os processos de respiração natural ou respiração rápida (16 respirações/min., ou 0.26Hz). O aumento de SDNN e LF relacionou-se apenas à prática de respiração lenta e ao biofeedback de variabilidade da frequência cardíaca. Jovens com dor abdominal funcional (Sowder et al., 2010) também apresentaram aumento de LF e redução na relação LF/HF após a prática da técnica por oito semanas. Essa última variável correlacionou-se positivamente à redução na frequência de dor.

Outros dois estudos (Ginsberg et al., 2010; Tan et al., 2011) também abordaram os efeitos do biofeedback de variabilidade da frequência cardíaca/coerência cardíaca no TEPT, porém em veteranos de guerra. Na pesquisa de Ginsberg et al. (2010) a alteração na VFC – aumento da razão da coerência de 0,2 para 40,2 – correlacionou-se com melhoras cognitivas e de aprendizagem, de 54,4 para 59 palavras em sujeitos com transtorno e submetidos ao treinamento. Em contrapartida, os controles sem o transtorno, mesmo submetidos ao treinamento, não tiveram os mesmos ganhos: o aumento da coerência foi de 1,2 para 15 e a recordação de palavras de 56,6 para 56,5 palavras. Já o estudo de Tan et al. (2011) comparou os efeitos do tratamento tradicional *ver-*

sus esse tratamento associado a biofeedback de variabilidade da frequência cardíaca, e observou que essa técnica potencializa os efeitos do tratamento com redução significativa de 18% dos sintomas na Escala Clínica de TEPT no grupo de biofeedback de VFC, enquanto o primeiro grupo reduziu os sintomas em apenas 9%.

Já os estudos relacionados ao estresse apresentaram resultados controversos: Goodie e Larkin (2001) realizaram uma intervenção única em 25 homens durante uma tarefa estressora e verificaram que a frequência cardíaca e o índice de ejeção cardíaca do grupo biofeedback de VFC foram menores que a do grupo-controle durante e após o treinamento, com redução na pressão sistólica. Porém, a melhora na resposta fisiológica a um evento estressor (videogame) que lhe fornecia *feedback* sobre sua VFC não foi generalizada para uma segunda tarefa estressora (aritmética), sem *feedback*. Já a pesquisa de McCraty et al. (2009) com 89 agentes penitenciários usou o biofeedback de VFC associado a um programa de reeducação de hábitos de vida, focados no gerenciamento do estresse. Porém, a seleção das amostras não permitiu isolar as variáveis do estudo, fazendo com que informações do programa fossem passadas do grupo experimental para os sujeitos do grupo controle, que afirmaram ter inserido mudanças em seu dia-a-dia espontaneamente. Os resultados demonstraram que não houve diferenças significativas entre os grupos, com ambos apresentando melhoras em variáveis fisiológicas e de bem-estar, e redução nos níveis de colesterol e glicose. Alterações nas variáveis da frequência cardíaca foram observadas apenas no grupo experimental, como aumento na razão LF/HF entre as condições pré e pós, mas não no grupo-controle.

O uso dessa intervenção em jovens também tem sido alvo de investigação. Pop-Jordanova (2009b) demonstrou que crianças entre oito e 15 anos são capazes de aprender a técnica de autorregulação, reduzindo seus batimentos cardíacos, com exceção do grupo com Transtorno de Déficit de Atenção e Hiperatividade (TDHA). As pontuações fornecidas pelo *software* a partir do quanto os sujeitos conseguiram aumentar a VFC indicou que os jovens com transtorno obsessivo-compulsivo, desordem

de conduta e ansiedade fóbica foram os que obtiveram mais ganhos. A autora não apresentou resultados relacionados a alterações comportamentais. Já Slutsker et al. (2010) obtiveram a remissão das crises de vômito cíclico de um jovem de 13 anos, associando o biofeedback de variabilidade da frequência cardíaca a um programa psicoeducacional de controle de ansiedade. A duração do tratamento não foi relatada, e ao final a razão LF/HF foi reduzida de 1.43 para 0.94.

Doenças com base biológica definida

Nessa categoria, foram agrupados sete artigos que abordavam os efeitos da técnica sobre a asma (Lehrer et al., 2004; Lehrer et al., 2006), doenças coronarianas e cardíacas (Del Pozo et al., 2004; Nolan et al., 2005; Swanson et al., 2009) e hipertensão (Lin et al., 2012; Nolan et al., 2010). Os artigos apresentaram em média 55 sujeitos, com 7-8 sessões em torno de 60 min. cada, por aproximadamente 10 semanas, conforme pode ser observado na tabela 4.

Tabela 4
Efeitos do biofeedback cardiovascular, na categoria “Doenças com base biológica definida”

Autor(es), ano.	Tipo/ Transtorno	Total de sujeitos (homens, mulheres)	Protocolo	Variáveis Mensuradas
Lehrer et al., 2004.	Asma	94 (20% desistência); (30H, 64M); grupo HRV_BFD + respiração: 23; grupo HRV_BFD: 22; grupo <i>neurofeedback</i> : 24.	10 sessões; recomendação de treino domiciliar por 20 min., 2x por dia; * protocolo Lehrer.	VFC, VFC total, LF, HF, pneumografia: resistência respiratória em 6Hz, espirometria.
Lehrer et al., 2006.	Asma	45 (10H, 26M); grupo HRV_BFD + resp: 19; grupo HRV_BFD: 17.	10 sessões de 30 min. de duração; * protocolo Lehrer.	VFC total, LF, HF, SDNN, pneumografia: resistência respiratória em 6Hz, pneumografia: frequência dependente da resistência;
Lehrer et al., 2009.	Doença arterial coronariana	63 (42H; 21M); grupo HRV_BFD: 31; grupo controle: 32.	6 sessões de 45 min. 1x por semana; recomendação de 20 min. diários em casa.	SDNN, SDANN, RMSSD, LF.
Nolan et al., 2005.	Doença arterial coronariana	46 (40H, 6M); grupo HRV_BFD: 27; grupo controle-ativo: 19.	5 sessões de 1h 30 min	HF
Swanson et al., 2009.	Insuficiência cardíaca	29; grupo HRV_BFD: 15; 80%H, 20%M; grupo controle-ativo: 14; 79%H, 21%M).	6 sessões de 45 min. 1x por semana+ recomendação de 20 min. diários em casa; * Protocolo Lehrer.	SDNN, LF, pNN50
Nolan et al., 2010.	Hipertensão	65 (28H, 37M); grupo HRV_BFD: 35; grupo controle ativo: 30.	4 sessões semanais, com 1h de duração + 2 sessões com 1 semana de intervalo.	Pressão de pulso, pressão sanguínea (diastólica e sistólica), intervalo RR, sensibilidade barorreflexora durante tarefas cognitivas, HF.
Lin et al., 2012.	Pré-Hipertensão	43; quantidade de homens e mulheres não informada; HRV_BFD, N= 18; grupo respiração abdominal lenta (N=15); grupo CTRL (N=10).	10 sessões, 2x por semana, + recomendação de 20 min diários em casa; * Protocolo Lehrer.	GSR, sensibilidade barorreflexora, respiração, oxigenação sanguínea, pressão arterial sistólica (SBP), pressão arterial diastólica (DBP), HF, LF, VLF, RMSSD, SDNN, pNN50.

Fonte: Os Autores (2013), baseados em: Del Pozo et al. (2009); Nolan et al. (2005; 2010); Lehrer et al. (2004; 2006); Lin et al. (2012); Swanson et al. (2009).

Notas: HRV_BFD: Grupo submetido ao treinamento de biofeedbackcardiovascular; CTRL: grupo-controle.

Os efeitos do biofeedback sobre pacientes com asma mostraram-se promissores nos dois estudos de Lehrer e colaboradores (2004; 2006), com ganhos em termos de redução dos sintomas, diminuição da resistência respiratória e da medicação administrada. Lehrer et al. (2004) observaram que os resultados obtidos com o treinamento completo, ou seja, biofeedback de VFC associado ao treino de respiração, não se diferenciaram daqueles obtidos pelo grupo que praticou apenas o biofeedback de VFC, com aumento da VFC e de LF em ambos os grupos. O grupo-controle não apresentou alterações significativas em nenhuma das variáveis clínicas ou psicofisiológicas. Observou-se também que a idade exerceu influência sobre os resultados, sendo que o efeito sobre as medidas cardiovasculares foi menor nos sujeitos mais velhos (Lehrer et al., 2006).

Em pacientes com doenças coronarianas ou cardíacas, Del Pozo et al. (2004) e Swanson et al. (2009) observaram aumento em SDNN com treino de biofeedback de VFC. Os primeiros autores também observaram aumento das variáveis RMSSD, SDANN e de potência de LF, sugerindo que a mudança na VFC ocorreu em função do aumento da amplitude da arritmia sinusal respiratória. Na segunda pesquisa, o pNN50 também aumentou, porém esse resultado favorável só foi observado em pacientes com alta fração de ejeção ventricular esquerda, sugerindo que pacientes com quadro de insuficiência cardíaca mediana apresentam melhoras na VFC e em indicadores de qualidade de vida, porém pacientes severamente afetados não apresentaram melhoras na VFC com uso da técnica. Um terceiro artigo (Nolan et al., 2005), comparando o biofeedback de VFC com protocolo de gerenciamento do estresse, relatou aumento de (log)HF após a intervenção e em duas tarefas estressoras – ficar em pé (em posição semirreclinada) e na descrição de estressor pessoal – apenas no grupo de biofeedback de VFC. Esse achado não foi observado na tarefa estressora cognitiva, o Teste Auditivo Compassado de Adição Seriada. Ambos os grupos apresentaram melhoras nos sintomas de depressão e estresse.

Essa tendência de (log) HF também foi observada no artigo de Nolan et al. (2010), juntamente com redução na pressão sistólica, o que não ocorreu no

grupo treinado com relaxamento passivo autógeno. Quando o biofeedback de VFC é comparado ao treinamento realizado apenas com respiração abdominal, observa-se que ambas as técnicas reduzem a pressão sanguínea sistólica e diastólica, sendo essa redução mais significativa no primeiro caso (Lin et al., 2012). Essas alterações permaneceram três meses após o treinamento. Nas variáveis da frequência cardíaca, os autores relataram aumento em SDNN, SDNN, na potência total do Espectro de Densidade Potência das frequências, RMSSD, pNN50, VLF, LF, e HF e redução de uma resposta de ativação simpática, a resposta galvânica da pele. Observou-se, ainda, que as alterações são maiores quando o treinamento é realizado na frequência ressonante.

Performance

Quatro artigos utilizaram o biofeedback de VFC como intervenção para melhora no desempenho e estão apresentados na Tabela 5 a seguir. Verificou-se uma média de 16 participantes, sendo que uma das publicações apresentou apenas um sujeito. Os participantes treinaram, em média, entre sete e oito sessões, ao longo de cinco semanas, com duração média aproximada de 24 minutos cada.

Sutarto et al. (2010), conduziram dois estudos acerca dos efeitos sobre o desempenho de mulheres em atividades de trabalho. No primeiro, nove estudantes simularam serem operárias e foram submetidas ao treinamento com biofeedback cardiovascular, enquanto no segundo os sujeitos foram 16 trabalhadoras, operadoras de uma fábrica e, destas, sete pertenciam ao grupo-controle. Apesar de os autores terem utilizado tarefas diferentes em cada estudo, eles verificaram que ambos os grupos treinados obtiveram melhoras cognitivas, especificamente nas tarefas de memória e aritmética, no caso do grupo de simulação, e no Teste de Sternberg e no de D2, no caso do grupo de operárias. Os grupos não apresentaram melhoras na Tarefa de Stroop após o treinamento. Não foram identificadas alterações no desempenho cognitivo do grupo-controle. Foi verificado aumento de LF nos grupos treinados, mas ele não foi estatisticamente significativo para as operadoras.

Tabela 5
 Efeitos do biofeedback cardiovascular; na categoria “Performance”

Autor(es) (ano)	Tipo/ Transtorno	Total de sujeitos (homens, mulheres)	Protocolo	Variáveis Mensuradas
Sutarto et al., 2010.	Melhora no desempenho de operárias	Estudo 1, simulação: 9M; estudo 2, operadoras: 20M	Estudo 1: 6 sessões, 2x por semana; Estudo 2: 5 sessões, 1x por semana.	LF.
Raymond et al., 2005.	Desempenho esportivo, modalidade dança.	24 (12H, 12M);	10 sessões. Duração NI; * Protocolo Lehrer.	Razão entre ondas alfa/teta no grupo <i>neurofeedback</i> ; aprendizagem entre sessões e ao longo das sessões, grupo <i>neurofeedback</i> ; escore indicado pelo software, para o grupo HRV_BFD.
Lagos et al., 2008.	Ansiedade relacionada à competição; modalidade golfe.	1 adolescente do sexo masculino.	10 sessões, 1x por semana; *Protocolo Lehrer.	HRV, LF, HF.
Paul et al., 2012.	Desempenho esportivo; modalidade basquete.	30 (16H, 14M)	10 sessões, diariamente.	Taxa de respiração, HRV total, LF, HF.

Fonte: Os Autores (2013), baseados em: Lagos et al. (2008); Paul, Garg e Sandhu (2012); Raymond et al. (2005); Sutarto et al. (2010).

Notas:HRV_BFD: Grupo submetido ao treinamento de *biofeedback* cardiovascular; CTRL: grupo-controle.

Os outros três estudos foram focados nas seguintes modalidades esportivas: dança (Raymond et al., 2005), golfe (Lagos et al., 2008) e basquete (Paul et al. 2012). Os 24 dançarinos foram agrupados randomicamente a treinarem em *biofeedback* de VFC, *neurofeedback* ou grupo-controle, enquanto os jogadores de basquete foram randomicamente distribuídos entre *biofeedback* de VFC, vídeo motivacional (grupo “placebo”) e grupo-controle. A intervenção de Lagos et al. (2008) foi realizada com 1 único sujeito.

As duas modalidades de *biofeedback* foram eficazes para melhora no desempenho geral dos dançarinos, sem diferenças significativas entre elas, mas com significativa diferença em relação ao grupo-controle. Porém, as modalidades treinadas (com *biofeedback* de VFC e *neurofeedback*) influenciaram o desempenho dos atletas de maneira diferente: ambas as modalidades influenciaram a “execução geral”, sendo que a de *neurofeedback* influenciou mais o desempenho na subescala “tempo” e a de *biofeedback* de VFC, na subescala “técnica”; as subescalas “musicalidade”, “parceria” e “talento” não foram influenciadas pelo treinamento (Raymond et al., 2005).

Os jogadores da modalidade basquete apresentaram melhora na concentração, aumento da variabilidade cardíaca total e da variável LF, e redução na taxa de respiração após o treinamento com *biofeedback* de VFC. Essa melhora permaneceu 1 (um) mês após a intervenção (*follow-up*); não foram encontradas diferenças entre os grupo-placebo e grupo-controle. Apesar de o tempo de resposta de nenhum dos grupos ter se alterado durante ou após a intervenção, os autores verificaram que o tempo de movimentação do grupo de *biofeedback* de VFC diminuiu ao longo do treinamento, enquanto o número de lançamentos à cesta aumentou; ambas as variáveis foram significativamente diferentes em relação ao grupo-placebo e grupo-controle (Paul et al., 2012).

Já o atleta de golfe, que apresentava ansiedade competitiva ao início da intervenção, apresentou redução em quatro de cinco sintomas negativos na Escala POMS, redução na ansiedade cognitiva e somática, medidas pela Escala CSAI-2, e aumento da VFC e das frequências LF e HF ao longo do treinamento. Esses achados foram acompanhados pela melhora no desempenho esportivo, com redução

no escore de golfe de 91 tacadas para 76 (Lagos et al., 2008).

Outros

Nessa categoria foram agrupados dois artigos selecionados para revisão, apresentados na Tabela 6, a seguir, e que não se enquadravam em nenhuma das categorias anteriormente apresentadas. Ebben et al. (2009) investigaram os efeitos de uma única sessão de *biofeedback* de VFC sobre a qualidade do sono, realizada minutos antes do exame de polissonografia, o qual está associado a distúrbios do sono. Os autores observaram melhora na percepção subjetiva de qualidade do sono nos sujeitos do grupo experimental, comparados aos do grupo-controle, com base em uma escala de distúrbios do sono criada pelos próprios autores considerando a eficiência do sono, latência do sono REM, minutos de sono no estágio 1 e o tempo em que os sujeitos permaneciam acordados após o início do sono.

Lehrer et al. (2010) pesquisaram as implicações do treinamento por *biofeedback* cardiovascular em sujeitos com processo inflamatório induzido por lipopolissacarídeo, associado a sintomas como calafrios, febre, dores de cabeça, sensibilidade visual, dores musculares e náusea. Além disso, a inflamação está ligada à redução na atividade do nervo vago, afetando, conseqüentemente, variáveis da VFC. Os autores notaram que não houve dife-

rença nos marcadores biológicos de inflamação entre os grupo experimental e controle durante o período de exposição ao lipopolissacarídeo, porém os primeiros apresentaram redução na dor de cabeça e sensibilidade à luz, medidas por uma escala subjetiva. O monitoramento pós-exposição – até a manhã do dia seguinte à injeção de lipopolissacarídeo – indicou que a redução nas variáveis da VFC foi atenuada no grupo *biofeedback*, especialmente entre 3-4 horas após a exposição. Os autores observaram, ainda, que o treinamento com *biofeedback* produziu nos sujeitos expostos ao processo inflamatório as mesmas alterações na VFC que são observadas em sujeitos saudáveis, especialmente aumento no pico de LF.

Considerações finais

A presente revisão permitiu tecer um panorama das intervenções realizadas com *biofeedback* cardiovascular nos últimos 12 anos. De modo geral, a técnica mostrou-se consistente em proporcionar benefícios aos sujeitos submetidos ao treinamento, com resultados tanto em termos fisiológicos (alterações em variáveis da VFC) quanto comportamentais. As alterações na VFC envolveram principalmente aumento do reflexo barorreceptor durante e pós-treinamento, com destaque para o pico de LF em torno de 0,1Hz, variável que passou a ser usada como indicador de frequência ressonante.

Tabela 6
Efeitos do *biofeedback* cardiovascular, na categoria “Outros”

Autor(es) (ano)	Tipo/ Transtorno	Total de sujeitos (homens, mulheres)	Protocolo	Variáveis Mensuradas
Ebben et al., 2009.	Qualidade do sono, em laboratório, durante exame de polissonografia.	10 (3H, 7M)	1 sessão, com 20 minutos de duração.	Pontos fornecidos pelo software, com base no desempenho em aumentar a VFC.
Lehrer et al., 2010.	Inflamação induzida por endotoxina lipopolissacarídeo.	11; quantidade H/M não informada.	4 sessões de 1h, sendo que as duas primeiras sessões foram na semana antes da exposição induzida ao lipopolissacarídeo, a terceira na tarde anterior à exposição e a última horas antes da exposição; + recomendação de treino diário em casa por 20 min. desde a primeira sessão; * Protocolo Lehrer.	HR, LF, HF, VLF, RMSSD, taxa de respiração, níveis plasmáticos de citocina.

Fonte: Os Autores (2013), baseados em: Ebben et al. (2009); Lehrer et al. (2010).

O procedimento comum em grande parte dos artigos foi o registro da VFC com o participante em repouso, antes de iniciar-se a intervenção, e ao final da aplicação do protocolo (com número variável de sessões entre as abordadas pelos autores). As alterações mais significativas, como aumento em SDNN, pNN50, RMSSD, LF, HF, razão LF/HF, SDANN, foram observadas comparando-se as medidas pré e pós-treinamento, em momentos nos quais os sujeitos não estavam praticando a técnica (em repouso), demonstrando que esta possibilita a manutenção da autorregulação autônoma fora do momento de treinamento. As alterações observadas tenderam a permanecer no *follow-up*, nos artigos que realizaram essa coleta.

O uso do protocolo desenvolvido por Lehrer e sua equipe (2000) foi citado por 42% dos artigos, apontando para uma tendência à padronização dos procedimentos realizados nas intervenções. Esse protocolo estabelece 10 sessões de treinamento com *biofeedback* de variabilidade da frequência cardíaca (VFC) e respiração lenta, durante 20 minutos, com recomendação de treinos diários em casa. Em geral, a revisão apontou para um período médio de intervenção entre sete e 10 sessões, com duração entre 20-60 minutos. A definição do número de sessões, em algumas situações, foi inerente à condição observada, como na investigação dos efeitos sobre a insônia antes do exame de polissonografia ou no estudo de inflamação induzida. Ainda em termos de metodologia, verificaram-se diferenças quanto à variável da VFC a ser observada, sendo que três artigos não mencionaram o registro ou análise dessas variáveis. De modo geral, as variáveis mais observadas no domínio da frequência foram LF, HF e frequência cardíaca, e no domínio do tempo foi SDNN.

Em termos comportamentais, verificou-se que os escores nas escalas de ansiedade e depressão tendem a diminuir, principalmente os sintomas neurovegetativos, mesmo quando esses transtornos aparecem como comorbidade no quadro clínico avaliado. Pacientes com TEPT, dor e fibromialgia também apresentaram resultados positivos, com redução nos escores das respectivas escalas. Alterações cognitivas pré e pós-treinamento foram investigadas em quatro artigos, com inconsistência

na Tarefa de Stroop, em que Sherlin et al. (2009) observaram alterações em todas as variáveis, porém esse achado não foi observado no estudo de Sutarto et al. (2010). O desempenho na tarefa de aritmética também foi inconsistente, sendo que esse último autor encontrou variações significativas, porém Paul et al., (2012) não observaram alterações nos participantes. Resultados controversos também foram encontrados nos estudos de estresse, nos quais não foi possível demonstrar a generalização dos efeitos do treinamento para diferentes tarefas estressoras (Goodie et al., 2001) e nem diferença significativa entre o grupo-controle e o grupo experimental (McCraty et al., 2009). Nesse último caso, o resultado foi atribuído a problemas metodológicos.

A razão LF/HF foi investigada em cinco artigos, sendo que 1 (um) deles observou aumento (McCraty et al., 2009), dois observaram redução (Slutsker et al., 2010; Sowder et al., 2010), e dois não observaram alterações significativas (Hallman et al., 2011; Siepman et al., 2008). A distribuição da potência de LF e HF em unidades normalizadas (razão LF/HF) está relacionada a alterações na modulação autônoma cardiovascular e a razão aumenta quando uma pessoa está na posição inclinada em comparação com a posição relaxada (supino), (teste *Tilt*) sugerindo que a redução na razão LF/HF está ligada ao aumento do tônus parassimpático (Task Force, 1996).

Os achados apresentados nessa revisão apontam para resultados positivos, de modo geral, após a intervenção, levando ao restabelecimento e manutenção do equilíbrio autônomo e refletindo em alterações comportamentais e sintomáticas, mas salientam também a necessidade de maior padronização dos protocolos e medidas para se identificarem especificidades quanto ao uso da técnica e eficácia da intervenção, especialmente no que se refere ao desempenho cognitivo.

Referências

- Achten, J. & Jeukendrup, A. E. (2003). Heart rate monitoring: applications and limitations. *Sports Medicine*, 33(7), 517-538.

- Acharya, U. R., Joseph, K. P., Kannathal, N., Lim, C. M. & Suri, J. S. (2006). Heart rate variability: a review. *Medical & Biological Engineering & Computing*, 44, 1031-1051.
- Chalaye, P., Goffaux, P., Lafrenaye, S. & Marchand, M. (2009). Respiratory Effects on Experimental Heat Pain and Cardiac Activity. *American Academy of Pain Medicine*, 10(8), 1334-1340.
- Coghi, M. F.; Coghi, J. F. F. e Coghi, P. F., 2012, CardioEmotion® [Software de Computador]. São Paulo, SP: Neuropsicotronics Ltda. Retirado de <http://www.cardioemotion.com.br>
- Del Pozo, J. M., Gevirtz, R. N., Scher, B. & Guarneri, E. (2004). Biofeedback treatment increases heart variability in patients with coronary arterial disease. *American Heart Journal*, 147(3), G1-G8.
- Ebben, M. R., Kurbatov, V. & Pollak, C. P. (2009). Moderating Laboratory Adaptation with the Use of a Heart-rate Variability Biofeedback Device. *Appl. Psychophysiology Biofeedback*, 34, 245-249.
- Ginsberg, J. P., Berry, M. E. & Powell, D. A. (2010). Cardiac coherence and Posttraumatic Stress Disorder in Combative Veterans. *Alternative Therapies*, 16(4), 52-60.
- Goodie, J. L. & Larkin, K. T. (2001). Changes in Hemodynamic Response to Mental Stress With Heart Rate Feedback Training. *Applied Psychophysiology and Biofeedback*, 26(4), 293-309.
- Guyton, A. C., & Hall, J. E. (2011). *Tratado de Fisiologia Médica* (12. ed.). Rio de Janeiro: Elsevier.
- Hallman, D. M., Olsson, E. M. G., Von Schéele, B., Melin, L. & Lyskov, E. (2011). Effects of Heart Rate Variability Biofeedback in Subjects with Stress-related Chronic Neck Pain: a Pilot study. *Applied Psychophysiology and Biofeedback*, 36(2), 71-80.
- Hassett, A. L., Radvanski, D. C., Vaschillo, E. G., Vaschillo, B., Sigal, L. H., Karavidas, M. K., et al. (2007). A pilot study of the efficacy of heart rate variability (HRV) biofeedback in patients with fibromyalgia. *Applied Psychophysiology Biofeedback*, 32(1), 1-10.
- Karavidas, M. K., Lehrer, P. M., Vaschillo, E., Vaschillo, B., Marin, H., Buyske, S., et al. (2007). Preliminary results of an open label study of heart rate variability biofeedback for the treatment of major depression. *Applied Psychophysiol. Biofeedback*, 32(1), 19-30.
- Kawaguchi, L. Y. A., Nascimento, A. C. P., Lima, M. S., Frigo, L., De Paula Jr., A. R., Tierra-Criollo, C. J., et al. (2007). Caracterização da variabilidade da frequência cardíaca e sensibilidade do barorreflexo em indivíduos sedentários e atletas do sexo masculino. *Revista Brasileira Medicina Esporte*, 13(4), 231-236.
- Lagos, L., Vaschillo, E., Vaschillo, B., Lehrer, P., Bates, M. & Pandina, P. (2008). Heart Rate Variability Biofeedback as a Strategy for Dealing with Competitive Anxiety: A Case Study. *Biofeedback*, 36(3), 109-115.
- Lehrer, P. M. (2007). Biofeedback training to increase heart rate variability. In P. M. Leher, R. L. Woolfolk & W. E. Sime (Eds.), *Priciples and practice of stress management* (3th. ed., pp. 227-248). New York: Guilford Press.
- Lehrer, P. M., Karavidas, M. K., Lu, S.-E., Coyle, S. M., Oikawa, L. O., MacOr, M., et al. (2010). Voluntarily produced increases in heart rate variability modulate autonomic effects of endotoxin induced systemic inflammation. *Applied Psychophysiology Biofeedback*, 35, 303-315.
- Lehrer, P. M., Vaschillo, E., Lu, S.-E., Eckberg, D., Vaschillo, B., Scardella, A., et al. (2006). Heart rate variability biofeedback: effects of age on heart rate variability, baroreflex gain, and asthma. *Chest*, 129(2), 278-284.
- Lehrer, P. M., Vaschillo, E. & Vaschillo, B. (2000). Resonant frequency biofeedback training to increase cardiac variability: rationale and manual for training. *Applied Psychophysiology Biofeedback*, 25(3), 177-191.
- Lehrer, P. M., Vaschillo, E., Vaschillo, B., Lu, S.-E., Eckberg, D. L., Edelberg, R. et al. (2003). Heart Rate Variability Biofeedback Increases Baroreflex Gain and Peak Expiratory Flow. *Psychosomatic Medicine*, 65, 796-805.
- Lehrer, P. M., Vaschillo, E., Vaschillo, B., Lu, S.-E., Scardella, A., Siddique, M., et al. (2004). Biofeedback Treatment for Asthma. *Chest*, 126, 352-361.
- Lin, G., Xiang, Q., Fu, X., Wang, S., Wang, S., Chen, S., et al. (2012). Heart Rate Variability Biofeedback Decreases Blood Pressure in Prehypertensive Subjects by Improving Autonomic Function and Baroreflex. *The Journal of Alternative and Complementary Medicine*, 18(2), 143-152.

- McCraty, R., Atkinson, M., Lipsenthal, L. & Arguelles, L. (2009). New Hope for Correctional Officers: An Innovative Program for Reducing Stress and Health Risks. *Applied Psychophysiology Biofeedback*, 34(4), 251-272.
- Moss, D. (2008). Special issue: the psychophysiology of respiration and the effects of breath training. *Biofeedback*, 36(2), 43-44.
- Nolan, R. P., Floras, J. S., Harvey, P. J., Kamath, M. V., Picton, P. E., Chessex, C., et al. (2010). Behavioral Neurocardiac Training in Hypertension: A Randomized, Controlled Trial. *Hypertension*, 55, 1033-1039.
- Nolan, R. P., Jong, P., Barry-Bianchi, S. M., Tanaka, T. H., & Floras, J. S. (2008). Effects of drug, behavioral and exercise therapies on heart rate variability in coronary artery disease: a systematic review. *European Journal Cardiovascular Prevention and Rehabilitation*, 15(4), 386-396.
- Nolan, R. P., Kamath, M. V., Floras, J. S., Stanley, J., Pang, C., Picton, P., et al. (2005). Heart rate variability biofeedback as a behavioral neurocardiac intervention to enhance vagal heart rate control. *American Heart Journal*, 149(6), 1137.
- Paul, M., Garg, K. & Sandhu, J. S. (2012). Role of Biofeedback in Optimizing Psychomotor Performance in Sports. *Asian Journal of Sports Medicine*, 3(1), 29-40.
- Pop-Jordanova, N. (2009a). Biofeedback application for somatoform disorders and attention deficit hyperactivity disorder (ADHD) in children. *International Journal of Medicine and Medical Sciences*, 1(2), 17-22.
- Pop-Jordanova, N. (2009b). Heart Rate Variability in the Assessment and Biofeedback Training of Common Mental Health Problems in Children. *Medical Archives*, 63(5), 248-252.
- Raymond, J., Sajid, I., Parkinson, L. A. & Gruzelier, J. H. (2005). Biofeedback and Dance Performance: A Preliminary Investigation. *Applied Psychophysiology and Biofeedback*, 30(1), 65-73.
- Reiner, R. (2008). Integrating a portable biofeedback device into clinical practice for patients with anxiety disorders: results of a pilot study. *Applied Psychophysiology Biofeedback*, 33(1), 55-61.
- Reis A. F., Bastos B. G., Mesquita Romeo L. J. M. & Nóbrega, C. L. (1998). Disfunção parassimpática, variabilidade da frequência cardíaca e estimulação colinérgicas após infarto agudo do miocárdio. *Arquivos Brasileiros Cardiologia*, 70(3), 193-199.
- Reyes del Paso, G. A., & González, M. A. (2004). Modification of Baroreceptor Cardiac Reflex Function by Biofeedback. *Applied Psychophysiology and Biofeedback*, 29(3), 197-211.
- Sherlin, L., Gevirtz, R., Wyckoff, S. & Muench, F. (2009). Effects of Respiratory Sinus Arrhythmia Biofeedback Versus Passive Biofeedback Control. *International Journal of Stress Management*, 16(3), 233-248.
- Siepmann, M., Aykac, V., Unterdorfer, J., Petrowski, K. & Mueck-Weymann, M. (2008). A pilot study on the effects of heart rate variability biofeedback in patients with depression and in healthy subjects. *Applied Psychophysiology Biofeedback*, 33(4), 195-201.
- Slutsker, B., Konichezky, A. & Gothelf, D. (2010). Breaking the cycle: Cognitive behavioral therapy and biofeedback training in a case of cyclic vomiting syndrome. *Psychology, Health & Medicine*, 15(6), 625-631.
- Sowden, G. L. & Huffman, J. C. (2009). The impact of mental illness on cardiac outcomes: a review for the cardiologist. *International Journal Cardiology*, 132(1), 30-37.
- Sowder, E., Gevirtz, R., Shapiro, W. & Ebert, C. (2010). Restoration of Vagal Tone: A Possible Mechanism for Functional Abdominal Pain. *Applied Psychophysiology Biofeedback*, 35(3), 199-206.
- Stein, P. K., Carney, R. M., Freedland, K. E., Skala, J. A., Jaffe, A. S., Kleiger, R. E., et al. (2000). Severe depression is associated with markedly reduced heart rate variability in patients with stable coronary heart disease. *Journal of Psychosomatic Research*, 48(4-5), 493-500.
- Sutarto, A. P., Wahab, M. N. A. & Zin, N. M. (2010). Heart Rate Variability (HRV) biofeedback: A new training approach for operator's performance enhancement. *Journal of Industrial Engineering and Management*, 3(1), 176-198.
- Sved, A. F. (1999). Cardiovascular System. In M. J. Zigmond (Ed.), *Fundamental Neuroscience* (pp. 1051-1061). San Diego: Academic Press.
- Swanson, K. S., Gevirtz, R. N., Brown, M., Spira, J., Guarneri, E. & Stoletniy, L. (2009). The effect

- of biofeedback on function in patients with heart failure. *Applied Psychophysiology Biofeedback*, 34(2), 71-91.
- Tan, G., Dao, T. K., Farmer, L. F., Sutherland, R. J., & Gevirtz, R. (2011). Heart Rate Variability (HRV) and Posttraumatic Stress Disorder (PTSD): A Pilot Study. *Applied Psychophysiology Biofeedback*, 36, pp. 27-35.
- Tarvainen, M. P., & Niskanen, J. P. (2008). Kubios HRV Version 2.0 User's Guide. *Department of Physics, University of Kuopio, Kuopio, Finland*.
- Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology (1996). Heart rate variability: standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use. *European Heart Journal*, 17(3), 354-381.
- US National Library of Medicine National Institutes of Health. *Pubmed [cientific database]*. Bethesda: US National Library of Medicine National Institutes of Health. Retirado de <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/>>.
- Vaschillo, E. G., Vaschillo, B. & Lehrer, P. M. (2006). Characteristics of Resonance in Heart Rate Variability Stimulated by Biofeedback. *Applied Psychophysiology and Biofeedback*, 31(2), 129-142.
- Vanderlei, L. C. M., Pastre, C. M., Hoshi, R. A., Carvalho, T. D., & Godoy, M. F. (2009). Noções básicas de variabilidade da frequência cardíaca e sua aplicabilidade clínica. *Revista Brasileira de Cirurgia Cardiovasc.*, 24(2), 205-217.
- Zucker, T. L., Samuelson, K. W., Muench, F., Greenberg, M. A., & Gevirtz, R. N. (2009). The effects of respiratory sinus arrhythmia biofeedback on heart rate variability and posttraumatic stress disorder symptoms: a pilot study. *Applied Psychophysiology Biofeedback*, 34(2), 135-143.

Recebido em: 9 de julho de 2013
Aprovado em: 23 de fevereiro de 2014