


Programa de Pós-graduação em Fisioterapia

Laís Manata Vanzella




**Impacto do treinamento aeróbio intervalado periodizado sobre a
modulação autonômica cardíaca e variáveis cardiovasculares
em portadores de Síndrome Metabólica**

Presidente Prudente

2017

Programa de Pós-graduação em Fisioterapia

Laís Manata Vanzella



Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências e Tecnologia - FCT/UNESP, campus de Presidente Prudente, para obtenção do título de Mestre no Programa de Pós - Graduação em Fisioterapia.

Orientador: Prof. Dr. Luiz Carlos Marques Vanderlei

Presidente Prudente

2017

FICHA CATALOGRÁFICA

V384i Vanzella, Laís Manata.
Impacto do treinamento aeróbio intervalado periodizado sobre a modulação autonômica cardíaca e variáveis cardiovasculares em portadores de Síndrome Metabólica / Laís Manata Vanzella. - Presidente Prudente : [s.n.], 2017
81 f.

Orientador: Luiz Carlos Marques Vanderlei
Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia
Inclui bibliografia

1. Síndrome metabólica. 2. Sistema nervoso autônomo. 3. Exercício. I. Vanderlei, Luiz Carlos Marques. II. Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Ciências e Tecnologia. III. Título.

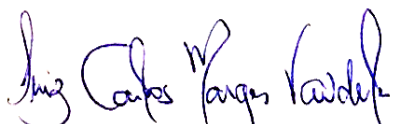
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: IMPACTO DO TREINAMENTO AERÓBIO INTERVALADO PERIODIZADO SOBRE A MODULAÇÃO AUTONÔMICA CARDÍACA E VARIÁVEIS CARDIOVASCULARES EM PORTADORES DE SÍNDROME METABÓLICA

AUTORA: LAÍS MANATA VANZELLA

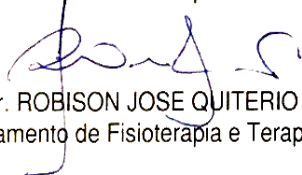
ORIENTADOR: LUIZ CARLOS MARQUES VANDERLEI

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em FISIOTERAPIA, área: Avaliação e Intervenção em Fisioterapia pela Comissão Examinadora:



Prof. Dr. LUIZ CARLOS MARQUES VANDERLEI

Departamento de Fisioterapia / Faculdade de Ciências e Tecnologia, UNESP/Presidente Prudente



Prof. Dr. ROBISON JOSE QUITERIO

Departamento de Fisioterapia e Terapia Ocupacional / Faculdade de Filosofia e Ciências de Marília - SP



Profa. Dra. ANA CLARA CAMPAGNOLO REAL GONCALVES

UNOESTE / Universidade do Oeste Paulista

Presidente Prudente, 20 de julho de 2017

Dedicatória

*Dedico esta dissertação àqueles que sempre me amaram, apoiaram e
incentivaram o meu crescimento, minha FAMÍLIA...*

Agradecimientos

Dou início aos meus agradecimentos, dando graças a Deus. Por AMAR a mim e ao mundo, por permitir que eu chegasse até aqui, por cuidar de cada detalhe da minha vida, por ser meu guia, por nunca me abandonar. Obrigada Senhor, por me mostrar a cada dia o quão maravilhoso Tu és e por me mostrar quão bom é andar ao seu lado. Obrigada pela minha vida, e pela vida de cada uma das pessoas no qual eu citarei nestes agradecimentos, foi muita bondade colocar cada um deles no meu caminho. A Ti toda a honra e toda a glória.

Luiz Carlos, meu professor e orientador. Obrigada por apostar em mim lá no primeiro ano de faculdade, quando eu era um “bicho do mato”. Obrigada por ser luz, por ser mestre, por ser exemplo. Obrigada pela oportunidade, por ser tão acessível, por compartilhar com tanta boa vontade todo seu conhecimento. Obrigada professor, pela confiança, pelos conselhos, pela paciência, e pelo convívio diário. Sou muito grata por conviver com alguém tão exemplo de vida. Muito obrigada chefe!

Família, obrigada! Pai e mãe, vocês foram essenciais em toda essa caminhada. Obrigada por confiarem em mim, pelo amor, dedicação e carinho de vocês por mim, por me ensinarem o caminho do bem, por desejarem um futuro bom pra mim, por me ensinarem a ter objetivo, e que só conseguimos alcançá-los se houver esforço e dedicação. Agradeço ainda, e principalmente, pela vida de vocês, por vocês serem pessoas tão honestas, que batalharam a vida toda com dignidade e caráter. Obrigada pelo exemplo diário que vocês são pra mim. Obrigada pai e mãe, por tudo, eu devo tudo a vocês. Amo muito vocês.

Lara, minha lindinha, minha irmã que eu tanto desejei, e que está sempre do meu lado para tudo, mesmo longe. Falo sempre que ela veio sob encomenda, dedicada, esforçada, estudiosa, inteligente, engraçada, carinhosa e amável. Me pergunto todos os dias como com tão pouca idade ela consegue muitas vezes ser mais adulta que eu rs. Obrigada Lara, pelo amor e carinho, e por me orgulhar tanto a cada dia. Pode ter certeza que minha vida ficou muito melhor depois que você chegou.

Amor, obrigada por todos estes anos de convivência, por estar ao meu lado em todos os momentos. Obrigada pelo amor, carinho, respeito e dedicação a mim, e haja dedicação né? Obrigada pela convivência, pela paciência, por entender e abraçar meus sonhos, e sonhar junto comigo. Você foi uma peça

fundamental pra que eu chegasse até aqui, e tornou meus dias aqui em Presidente Prudente muito mais felizes. Obrigada! Amo você!

Adelaine (Deca), Luiz Fernando (Nando) e Carlos Eduardo (Cadu), não posso deixar de agradecer a vocês. Obrigada por me incluírem de maneira tão linda na família de vocês, por fazerem com que eu sentisse tão amada e feliz por ter encontrado pessoas tão abençoadas. Obrigada por toda a ajuda e por se fazerem, mesmo longe, ainda tão presentes na minha vida. Vocês são muito, muito especiais pra mim, e estão sempre no meu coração.

Flávia, minha amiga que a faculdade me deu. Obrigada por ser essa pessoa tão incrível e iluminada, que está sempre torcendo pelo meu sucesso e que eu sei que posso contar. Obrigada por me mostrar todos os dias o quão amiga você é, por se fazer tão presente no meu dia a dia e por tudo que já compartilhamos juntas. Amo você!

Obrigada a todos os integrantes do Laboratório de Fisiologia do Estresse, Rayana, Carol, Mayara, Felipe, Romy, Dayane, Beatriz, Ana Laura e Luana, Mileide pela convivência diária e troca de conhecimento. À Ana Clara, por todo apoio, oportunidade, aprendizado e confiança. Você é muito especial. Agradeço ainda aos alunos da graduação, por todo o apoio, em especial a aqueles no qual eu ajudo na orientação, Vitor e Denise. Vocês contribuíram muito para o meu crescimento ao longo deste tempo e me fizeram ter uma experiência incrível. Obrigada pela dedicação e empenho de vocês, vocês são muito especiais para mim!! Maria Júlia e Lorena, também não posso não citar vocês!! Companheiras de coleta e pessoas tão especiais.

Agradeço ainda a minha parzinha, Isabela. Sei que no início foi difícil, mas acredito que fizemos uma bela dupla. Por ironia do destino a vida fez com que nos encontrássemos, e não foi por acaso, foi sim, da maneira com que aconteceu, para que ambas contribuíssemos à vida da outra com aquilo que tínhamos a oferecer, e esta troca foi muito importante mim. Muito obrigada pela amizade! Você, o Matheus e o Fabinho estão sempre no meu coração.

Anne, aquela amiga que por sorte está no computador ao lado. Aquela durona que de durona não tem nada. Obrigada por ser tão querida e especial, por ser minha amiga, por ouvir tudo que eu penso porque eu não sei pensar baixo rs, por me ajudar em tudo que preciso, por ser tão disponível. Obrigada por permitir que nossa convivência exceda os limites do laboratório, por

contribuir tanto pro meu crescimento profissional e pessoal e por ser minha AMIGA de todas as horas. Amo você!!

Guilherme, Ivan e Bruno, obrigada por todo apoio de sempre. Meu eterno grupo de estágio, meus irmãos. Sou muito grata por ter vocês na minha vida. Muito obrigada !!

Agradeço ainda, aos integrantes do Laboratório de Fisioterapia Desportiva (LAFIDE). Em especial ao Jaime Netto, por todas as oportunidades e por permitir que meu mestrado fosse realizado em parceria com o LAFIDE. Aos alunos da graduação que estavam conosco, firmes e fortes durante a realização das coletas. E aos meus queridos, Stephanie, Rodolfo, Carlos e Paulinha, por me acolherem, por todo o aprendizado na organização das coletas e por tornarem as noites no CEAFIR muito mais animadas e felizes. Conseguimos, juntos!! Steh, não dá pra não falar de você de maneira especial né? De companheira de coleta a amiga! Obrigada por torcer por mim, por estar sempre presente, e por ser tão especial em toda essa trajetória.

Agradeço também àqueles do meu convívio diário Alessandra, Dayane, Lara Coelho, Andressa Cacefo, Rodolfo, Carlos, Andressa Muchiutti, Danielli, Alan, Bruna, Zeca, e especialmente a Lara Netto e a Lorena, pela ajuda, paciência, incentivo, compreensão, pelo acolhimento, e por todo o carinho de vocês por mim !! Muito obrigada.

Obrigada ainda a banca avaliadora tanto do exame geral de qualificação como desta defesa pública de mestrado: Ana Clara, Diego e Robison, primeiramente pela disponibilidade de aceitarem o convite, e pelas contribuições dadas, que certamente foram muito importantes para a finalização deste trabalho.

Por fim, agradeço aos voluntários participantes deste projeto!! Vocês foram sensacionais. Sem a disponibilidade de vocês nada seria possível!! Muito obrigada por tudo !!

Hoje mais um ciclo se encerra, para que um novo se inicie!

Gratidão!

Epigrafe

“Se consegui ver mais longe é porque estava aos ombros de gigantes”.

(Isaac Newton)

Sumário

Sumário

1. Apresentação	14
2. Resumo	17
3. Abstract	19
4. Introdução	21
a. Artigo 1	27
b. Artigo 2	51
5. Conclusões.....	74
6. Referências	76

Apresentação

Este é um modelo alternativo de dissertação e contempla a pesquisa intitulada: **Impacto do treinamento aeróbio intervalado periodizado sobre a modulação autonômica cardíaca e variáveis cardiovasculares em portadores de Síndrome Metabólica**, realizada no Laboratório de Fisiologia do Estresse da Faculdade de Ciências e Tecnologia – FCT/UNESP.

Em concordância com as normas do modelo alternativo do Programa de Pós-Graduação em Fisioterapia da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, a presente dissertação está dividida da seguinte forma:

- Introdução, contendo a contextualização do tema pesquisado;
- Artigo I: Vanzella LM e Vanderlei LCM. Efeitos de uma nova abordagem de treinamento aeróbio na modulação autonômica cardíaca e parâmetros cardiovasculares de indivíduos com síndrome metabólica. Que será submetido para análise ao periódico: *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation* (normas para submissão no site: <http://edmgr.ovid.com/ajpmr/accounts/ifauth.htm>).
- Artigo II: Vanzella LM e Vanderlei LCM. Índices geométricos da variabilidade da frequência cardíaca são modificados após treinamento aeróbio intervalado periodizado em indivíduos com síndrome metabólica? Que será submetido para análise ao periódico: *Clinical Physiology and Functional Imaging* (normas para submissão no site: [http://onlinelibrary.wiley.com/journal/10.1111/\(ISSN\)1475-097X/homepage/ForAuthors.html](http://onlinelibrary.wiley.com/journal/10.1111/(ISSN)1475-097X/homepage/ForAuthors.html))
- Conclusões, obtidas por meio da pesquisa realizada; e
- Referências, no formato recomendado pelo Comitê Internacional de Editores de Jornais Médicos (ICMJE – *Internacional Committe of Medical Journal Editours*), para apresentação das fontes utilizadas na redação da introdução.

Ressalta-se que os artigos estão formatados e apresentados conforme as normas para apresentação da dissertação, porém serão submetidos de acordo com as normas de cada periódico.

Resumo

INTRODUÇÃO: Alterações na modulação autonômica e em parâmetros cardiovasculares podem estar presentes na síndrome metabólica (SM), sugerindo um mal funcionamento fisiológico e alto índice de morbi-mortalidade desta população. Nesse contexto, é de fundamental importância a escolha de tratamentos eficazes que possam amenizar esse quadro. **OBJETIVO:** Avaliar os efeitos do treinamento aeróbio intervalado (TAI) periodizado sobre a modulação autonômica cardíaca e parâmetros cardiovasculares de indivíduos com SM. **MÉTODOS:** Para a realização do presente estudo foram recrutados 52 indivíduos com diagnóstico de SM, os quais foram alocados em dois grupos: TAI (GTAI; n = 26) e controle (GC; n = 26). O grupo GTAI foi submetido a um programa de TAI periodizado, durante 16 semanas. Para avaliação da modulação autonômica e parâmetros cardiovasculares foram mensurados, em ambos os grupos no início e ao final do treinamento, índices de variabilidade da frequência cardíaca (VFC), pressão arterial (PA) e frequência cardíaca (FC). Para a avaliação dos efeitos do TAI sobre as variáveis analisadas foi realizada a análise de Covariância (ANCOVA), que comparou a diferença das médias entre os grupos GTAI e GC ajustando-se por sexo, idade e hipertensão (controlada ou não). **RESULTADOS:** Aumento significativos nos índices rMSSD ($6,15 \pm 2,10$ vs. $-0,18 \pm 2,14$), LFms² ($419,84 \pm 123,53$ vs. $-7,08 \pm 126,11$), SDNN ($8,55 \pm 2,63$ vs. $-1,51 \pm 1,68$), RRTRI ($-1,25 \pm 0,58$ vs. $1,41 \pm 0,57$), SD1 ($-0,13 \pm 1,52$ vs. $4,34 \pm 1,49$) e SD2 ($-2,14 \pm 3,59$ vs. $11,23 \pm 3,52$) foram observados no grupo GTAI e a análise qualitativa do *plot* de Poincaré mostrou aumento na dispersão dos intervalos RR tanto a curto quanto a longo prazo nesse grupo em comparação ao GC após a intervenção. Não foram observadas diferenças estatisticamente significantes entre os grupos para os índices lineares de VFC no domínio da frequência [LFun ($5,74 \pm 3,29$ vs. $-1,67 \pm 3,36$), HFun ($-5,72 \pm 3,27$ vs. $1,66 \pm 3,34$) e relação LF/HF ($0,58 \pm 0,63$ vs. $-0,109 \pm 0,64$)], assim como nos parâmetros cardiovasculares PAS, PAD e FC e nos índices geométricos TINN ($-4,05 \pm 17,38$ vs. $25,52 \pm 17,03$) e relação SD1/SD2 ($0,03 \pm 0,02$ vs. $0,00 \pm 0,02$). **CONCLUSÃO:** Pode-se concluir que 16 semanas de TAI foi capaz de promover efeitos benéficos da modulação autonômica de indivíduos com SM, caracterizada por aumento da modulação parassimpática e simpática e da variabilidade global. Alterações nos parâmetros cardiovasculares não foram evidenciadas com a realização do TAI.

Palavras-chave: Sistema nervoso autônomo; síndrome metabólica; síndrome x; exercício.

Abstract

Impact of periodized aerobic interval training on cardiac autonomic modulation and cardiovascular parameters of metabolic syndrome individuals

INTRODUCTION: Alterations in autonomic modulation and cardiovascular parameters can be present in metabolic syndrome (Mets), suggesting a physiological malfunction and high level of morbimortality of this population. In this context, the choose of effective treatment it's of fundamental importance. **OBJECTIVE:** Evaluate the effect of a periodized aerobic interval training (AIT) on cardiac autonomic modulation and cardiovascular parameters of subjects with Mets. **METHODS:** To the realization of the study was recruited 52 individuals with diagnosis of Mets, that were allocated into two groups: AIT (AITG; n = 26) and control (CG; n = 26). The AITG group was submitted to a periodized AIT program, during 16 weeks. To evaluation of autonomic modulation and cardiovascular parameters were measured, in both groups at the beginning and at the end of the training, heart rate variability (HRV) indexes, blood pressure (BP) and heart rate (HR). To evaluate the effects of AIT on the variables analyzed, were realized the analysis of covariance (ANCOVA), that compared the differences of the average between the groups AITG and CG adjusting by sex, age and hypertension (controlled or not). **RESULTS:** Significant increase in the indexes rMSSD ($6,15 \pm 2,10$ vs. $-0,18 \pm 2,14$), LFms² ($419,84 \pm 123,53$ vs. $-7,08 \pm 126,11$), SDNN ($8,55 \pm 2,63$ vs. $-1,51 \pm 1,68$), RRTRI ($-1,25 \pm 0,58$ vs. $1,41 \pm 0,57$), SD1 ($-0,13 \pm 1,52$ vs. $4,34 \pm 1,49$) and SD2 ($-2,14 \pm 3,59$ vs. $11,23 \pm 3,52$) were observed in AITG group, and the qualitative analyze of Poincaré plot show an increase in RR intervals dispersion, as short as long term in this group compare to CG after the intervention. Was not observed statistically significant differences between the groups to linear indexes of HRV in frequency domain [LFun ($5,74 \pm 3,29$ vs. $-1,67 \pm 3,36$), HFun ($-5,72 \pm 3,27$ vs. $1,66 \pm 3,34$) and LF/HF ratio ($0,58 \pm 0,63$ vs. $-0,109 \pm 0,64$)] as in cardiovascular parameters SBP, DBP and HR and in geometric indexes TINN ($-4,05 \pm 17,38$ vs. $25,52 \pm 17,03$) and SD1/SD2 ratio ($0,03 \pm 0,02$ vs. $0,00 \pm 0,02$). **CONCLUSION:** We can conclude that 16 weeks of AIT was able to promote benefits effects on autonomic modulation of subjects with Mets, characterized by increase in parasympathetic and sympathetic modulation and in global variability. Cardiovascular parameters alterations were not evidenced with the AIT realization.

Key-words: Autonomic nervous system; metabolic syndrome; syndrome x; exercise.

A síndrome metabólica (SM) é um transtorno complexo representado por um conjunto de fatores de risco cardiovasculares, usualmente relacionados à deposição central de gordura e à resistência a insulina¹, que tem ganhado crescente interesse na literatura^{2,3,4}. A SM possui alta prevalência ao redor do mundo, estando presente em cerca de 23,7% da população americana, 30% da população europeia⁵, 27,4% dos indivíduos do norte da china⁶ e 29,6% de indivíduos brasileiros⁷.

Inúmeras são as definições que caracterizam portadores de SM estando dentre elas as estabelecidas pela NCEP/ATP III (National Cholesterol Education Program Adult Treatment Panel III)⁸, IDF (International Diabetes Federation)⁹ e OMS (Organização Mundial da Saúde)¹⁰. Dentre estas, a IDF tem se destacado como a melhor maneira de classificar indivíduos sul americano, segundo estudo realizado por Albert e colaboradores⁹ contendo várias associações internacionais que realizam consenso sobre SM.

Segundo os critérios da IDF são caracterizados como portadores da SM indivíduos que apresentarem pelo menos três dos seguintes fatores: glicose ≥ 100 mg/dL ou tratamento para hiperglicemia; HDL-colesterol menor que 40 mg/dL para homens e menor que 50 mg/dL em mulheres ou tratamento para HDL baixo em ambos os sexos; Triglicérides ≥ 150 mg/dL ou tratamento para triglicérides elevado; Obesidade: circunferência da cintura ≥ 90 cm para homens ou ≥ 80 cm para mulheres; Hipertensão: pressão arterial $\geq 130 \times 85$ mmHg ou tratamento medicamentoso para HAS⁹.

A presença desses fatores promovem inúmeras alterações no organismo como: aumento dos níveis de substâncias pró-inflamatórias, desenvolvimento de estados de resistência insulínica, disfunções endoteliais, estados de hipercoagulação e alterações hormonais¹¹. Além disso, são também considerados

fatores de risco para doenças cardiovasculares e diabetes *mellitus* tipo 2¹², sendo evidenciado que portadores da SM possuem maior suscetibilidade a apresentar problemas cardíacos e disfunções de contratilidade¹³.

São encontradas também na presença dos componentes da SM, alterações na modulação autonômica cardíaca¹⁴, sendo apontada uma relação inversamente proporcional entre os componentes da SM e os valores dos índices de variabilidade da frequência cardíaca (VFC)¹⁵, uma técnica não invasiva que avalia a modulação autonômica por meio da análise da variação entre batimentos cardíacos consecutivos (intervalos RR)¹⁶.

A análise da VFC pode ser realizada por meio de diversos métodos, no qual se inclui os lineares, nos domínios do tempo e da frequência¹⁶, e os métodos geométricos, que fornecem o índice triangular (RRtri), a interpolação triangular de histograma de intervalos NN (TINN) e o *plot* de Poincaré¹⁷⁻¹⁹. Este último, tem se destacado por ser considerado por muitos autores como uma forma não linear de análise da VFC²⁰, o que possibilita um melhor entendimento da natureza de sistemas complexos e dinâmicos que ocorrem no corpo humano em condições saudáveis e patológicas²¹, fornecendo informações complementares a respeito da modulação autonômica dos indivíduos avaliados²².

Na presença da SM, são encontrados por meio da VFC redução da modulação vagal e global do SNA e uma maior atuação simpática¹⁴, o que sugere um mal funcionamento fisiológico e maior risco de eventos cardiovasculares²³, tornando ainda pior o prognóstico desta população.

No contexto acima descrito, é de fundamental importância a escolha de tratamentos eficazes que possam reduzir o alto índice de morbi-mortalidade de indivíduos com SM. Neste sentido, a prática regular de atividade física tem se

destacado^{24,25}, por promover diversas adaptações metabólicas, cardiovasculares e autonômicas e efeitos benéficos relacionados aos diversos fatores de risco que compõem a SM^{1,25,26}.

Efeitos benéficos do treinamento aeróbio²⁷⁻³³, resistido³⁴⁻³⁷ ou combinado^{28,33,34} em indivíduos com SM foram descritos da literatura. Além dos diferentes treinamentos acima descritos estudos apontam ainda que o treinamento intervalado do tipo aeróbio promove aumento da capacidade aeróbia e redução da pressão arterial sistólica e diastólica nestes indivíduos³². Segundo Gibala e cols. este tipo de treinamento é mais eficiente em induzir rápidas adaptações musculares e na performance quando comparado a treinamentos contínuos³⁸.

Além disto, o treinamento aeróbio intervalado (TAI) é de fácil aplicabilidade, tanto na prática clínica como experimentalmente, sendo descrito efeitos positivos relacionados à função cardiorrespiratória^{39,40} e muscular⁴¹, o que levaram pesquisadores a considerar a aplicação desse tipo de treinamento no campo das doenças cardiovasculares⁴¹. Ainda, a literatura aponta alterações positivas no balanço simpato-vagal com aumento da atuação parassimpática em indivíduos saudáveis submetidos ao TAI^{42,43}. Já em indivíduos com SM, estudos que avaliam esses efeitos não são de nosso conhecimento.

Apesar de promover diversas adaptações positivas em indivíduos em condição saudável e patológica, estudos que realizaram modelos de TAI periodizados e sistematizados, o qual apresenta fases adaptativas, cargas progressivas e semanas de descanso, que otimizam a performance e os ganhos promovidos pelo treinamento são desconhecidos na literatura para pacientes com SM. Os modelos de treinamento periodizados foram criados na década de 60 visando aumentar o desempenho de atletas de alto rendimento⁴⁴. Atualmente, esse

modelo é usado em diversas modalidades, direcionado para cada tipo de competição de maneira específica⁴⁵, podendo em decorrência de sua especificidade, ser adaptado ao tratamento de condições patológicas como a SM.

Em indivíduos sedentários com SM, a aplicação do TAI com uma periodização adaptada à esta população, que inclua períodos preparatórios com aumento progressivo da carga, fases específicas de menor duração predominando a intensidade, e períodos de transição para que haja recuperação, pode ser eficaz e seguro para esses indivíduos.

Tomados em conjunto esses dados apontam para algumas lacunas na literatura, ou seja, a realização de um programa de TAI periodizado por indivíduos com SM pode promover alterações na modulação autonômica cardíaca? Estas alterações poderão ser evidenciadas por índices lineares e geométricos da VFC? Se sim, quais as alterações que serão promovidas? Ainda, haverá alterações nos parâmetros cardiovasculares desses indivíduos induzidas pela realização do programa de TAI periodizado? O desenho desse estudo será realizado para responder a essas questões.

Informações desta natureza são essenciais, já que existem evidências de que alterações na modulação autonômica cardíaca estão presentes em inúmeros marcadores da SM¹⁴ e também se relacionam ao maior risco cardiovascular desta população¹⁶. Além disso, o TAI periodizado, um modelo de treinamento pouco conhecido quando se trata de condições patológicas, pode surgir como um novo tipo de tratamento que forneça segurança e eficácia para essa população. Portanto, o estudo tem por objetivo avaliar os efeitos do treinamento aeróbio intervalado sobre a modulação autonômica cardíaca e parâmetros cardiovasculares de indivíduos com síndrome metabólica.

Para cumprir com os objetivos propostos foi realizado um estudo que proporcionou a elaboração de dois artigos científicos. O primeiro deles foi intitulado: **“Efeitos de uma nova abordagem de treinamento aeróbio na modulação autonômica cardíaca e parâmetros cardiovasculares de indivíduos com síndrome metabólica”**, o qual teve por objetivo avaliar os efeitos de 16 semanas de TAI periodizado sobre a modulação autonômica cardíaca e parâmetros cardiovasculares de indivíduos com SM. Os resultados deste estudo permitem concluir que o TAI periodizado promoveu efeitos positivos na modulação autonômica de indivíduos com SM, caracterizada por um aumento da atividade parassimpática, simpática e global desta população. Ainda, alterações nos parâmetros cardiovasculares não foram evidenciadas nos indivíduos com SM submetidos ao TAI periodizado.

O segundo artigo intitulado: **“Índices geométricos da variabilidade da frequência cardíaca são modificados após treinamento aeróbio intervalado periodizado em indivíduos com síndrome metabólica?”**, o qual teve por objetivo avaliar por meio de índices geométricos da variabilidade da frequência cardíaca (VFC), os efeitos do TAI periodizado na modulação autonômica de indivíduos com SM. Os resultados deste estudo permitiram concluir que TAI periodizado realizado promoveu um impacto positivo na modulação autonômica de indivíduos com SM, caracterizada por aumento da variabilidade global e da modulação parassimpática, que pode ser identificada por meio de índices geométricos da VFC.

A seguir esses artigos serão apresentados na íntegra, conforme as normas para apresentação da dissertação, as quais foram definidas pelo Conselho de Curso do Programa de Pós-Graduação em Fisioterapia da FCT/UNESP.

Efeitos de uma nova abordagem de treinamento aeróbio na modulação autonômica cardíaca e parâmetros cardiovasculares de indivíduos com síndrome metabólica.

RESUMO:

Introdução: A síndrome metabólica (SM) pode promover alterações na modulação autonômica e parâmetros cardiovasculares, portanto é fundamental estudar novas estratégias de tratamento que possam contribuir positivamente com essa população.

Objetivo: avaliar os efeitos de 16 semanas de treinamento aeróbio intervalado (TAI) periodizado sobre a modulação autonômica cardíaca e parâmetros cardiovasculares de indivíduos com SM. **Materiais e métodos:** A amostra foi composta de 52 indivíduos com diagnóstico de SM, os quais foram alocados em dois grupos: TAI (GTAI; n = 26) e controle (GC; n = 26). O grupo GTAI foi submetido a um programa de TAI periodizado, durante 16 semanas. Para avaliação da modulação autonômica e parâmetros cardiovasculares foram mensurados, em ambos os grupos no início e ao final do treinamento, índices de variabilidade da frequência cardíaca (VFC), pressão arterial (PA) e frequência cardíaca (FC). **Resultados:** Diferenças estatisticamente significantes não foram observadas no grupo GTAI comparado ao controle nos índices HFms², LFun, HFun e relação LF/HF, bem como nos parâmetros cardiovasculares PAS, PAD e FC. Porém, aumento significativo dos índices rMSSD, LFms² e SDNN no grupo GTAI foram observados. **Conclusão:** TAI periodizado promoveu efeitos positivos na modulação autonômica de indivíduos com SM, caracterizada por um aumento da atividade parassimpática, simpática e global desta população. Ainda, alterações nos parâmetros cardiovasculares não foram evidenciadas nos indivíduos com SM submetidos ao TAI periodizado.

Palavras-chave: Sistema nervoso autônomo; síndrome x metabólica; exercício; frequência cardíaca.

INTRODUÇÃO

A síndrome metabólica (SM) é um transtorno complexo representado por um conjunto de pelo menos três fatores de risco (FR) cardiovasculares que incluem elevados valores de glicemia de jejum, triglicérides, pressão arterial e circunferência abdominal e HDL-colesterol baixo¹. A SM possui alta prevalência ao redor do mundo, estando presente em cerca de 23,7% da população americana², 30% da população europeia³, 27,4% dos indivíduos do norte da china⁴ e 29,6% de indivíduos brasileiros⁵.

Dentre as diversas alterações promovidas pela SM⁶⁻⁸ estão aquelas relacionadas ao sistema nervoso autônomo (SNA), caracterizada por uma redução da modulação vagal e global do SNA e uma maior atuação simpática⁹. Estas alterações sugerem um mal funcionamento fisiológico do SNA e está relacionada a maior vulnerabilidade do coração e risco de eventos cardiovasculares¹⁰.

Nesse contexto, estratégias que podem atuar positivamente sobre a modulação autonômica, como é o caso do exercício físico¹¹⁻¹³ devem ser estudadas em indivíduos com SM. Em indivíduos saudáveis ou portadores de patologias, o treinamento aeróbio intervalado (TAI) têm merecido destaque por sua fácil aplicabilidade e efeitos benéficos que incluem aumento da modulação autonômica parassimpática e da variabilidade global^{12,14,15}, contudo, estudos que avaliaram os efeitos deste tipo de intervenção no comportamento autonômico de sujeitos com SM não são de nosso conhecimento.

Nesse tipo de treinamento, na dinâmica de carga utilizada em estudos que avaliaram os seus efeitos na modulação autonômica em diferentes populações^{12,14,15}, uma lacuna foi observada quanto a periodização e sistematização do treinamento. Por sua especificidade, os modelos de treinamento periodizado

existentes podem ser adaptados para indivíduos em condições patológicas e, neste sentido, uma periodização que inclua períodos preparatórios com aumento progressivo de carga, fases específicas de menor duração predominando a intensidade e períodos de transição para que haja recuperação, podem surgir como um novo tipo de tratamento que forneça segurança e eficácia para esta população.

Tomados em conjunto esses dados apontam para algumas lacunas na literatura, ou seja, a realização de um programa de TAI periodizado adaptado para indivíduos com SM, poderia promover alterações na modulação autonômica cardíaca e/ou parâmetros cardiovasculares? Caso sim, quais serão essas alterações na modulação autonômica cardíaca e parâmetros cardiovasculares?

Neste sentido, esse estudo tem por objetivos avaliar os efeitos do TAI periodizado sobre a modulação autonômica cardíaca e parâmetros cardiovasculares de indivíduos com SM. Hipotetizamos que o TAI periodizado promova alterações benéficas na modulação autonômica cardíaca e parâmetros cardiovasculares de indivíduos com SM.

MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo é caracterizado como um ensaio clínico não randomizado, que considera os efeitos do TAI periodizado na modulação autonômica e parâmetros cardiovasculares de indivíduos com SM. O ensaio clínico foi registrado no ClinicalTrials.gov (NCT03119493).

Os procedimentos do estudo foram aprovados pelo Comitê de Ética em pesquisa da FCT/UNESP (CAAE: 53117116.0.0000.5402). Todos os indivíduos foram informados sobre os procedimentos e objetivos do estudo e, após concordarem, assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido, em que ficou assegurada a privacidade dos mesmos. Junto ao termo de consentimento livre

e esclarecido uma cópia de atestado médico que lhes assegurassem condições físicas para realização de exercícios foi anexada.

Delineamento experimental

Para a realização deste estudo, inicialmente foi realizado uma entrevista, para identificação de dados pessoais (nome, idade, sexo) e medicamentos em uso (investigado durante todo o protocolo) e, em seguida, foram coletados dados antropométricos (massa corpórea e estatura) e a perimetria (circunferências da cintura, abdome e quadril) para a caracterização da amostra. Após estes procedimentos, a pressão arterial (PA) foi mensurada. Além disso, a FC foi captada batimento a batimento, por meio de um cardiofrequencímetro (Polar S810i, Finlândia), por 30 minutos em decúbito dorsal para posterior análise da modulação autonômica e obtenção do valor de FC de repouso.

Realizadas as avaliações iniciais, os voluntários foram alocados por conveniência em dois grupos: Grupo TAI periodizado (GTAI) e grupo controle (GC) e orientados a manter sua dieta e atividades diárias habituais durante o estudo. O grupo GTAI foi submetido ao programa de TAI periodizado por 16 semanas com frequência de três sessões semanais, totalizando 39 sessões com intervalos recuperativos entre as sessões variando de 24 a 72 horas. O GC realizou todas as avaliações a que o GTAI foi submetido, porém não foram submetidos a nenhum tipo de treinamento durante as 16 semanas posteriores a avaliação inicial. Após 7 dias do final do protocolo de treinamento foram avaliados, em ambos os grupos, novamente as medidas dos parâmetros cardiovasculares e captada a FC batimento a batimento para análise da modulação autonômica.

No grupo GTAI, foram reavaliados os indivíduos que cumpriram pelo menos 85% de presença no protocolo de TAI periodizado, para os demais

voluntários foram realizadas análise de intensão de tratamento. Além disso, decorrido o período de 16 semanas e realizadas as avaliações finais no grupo controle, foram oferecidos a este a oportunidade de realizar o TAI periodizado, cumprindo com critérios éticos.

População

A população do estudo foi recrutada por meio de divulgação em mídia digital (televisão), campanhas realizadas em praça pública no centro comercial de uma cidade do interior paulista e entrega de folders em supermercados, agências bancárias, farmácias, postos de saúde e corpo de bombeiros.

Para definição do tamanho da amostra foi realizado o cálculo amostral baseado no índice RMSSD obtido em estudo de Pichot et al.¹². A magnitude da diferença significativa assumida foi de 9 milissegundos (ms), considerando um desvio padrão de 7 ms, com risco alfa de 5% e beta de 80%, o tamanho amostral resultou em um mínimo de 20 indivíduos em cada grupo, sendo acrescido 30% deste valor considerando as possíveis perdas amostrais.

Não foram incluídos no estudo indivíduos que tivessem praticado atividade física regular nos últimos seis meses e apresentassem processo inflamatório e/ou infeccioso, episódio de lesão músculo-tendínea ou osteoarticular nos membros inferiores e/ou coluna vertebral e doenças respiratórias, neurológicas e cardiovasculares conhecidas.

Foram inicialmente avaliados para elegibilidade 680 indivíduos e destes, 628 foram excluídos (541 não cumpriam os critérios de inclusão, 34 desistiram de participar do estudo e 53 desistiram por razões pessoais). Participaram efetivamente do estudo 55 indivíduos adultos, de ambos os sexos, com idade entre 40 e 60 anos e portadores de SM segundo os critérios definidos pela *International Diabetes*

Federation (IDF)¹. No grupo intervenção um indivíduo foi excluído por erro de captação, sete desistiram do estudos por problemas relacionados ao transporte para chegar ao centro de reabilitação e um desistiu por uma lesão musculo esquelética não relacionada ao protocolo de treinamento. Já no grupo controle dois indivíduos foram excluídos por erro de captação e quatro desistiram do estudo por motivo de mudança do município e razões pessoais (Figura 1).

#Inserir Figura 1#

Programa de treinamento

O programa de treinamento foi realizado em esteira ergométrica (Movement, Profissional LX-160, Brasil e Inbramed, Export, Brasil) e teve a duração de 16 semanas, totalizando 39 sessões com intervalos recuperativos de 24 a 72 horas, frequência semanal de 3 vezes e duração de 30 a 75 minutos por sessão.

Cada sessão do programa foi dividida em 3 etapas: aquecimento, treinamento e resfriamento. O aquecimento teve duração de 10 minutos, sendo 5 minutos de alongamentos gerais para membros superiores e inferiores e 5 minutos de caminhada na esteira ergométrica com FC inferior a 20% da reserva de frequência cardíaca (RFC), enquanto que o resfriamento, também com duração de 10 minutos, foi composto de 5 minutos de caminhada na esteira ergométrica com FC inferior a 20% da RFC e 5 minutos de repouso. Para monitorização dos voluntários, antes do aquecimento e após o resfriamento foram analisados os sinais vitais (PA, FC, SpO₂). Ainda, após o resfriamento foi também aplicada a escala de Borg, a fim de verificar qual o esforço percebido por cada voluntário durante o treinamento.

A etapa de treinamento foi executada de forma progressiva, com intensidade de treinamento variando entre 20 a 90% da RCF, segundo Consenso da

*European Association of Cardiovascular Prevention and Rehabilitation, American Association of Cardiovascular and Pulmonary Rehabilitation e Canadian Association of Cardiac Rehabilitation*¹⁶. A recuperação ativa entre as séries foi realizada com intensidade entre 19% a 50% da RFC, de acordo com a intensidade de treinamento leve, moderada ou alta.

A dinâmica de cargas, ou seja, número de séries e repetições (tempo de esforço), tempo de recuperação entre as séries, volume total do treinamento aeróbio intervalado que foi executado e a intensidade de esforço estão descritas no quadro 1.

#Inserir Quadro 1#

Como observamos no quadro 1, as semanas de treinamento foram divididas em níveis de intensidade leve (I) (faixa de treinamento 20 – 39% da RFC e recuperação de 19% da RFC), moderada (II) (faixa de treinamento 40 – 59% da RFC e recuperação de 30% da RFC) e alta (III) (faixa de treinamento 70 – 90% da RFC e recuperação de 50% da RFC).

Na distribuição de cargas previstas para o GTAI o número de séries e os tempos de esforço foram fixos para os voluntários. O tempo de recuperação entre as séries (entre 1 a 4 minutos), tempo total (soma do tempo total de esforço e tempo de recuperação entre as séries) e a velocidade de esforço foram variáveis e estabelecidos individualmente considerando a resposta do indivíduo durante a sessão e a porcentagem na qual o treinamento estava sendo realizado. A intensidade de esforço e o valor da FC de recuperação foi determinada pela RFC, uma forma de prescrição recomendada pela ACSM¹⁷, e que pode ser facilmente utilizada na prática clínica.

A RCF foi obtida pela fórmula: $RCF = (FC_{m\acute{a}x} - FC_{rep}) \times \% \text{ treinamento} + FC_{rep}$, sendo a frequência cardíaca máxima ($FC_{m\acute{a}x}$) obtida pela fórmula de Karvonen ($FC_{m\acute{a}x} = 220 - \text{idade [em anos]}$)^{17,18} e a frequência cardíaca de repouso (FC_{rep}) encontrada por meio de um cardiofrequencímetro, com o voluntário em repouso por 30 minutos, sendo realizado a média da FC do 5 ao 25 minuto obtido por meio do programa Polar ProTrainer 5 (versão 5.41.002).

Para aqueles voluntários que fizessem uso de betabloqueadores, foi utilizada a correção da FC de acordo com a fórmula: $\% \text{ FC de correção} = Y + 95,58/9,74$ ¹⁹ onde Y é a dose em mg de propranolol ou droga equivalente (para a dosagem dos medicamentos equivalentes ao propranolol foi utilizada a tabela de Kaplan)¹⁹. A porcentagem resultante desta fórmula foi então subtraída da $FC_{m\acute{a}x}$ para posteriores correções na RCF.

Durante as sessões os indivíduos utilizaram sempre o mesmo ergômetro e foram monitorados por meio dos sinais vitais (FC e PA), verificados no início de cada período de recuperação ativa, e sinais e sintomas monitorados durante toda a sessão.

Avaliação da variabilidade da frequência cardíaca

A modulação autonômica cardíaca foi avaliada por meio da variabilidade da frequência cardíaca (VFC). Para essa análise, a FC foi captada batimento a batimento no período da manhã (7h às 11h) em uma sala artificialmente climatizada com temperatura entre 21°C e 24°C e umidade relativa do ar entre 40 a 60%. Os voluntários foram orientados a não consumirem substâncias estimulantes como chá, café, refrigerante, achocolatado, chocolate e bebidas alcoólicas durante as 24 horas que antecederam a análise de VFC.

Para a captação, foi posicionada no terço distal do esterno uma cinta de captação, e no punho, o cardiofrequencímetro (Polar S810i, Finlândia), equipamento previamente validado para captação da frequência cardíaca batimento a batimento e sua utilização para cálculo dos índices de VFC²⁰.

Durante a captação da FC os voluntários permaneceram em silêncio, acordados, em repouso, sem realizar movimentos e conversas durante a execução, e com respiração espontânea por 30 minutos em decúbito dorsal em uma maca. Não foi permitida a circulação de pessoas pela sala durante a execução das coletas a fim reduzir a ansiedade dos indivíduos e evitar erros de captação.

Os dados obtidos por meio da monitorização foram transferidos do cardiofrequencímetro ao computador por meio do software Polar ProTrainer 5 (versão 5.41.002) e analisados 1000 intervalos RR consecutivos, após ter sido feita uma filtragem digital complementada por manual para eliminação de batimentos ectópicos prematuros e artefatos, realizada por um avaliador cego, onde somente séries com mais de 95% de batimentos sinusais foram incluídas no estudo²⁰. A análise da VFC foi realizada por meio de métodos lineares (domínios do tempo e da frequência)²⁰.

Foram analisados no domínio do tempo os índices rMSSD e SDNN. O rMSSD corresponde à raiz quadrada da somatória do quadrado das diferenças entre os intervalos RR no registro, dividido pelo número de intervalos RR em um tempo determinado menos um intervalo RR. Já o SDNN corresponde o desvio padrão de todos os intervalos RR normais²⁰.

No domínio da frequência foram avaliados os componentes espectrais de baixa frequência (LF: 0,04 – 0,15 Hz) e alta frequência (HF: 0,15 – 0,40 Hz), em milissegundos ao quadrado (ms²) e em unidades normalizadas (un), e a relação

entre os componentes de baixa e alta frequência (LF/HF). A análise espectral foi calculada utilizando o algoritmo da Transformada rápida de Fourier.

Parâmetros cardiovasculares

A verificação da pressão arterial foi realizada de maneira indireta por meio de um estetoscópio (Littmann, Estados Unidos) e esfigmomanômetro aneroide (WelchAllyn, Alemanha)²¹. A frequência cardíaca foi avaliada por meio de um cardiófrequencímetro (Polar S810i, Finlândia).

Análise dos dados

Para descrição dos dados do perfil da população foi utilizado o método estatístico descritivo e os resultados foram apresentados com valores de médias, desvios padrão, mediana, números mínimo e máximo e intervalo de confiança de 95%.

Para a avaliação dos efeitos do treinamento sobre os parâmetros cardiovasculares e a modulação autonômica cardíaca, foram comparados os valores das diferenças encontradas entre os valores obtidos ao final e antes do protocolo de treinamento, em ambos os grupos. Para isso e para comparação das características dos grupos, foi realizada a análise de Covariância (ANCOVA). Essa análise comparou a diferença das médias entre o grupo controle e o grupo treinamento ajustando-se por possíveis fatores de confusão que devem ser controlados por sua relação direta com a modulação autonômica. Esses fatores de ajuste foram: sexo, idade, e uso de medicamentos para controle da hipertensão arterial. O nível de significância foi estabelecido em 5% para todos os testes. O programa estatístico SPSS (versão 13.0) (SPSS Inc., Chicago, IL, EUA) foi utilizado para as análises.

RESULTADOS

A tabela 1 apresenta as características iniciais dos dois grupos estudados bem como a presença de cada um dos marcadores da SM de maneira isolada e os medicamentos utilizados por ambos os grupos separados por classe. É possível notar diferenças estatisticamente significantes para a variável peso, porém para as demais variáveis, que inclui o IMC, diferenças significantes não são observadas.

Inserir Tabela 1#

Os efeitos do TAI periodizado nos índices lineares da VFC nos domínios do tempo e da frequência podem ser visualizados na tabela 2. Aumento do rMSSD, SDNN e LFms² podem ser observados no grupo GTAI ($p < 0,05$). Para os demais índices da VFC analisados (HFms², HFun, LFun e LF/HF), diferenças estatisticamente significantes não foram observadas.

Inserir Tabela 2#

Na tabela 3 podemos observar os efeitos do TAI periodizado nos parâmetros cardiovasculares dos voluntários do grupo GTAI e GC. Nota-se que não houve diferenças significantes para ambos os grupos. Apesar da ausência de significância, pode-se observar que as variáveis PAD e FC reduziram no grupo GTAI.

Inserir Tabela 3#

DISCUSSÃO

Os resultados do presente estudo sugerem melhora significativa da modulação parassimpática, simpática e global da VFC no grupo GTAI, considerando o aumento significativo dos índices rMSSD, LFms² e SDNN respectivamente. Nos demais índices da VFC analisados, que incluem HFms², LFun, HFun e relação LF/HF, bem como nos parâmetros cardiovasculares PAS, PAD e FC, diferenças estatisticamente significantes não foram observadas entre os grupos GTAI e controle.

Apesar de não ser observado na literatura os efeitos do TAI periodizado proposto nesse estudo sobre a modulação autonômica de indivíduos com SM, Rakobowchuk et al.¹⁴ demonstraram que a utilização do TAI em indivíduos saudáveis promoveu melhora da modulação parassimpática e da variabilidade global. Ainda, efeitos benéficos na modulação autonômica de indivíduos que foram submetidos ao TAI após intervenção coronária percutânea também foram encontrados por Munk et. al após seis meses de treinamento intervalado de alta intensidade.²²

No presente estudo foram observados aumentos significantes dos índices SDNN e rMSSD no grupo GTAI, sugerindo que o TAI periodizado realizado promoveu, respectivamente, aumento da variabilidade global e da modulação vagal do SNA. Além disso, apesar de não ser significativo, o aumento da modulação parassimpática no grupo GTAI também pode ser observado pelo índice HFms² que apresentou um tamanho de efeito moderado.

Os mecanismos envolvidos no aumento da VFC e principalmente da modulação parassimpática nos indivíduos submetidos ao exercício são

especulativos. Estudos indicam que este fato pode estar relacionado a uma redução dos níveis de angiotensina II, substância que inibe a atividade vagal²⁴. Ainda, o aumento do óxido nítrico também pode estar relacionado a uma maior ativação da modulação vagal, porém maiores investigações relacionadas a este aspecto ainda são necessárias²⁵.

Além dos índices acima descritos, aumento significativo no LFms² também foi observado em nosso estudo. Estudos demonstram que esse índice está relacionado com a modulação global do SNA com predomínio simpático²⁰, além disso, o LF foi também relacionado com ganho barorreflexo, sugerindo que ele representa a habilidade de modular a influência do SNA sobre o coração por meio da atuação barorreflexa²⁶.

No que diz respeito à sensibilidade barorreflexa, tem sido demonstrado que os componentes da SM estão relacionados a uma disfunção cardiovagal barorreflexa, o que representa maior risco cardiovascular nesta população²⁷. Aumento significativo do índice LFms² foi observado nos indivíduos do grupo GTAI, o que pode sugerir maior ganho barorreflexo nesta população e, conseqüentemente, maior capacidade de adaptação do SNA.

No que diz respeito a relação LF/HF e aos índices LF e HF em unidades normalizadas, diferenças estatisticamente significantes não foram observadas entre os grupos. O aumento de ambos os índices no domínio da frequência (LFms² e HFms²) dos indivíduos que realizaram o TAI periodizado comparado ao grupo controle, justificam a ausência de significância dos índices expressos acima.

O aumento da modulação autonômica dos indivíduos com SM que realizaram o protocolo de treinamento, indica uma melhor capacidade de adaptação aos estímulos externos e uma menor vulnerabilidade do coração a risco de eventos

cardiovasculares^{10,20}, atuando como um importante mecanismo protetor para estes indivíduos.

No que diz respeito aos parâmetros cardiovasculares PAS e PAD, na literatura é evidenciado por Stensvold et al.²⁸ e Tjonna et al.²⁹ que a utilização do TAI de alta intensidade, realizado por 12 semanas, não foi capaz de promover alterações significantes nestes parâmetros, corroborando com nossos achados. Apesar disso, ambos os estudos apresentaram reduções clinicamente relevantes, uma vez que a PAS reduziu 6mmHg e 10mmHg respectivamente, e a PAD reduziu 4mmHg e 5mmHg respectivamente. Menores valores de redução da PAS (1,68 mmHg) e da PAD (2,19 mmHg) foram observados em nosso estudo com o TAI periodizado.

A menor redução observada pode estar relacionada às características do treinamento proposto. No modelo de treinamento proposto, foram inseridas fases adaptativas e intermediárias que precediam a fase de alta intensidade, denominada de fase final, a qual teve duração de apenas quatro semanas. Os modelos de treinamento utilizados nos estudos acima^{28,29} utilizaram alta intensidade durante todo o período de treinamento, portanto a intensidade do treinamento pode ter influenciado na menor redução dos valores de PAS e PAD encontrada em nosso estudo, quando comparado ao existente na literatura^{28,29}.

Em relação a FC, diferenças significantes também não foram observadas entre os grupos estudados. Apesar disto, pode-se observar uma redução destes valores no grupo GTAI, que pode ser atribuído ao aumento da modulação vagal, a qual pode não ter sido suficiente para que as reduções na FC destes indivíduos fossem consideradas significantes. Outros mecanismos podem também serem responsáveis pela redução da FC de repouso como efeito de um exercício aeróbio, como é o caso do retorno venoso e volume sistólico³⁰.

A realização de um programa de exercício pode aumentar o retorno venoso e, conseqüentemente, o volume de sangue nas cavidades cardíacas, o que promove um aumento da contratilidade do miocárdio e conseqüente aumento do volume sistólico. Em resposta ao aumento do volume sistólico a FC se reduz para que o débito cardíaco permaneça constante³⁰. Este efeito independe do SNA e o tempo de TAI periodizado ou a intensidade do treinamento utilizada pode não ter sido suficiente para provoca-lo, o que justifica a ausência de significância relacionada a este parâmetro.

O presente estudo tem fragilidades relacionadas a randomização dos voluntários, que não foi possível de ser realizada em função da logística do treinamento. O treinamento proposto foi realizado no período noturno, o que dificultou a adesão dos indivíduos que não possuíam transporte e moravam muito distantes do local de treinamento, os quais foram alocados no grupo controle, o que impediu a randomização dos voluntários.

Apesar disso, variáveis que poderiam influenciar nas respostas cardiovasculares e autonômicas como sexo, idade e a influência dos medicamentos utilizados no tratamento da hipertensão arterial, foram considerados como fatores de confusão durante o processo de análise estatística. Adicionalmente, uma análise de intensão de tratamento foi realizada nos indivíduos que não completaram o TAI periodizado. Aspectos como estes reforçam nossos achados.

O presente estudo tem uma importante implicação clínica, uma vez que sugere novo modelo de treinamento capaz de produzir efeitos benéficos na modulação autonômica de indivíduos com SM, o que reduz o risco de eventos cardiovasculares nesta população. Ainda, o modelo de treinamento proposto pode ser considerado seguro para indivíduos com SM uma vez que intercorrências

relacionadas ao sistema cardiovascular não foram observadas no grupo GTAI, e a única lesão músculo esquelética demonstrada na figura 1 não ocorreu durante o treinamento.

A ausência de intercorrências cardiovasculares e osteomusculares relacionadas ao protocolo de treinamento é um aspecto que deve ser destacado. Atribuímos esse aspecto às características da periodização do TAI, uma vez que este consistiu em períodos preparatórios com aumento progressivo de carga, fases específicas de menor duração predominando a intensidade e períodos de transição para que haja recuperação, características importantes e positivas do treinamento proposto.

Apesar disso, o período de realização do protocolo em intensidades acima de 60% da RFC foi curto (4 semanas), o que pode não ter sido suficiente para promover respostas significativas nos parâmetros cardiorrespiratórios dos indivíduos do grupo GTAI. Neste sentido, o presente estudo sugere que maiores investigações sobre os efeitos TAI periodizado nos parâmetros cardiorrespiratórios de indivíduos SM sejam realizados, priorizando maior tempo de duração do protocolo de treinamento nas intensidades acima de 60% da RFC.

CONCLUSÃO

Desta forma pode-se concluir que 16 semanas do TAI periodizado foi capaz de promover efeitos positivos na modulação autonômica de indivíduos portadores de SM, caracterizada por um aumento da atividade parassimpática, simpática e global desta população. Ainda, alterações nos parâmetros cardiovasculares não foram evidenciadas nos indivíduos SM submetidos ao TAI periodizado.

REFERÊNCIAS

1. Alberti KGMM, Eckel RH, Grundy SM, Zimmet PZ, Cleeman JI, Donato KA, et al. Harmonizing the Metabolic Syndrome: A Joint Interim Statement of the International Diabetes Federation Task Force on Epidemiology and Prevention; National Heart, Lung, and Blood Institute; American Heart Association; World Heart Federation; International . Circulation. 2009;120(16):1640–5.
2. Ford ES, Giles WH, Dietz WH. Prevalence of the Metabolic Syndrome Among US Adults. *Jama*. 2002;287(3):356-9.
3. Hu G, Qiao Q, Tuomilehto J, Balkau B, Borch-Johnsen K, Pyorala K, et al. Prevalence of the metabolic syndrome and its relation to all-cause and cardiovascular mortality in nondiabetic European men and women. *Arch Intern Med*. 2004;164(10):1066–76.
4. Song Q-B, Zhao Y, Liu Y-Q, Zhang J, Xin S-J, Dong G-H. Sex difference in the prevalence of metabolic syndrome and cardiovascular-related risk factors in urban adults from 33 communities of China: The Chpsne study. *Diabetes Vasc Dis Res*. 2015;12(3):189–98.
5. Vidigal FC, Bressan J, Babio N, Salas-Salvadó J. Prevalence of metabolic syndrome in Brazilian adults: a systematic review. *BMC Public Health*. 2013;13:1198.
6. Kaur J. A comprehensive review on metabolic syndrome. *Cardiol Res Pract*. 2014;2014: 943162.
7. Ren SY, Xu X. Role of autophagy in metabolic syndrome-associated heart disease. *Biochim Biophys Acta*. 2015;1852(2):225–31.
8. Esser N, Legrand-Poels S, Piette J, Scheen AJ, Paquot N. Inflammation as a link between obesity, metabolic syndrome and type 2 diabetes. *Diabetes Res Clin Pract*. 2014;105(2):141–50.
9. Stuckey MI, Tulppo MP, Kiviniemi AM, Petrella RJ. Heart rate variability and the metabolic syndrome: a systematic review of the literature. *Diabetes Metab Res Rev*. 2014;30(8):784-93.
10. Tsuji H, Larson MG, Venditti FJ Jr, Manders ES, Evans JC, Feldman CL, et al. Impact of reduced heart rate variability on risk for cardiac events. The Framingham heart study. *Circulation*. 1996;94(11):2850–5.

11. Tibana RA, Nascimento DC, de Sousa NMF, de Souza VC, Durigan J, Vieira A, et al. Enhancing of women functional status with metabolic syndrome by cardioprotective and anti-inflammatory effects of combined aerobic and resistance training. *Plos One*. 2014;9(11): e110160.
12. Pichot V, Roche F, Denis C, Garet M, Duverney D, Costes F, et al. Interval training in elderly men increases both heart rate variability and baroreflex activity. *Clin Auton Res*. 2005;15(2):107–15.
13. Barbosa MPCR, Netto Júnior J, Cassemiro BM, de Souza NM, Bernardo AFB, da Silva AKF, et al. Impact of functional training on cardiac autonomic modulation, cardiopulmonary parameters and quality of life in healthy women. *Clin Physiol Funct Imaging*. 2016;36(4):318–25.
14. Rakobowchuk M, Harris E, Taylor A, Cubbon RM, Birch KM. Moderate and heavy metabolic stress interval training improve arterial stiffness and heart rate dynamics in humans. *Eur J Appl Physiol*. 2013;113(4):839–49.
15. Tamburus NY, Paula RFL, Kunz VC, César MC, Moreno MA, da Silva E. Interval training based on ventilatory anaerobic threshold increases cardiac vagal modulation and decreases high-sensitivity c-reactive protein: Randomized clinical trial in coronary artery disease. *Brazilian J Phys Ther*. 2015;19(6):441–50.
16. Mezzani A, Hamm LF, Jones AM, McBride PE, Moholdt T, Stone JA, et al. Aerobic exercise intensity assessment and prescription in cardiac rehabilitation: a joint position statement of the European Association for Cardiovascular Prevention and Rehabilitation, the American Association of Cardiovascular and Pulmonary Rehabil. *J Cardiopulm Rehabil Prev*. 2013;20(3):327–50.
17. American college of sports medicine. Diretrizes do ACSM para os testes de esforço e sua prescrição. Oitava edição. Rio de Janeiro. Guanabara Koogan. 2010.
18. Camarda SR, Tebexreni AS, Páfaro C, Sasai F, Tambeira V, Juliano Y, et al. Comparação da Frequência Cardíaca Máxima Medida com as Fórmulas de Predição Propostas por Karvonen e Tanaka. *Arq Bras Cardiol*. 2008;91(5):311–4.
19. Costa RVC, Braga AMW, Carlos A. I Consenso nacional de reabilitação cardiovascular. *Arq Bras Cardiol*. 1997;69(4):267–91.

20. Vanderlei LCM, Pastre CM, Hoshi A, Dias T, Fernandes M. Noções básicas de variabilidade da frequência cardíaca e sua aplicabilidade clínica. *Rev Bras Cir Cardiovasc.* 2009;24(2):205–17.
21. Sociedade Brasileira de Cardiologia. 7ª Diretriz Brasileira De Hipertensão Arterial. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia.* 2016;107(3).
22. Munk PS, Butt N, Larsen AI. High-intensity interval exercise training improves heart rate variability in patients following percutaneous coronary intervention for angina pectoris. *Int J Cardiol.* 2010;145(2):312–4.
23. Billman GE, Kukielka M. Effect of endurance exercise training on heart rate onset and heart rate recovery responses to submaximal exercise in animals susceptible to ventricular fibrillation. *J Appl Physiol.* 2007;102(1):231–40.
24. Townend JN, al-Ani M, West JN, Littler WA, Coote JH. Modulation of cardiac autonomic control in humans by angiotensin II. *Hypertension.* 1995;25(6):1270–5.
25. Chowdhary S, Townend JN. Role of nitric oxide in the regulation of cardiovascular autonomic control. *Clin Sci (Lond).* 1999;97(1):5–17.
26. Rahman F, Pechnik S, Gross D, Sewell L, Goldstein DS. Low frequency power of heart rate variability reflects baroreflex function, not cardiac sympathetic innervation. *Clin Auton Res.* 2011;21:133-141.
27. Grassi G, Seravalle G, Brambilla G, Pini C, Alimento M, Facchetti R, Spaziani D, Cuspidi C, Mancia G. Marked sympathetic activation and baroreflex dysfunction in true resistant hypertension. *Int J Cardiol.* 2014;177(3):1020–1025.
28. Stensvold D, Tjonna AE, Skaug E-A, Aspenes S, Stolen T, Wisloff U, et al. Strength training versus aerobic interval training to modify risk factors of metabolic syndrome. *J Appl Physiol.* 2010;108(4):804–10.
29. Tjonna A, Lee S, Rognmo O, Stolen T, Bye A. Aerobic interval training versus continuous moderate exercise as a treatment for the metabolic syndrome: a pilot study. *Circulation.* 2008;118(4):346–54.
30. Clausen JP. Effect of physical training on cardiovascular adjustments to exercise in man. *Physiol Rev.* 1977;57(4):779–815.

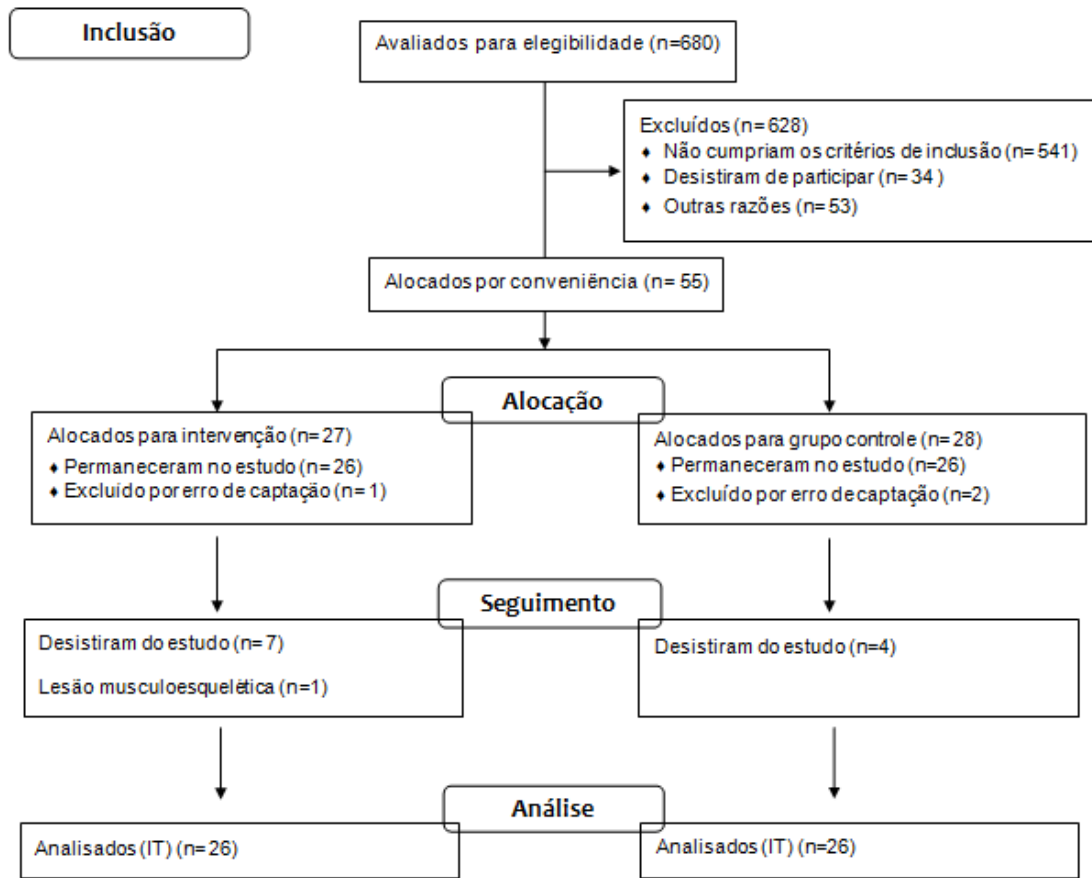


Figura 1. Fluxograma de perdas; IT = intenção de tratamento.

Quadro 1. Dinâmica de cargas (número de séries e repetições, tempo de esforço, tempo de recuperação, tempo total e intensidade de esforço) do treinamento aeróbio intervalado.

Semanas (fase)	Sessões	Série x tempo de esforço	Tempo de recuperação entre as séries	Tempo total (tempo de esforço + tempo de recuperação)	Intensidade da RCF %	
1 ^a 2 ^a 3 ^a 4 ^a 5 ^a 6 ^a (Adaptação)	1 ^a e 2 ^a	5 x 4 minutos	1-4 minutos	24 - 32 minutos	<u>Treino:</u> 20-39% da RCF	
	3 ^a e 4 ^a	6 x 4 minutos	1-4 minutos	29 - 39 minutos		
	5 ^a e 6 ^a	7 x 4 minutos	1-4 minutos	34 - 46 minutos		
	7 ^a , 8 ^a e 9 ^a	8 x 4 minutos	1-4 minutos	39 - 53 minutos	<u>Recuperação:</u> 19% da RCF	
	10 ^a , 11 ^a e 12 ^a	9 x 4 minutos	1-4 minutos	44 - 60 minutos		
	5 ^a Semana recuperativa					(Leve)
	13 ^a , 14 ^a e 15 ^a	9 x 4 minutos	1-4 minutos	44 - 60 minutos		
7 ^a 8 ^a 9 ^a 10 ^a 11 ^a (Intermediária)	16 ^a e 17 ^a	4 x 2,5 minutos	1-4 minutos	13 - 19 minutos	<u>Treino:</u> 40-59% da RCF	
	18 ^a e 19 ^a	5 x 2,5 minutos	1-4 minutos	16,5 - 24,5 minutos		
	20 ^a e 21 ^a	6 x 2,5 minutos	1-4 minutos	20 - 30 minutos		
	22 ^a , 23 ^a e 24 ^a	7 x 2,5 minutos	1-4 minutos	23,5 - 41 minutos	<u>Recuperação:</u> 30% da RCF	
	25 ^a , 26 ^a e 27 ^a	7 x 2,5 minutos	1-4 minutos	23,5 - 41 minutos		
	11 ^a Semana recuperativa					(Moderada)
12 ^a 13 ^a 14 ^a 15 ^a 16 ^a (Final)	28 ^a e 29 ^a	5 x 1,5 minutos	1-4 minutos	11,5 – 19,5 minutos	<u>Treino:</u> 60-90% da RCF	
	30 ^a e 31 ^a	6 x 1,5 minutos	1-4 minutos	14 - 24 minutos		
	32 ^a e 33 ^a	7 x 1,5 minutos	1-4 minutos	16,5 - 28,5 minutos		
	14 ^a Semana recuperativa					<u>Recuperação:</u> 50% da RCF
	34 ^a , 35 ^a e 36 ^a	8 x 1,5 minutos	1-4 minutos	19 - 33 minutos		
	37 ^a , 38 ^a e 39 ^a	9 x 1,5 minutos	1-4 minutos	21,5 – 37,5 minutos		
						(Alta)

Tabela 01. Caracterização, componentes da SM e classe de medicamentos ingeridas pelos voluntários separados por grupo GTAI e GC.

	GTAI (n = 26)	GC (n = 26)	Valor p
Idade (anos)	49,96 ± 6,53 (40,00 – 59,00)	52,44 ± 6,42 (40,00 – 60,00)	0,16
Relação C/Q	0,93 ± 0,05 (0,83 – 1,04)	0,91 ± 0,06 (0,72 – 1,04)	0,23
CA (cm)	111,67 ± 10,39 (96,00 – 133,00)	107,61 ± 9,96 (94,50 – 133,00)	0,15
Peso (kg)	95,11 ± 16,39 (64,40 – 127,10)	83,25 ± 16,89 (56,00 – 124,7)	0,01
Altura (m)	1,71 ± 0,09 (1,52 – 1,91)	1,63 ± 0,08 (1,47 – 1,80)	0,07
IMC (kg/m²)	32,38 ± 4,28 (23,94 – 40,56)	30,75 ± 4,42 (23,92 – 39,59)	0,18
Componentes da SM (%)			
HA	80,76	80,76	
Glicemia	69,23	69,23	
Triglicérides	73,07	38,46	
HDL baixo	57,69	46,15	
CC aumentada	100,00	100,00	
Classe de medicamentos (%)			
Bloqueador de canais de Ca⁺	11,53	19,23	
Antagonista de Angiotensina II	46,15	34,61	
Diuréticos tiazídicos	30,76	34,61	
Betabloqueadores	11,23	42,30	
Inibidora de ECA	15,38	7,69	
Insulina	7,69	23,07	
Sulfoniluréia	3,84	26,92	
Inibidor de DPP4	3,84	3,84	
Metformina	19,23	30,76	
Estatina	26,92	30,76	
Fibrato	7,69	0,00	
Tiazolidinediona	0,00	7,69	
Antiagregante plaquetário	7,69	3,84	
Outros	34,61	23,07	

Média ± desvio padrão (mínimo – máximo). Legendas: relação C/Q = relação cintura/quadril; CA = circunferência abdominal; IMC = índice de massa corporal; SM = síndrome metabólica; cm = centímetros; kg = quilogramas; m = metros; m² = metros quadrados; % = porcentagem; HÁ = hipertensão arterial; HDL = lipoproteína de alta intensidade; Ca⁺ = Cálcio; ECA = enzima conversora de angiotensina; DPP4 = Dipeptidyl peptidase-4. HA = hipertensão arterial; HDL = lipoproteína de alta densidade.

Tabela 02. Comparação dos deltas dos índices de VFC ajustados por sexo, idade, e presença de medicamentos para controle de pressão arterial.

Variáveis	GTAI	GC	F	P	Eta squared	Effect size
	Média (EP)	Média (EP)				
rMSSD	6,15 (2,10)	-0,18 (2,14)	4,228	0,045	0,084	Moderado
SDNN	8,55 (2,63)	-1,51 (1,68)	6,823	0,012	0,129	Moderado
LF (un)	5,74 (3,29)	-1,67 (3,36)	2,365	0,131	0,049	Baixo
HF (un)	-5,72 (3,27)	1,66 (3,34)	2,375	0,130	0,049	Baixo
LF (ms ²)	419,84 (123,53)	-7,08 (126,11)	5,560	0,023	0,108	Moderado
HF (ms ²)	109,98 (48,22)	-29,94 (49,23)	3,920	0,054	0,079	Moderado
LF/HF	0,58 (0,63)	-0,109 (0,64)	0,561	0,458	0,012	Baixo

Legenda: GTAI = grupo treinamento aeróbio intervalado; GC = grupo controle; rMSSD = raiz quadrada da média do quadrado das diferenças entre intervalos R-R normais adjacentes, expresso em milissegundos; SDNN = desvio padrão de todos os intervalos R-R normais, expresso em milissegundos; LF = baixa frequência; HF = alta frequência; un = unidades normalizadas; ms² = milissegundos ao quadrado. EP = erro padrão.

Tabela 03. Comparação dos deltas das variáveis cardiovasculares ajustados por sexo, idade e presença de medicação para controle de pressão arterial.

Variáveis	GTAI	GC	F	P	Eta squared	Effect size
	Média (EP)	Média (EP)				
FC (bpm)	-1,03 (1,81)	0,55 (1,85)	0,360	0,360	0,008	Baixo
PAS (mmHg)	-1,68 (2,66)	-2,92 (2,71)	0,100	0,754	0,002	Baixo
PAD (mmHg)	-2,19 (2,10)	0,05 (2,14)	0,533	0,469	0,011	Baixo

Legenda: GTAI = grupo treinamento aeróbio intervalado; GC = grupo controle; FC = frequência cardíaca; PAS = pressão arterial sistólica; PAD = pressão arterial diastólica; bpm = batimentos por minuto; mmHg = milímetros de mercúrio; EP = erro padrão.

Artigo 2

Índices geométricos da variabilidade da frequência cardíaca são modificados após treinamento aeróbio intervalado periodizado em indivíduos com síndrome metabólica?

RESUMO

Introdução: alterações autonômicas estão presentes na síndrome metabólica (SM), o que sugere um pior prognóstico a estes indivíduos. Neste sentido, identificar métodos de tratamentos eficazes é fundamental. **Objetivo:** avaliar por meio de índices geométricos da variabilidade da frequência cardíaca (VFC), os efeitos do treinamento aeróbio intervalado (TAI) periodizado na modulação autonômica de indivíduos com SM. **Materiais e métodos:** foram analisados dados de 52 indivíduos com diagnóstico de SM, os quais foram alocados em dois grupos: TAI (GTAI; n = 26) e controle (GC; n = 26). O grupo GTAI foi submetido a 16 semanas de um modelo de TAI periodizado. Para avaliação da modulação autonômica a frequência cardíaca dos voluntários foi captada batimento a batimento no início e final do treinamento e métodos geométricos foram utilizados para análise da VFC. **Resultados:** Aumentos estatisticamente significantes dos índices RRtri ($-1,25 \pm 0,58$ vs. $1,41 \pm 0,57$), SD1 ($-0,13 \pm 1,52$ vs. $4,34 \pm 1,49$) e SD2 ($-2,14 \pm 3,59$ vs. $11,23 \pm 3,52$) foram observados no grupo GTAI quando comparado ao GC. Diferenças significantes não foram observadas para os índices TINN ($-4,05 \pm 17,38$ vs. $25,52 \pm 17,03$) e relação SD1/SD2 ($0,03 \pm 0,02$ vs. $0,00 \pm 0,02$). A análise qualitativa do *plot* de Poincaré mostrou aumento na dispersão dos intervalos RR tanto a curto quanto a longo prazo no grupo GTAI após a intervenção. **Conclusão:** TAI periodizado realizado promoveu um impacto positivo modulação autonômica de indivíduos com SM, caracterizada por aumento da variabilidade global e da modulação parassimpática, que pode ser identificada por meio de índices geométricos da VFC.

Palavras-chave: Síndrome x metabólica, exercício, sistema nervoso autônomo, frequência cardíaca.

INTRODUÇÃO

A variabilidade da frequência cardíaca (VFC), ferramenta simples e não invasiva, avalia modulação autonômica por meio das oscilações entre batimentos cardíacos consecutivos (intervalos RR)¹⁻⁴. Esta, pode ser analisada por diversos métodos, dentre eles os geométricos, os quais permitem apresentar os intervalos RR em padrões geométricos e usar aproximações para derivar as medidas de VFC e fornecem o índice triangular (RRtri), a interpolação triangular de histograma de intervalos NN (TINN) e o *plot* de Poincaré⁵⁻⁷.

Destes, o *plot* de Poincaré pode ser destacado por ser considerado por muitos autores como uma forma não linear de análise da VFC⁸, que possibilita melhor entendimento da natureza de sistemas complexos e dinâmicos que ocorrem no corpo humano em condições saudáveis e patológicas⁹, fornecendo informações adicionais para interpretação fisiológica e prognóstico dos indivíduos avaliados¹⁰.

Por meio de índices geométricos, estudos tem demonstrado alterações da VFC de diversas populações^{8,11,12}, no qual se inclui a síndrome metabólica (SM)⁸, definida como um transtorno representado por um conjunto de pelo menos três fatores de risco (FR) cardiovasculares¹³. Em indivíduos com SM são observados aumento da modulação simpática e redução da modulação global e vagal¹⁴, o que sugere mal funcionamento fisiológico e maior risco de eventos cardiovasculares¹⁵, tornando de fundamental importância a utilização de tratamentos direcionados a essa população.

Dentre os diversos tipos de tratamento utilizados para a melhora da modulação autonômica encontra-se o treinamento aeróbio intervalado (TAI), o qual promove melhora do balanço simpato-vagal com aumento da atuação parassimpática em indivíduos saudáveis e portadores de patologias¹⁶⁻¹⁸. Apesar

disto, estudos que avaliaram os efeitos desse tipo de treinamento para este desfecho em indivíduos com SM não são de nosso conhecimento. Além disto, uma sistematização e periodização do TAI não são encontradas nos modelos descritos na literatura, não sendo estes adaptados para sujeitos em diferentes condições, como é o caso da SM.

Tomados em conjunto esses dados apontam para algumas lacunas na literatura, ou seja, o TAI periodizado é capaz de promover alterações na modulação autonômica cardíaca que podem ser identificadas por índices geométricos da VFC? Caso sim, quais as alterações irão ocorrer? O desenho desse estudo foi realizado para responder a essas questões.

Neste sentido, o estudo tem por objetivo avaliar por meio de índices geométricos da VFC, os efeitos do TAI periodizado na modulação autonômica de indivíduos com SM. Hipotetizamos que o TAI periodizado promoverá alterações positivas na modulação autonômica de indivíduos com SM, as quais poderão ser detectadas por índices geométricos da VFC.

MATERIAIS E MÉTODOS

Natureza do estudo e casuística

O estudo é caracterizado como um ensaio clínico não randomizado, que avalia os efeitos de um modelo de TAI periodizado sobre a modulação autonômica de indivíduos com SM. Esse ensaio clínico foi registrado no ClinicalTrials.gov (NCT03119493).

O recrutamento dos voluntários foi feito por meio da entrega de folders em supermercados, agências bancárias, farmácia, postos de saúde, campanhas

realizadas em praça pública, divulgação em mídia digital (televisão) e palestras realizadas no corpo de bombeiros.

Foram inseridos no estudo indivíduos que apresentassem as seguintes características: não tivessem praticado atividade física regular nos últimos seis meses, não apresentassem episódio de lesão músculo-tendínea ou osteoarticular nos membros inferiores e/ou coluna vertebral e aqueles que não apresentassem doenças respiratórias, neurológicas e cardiovasculares conhecidas.

O cálculo do tamanho amostral foi baseado no estudo de Pichot et al¹⁶ considerando como variável o índice RMSSD. A magnitude da diferença significativa assumida foi de 9 milissegundos (ms), considerando um desvio padrão de 7 ms, com risco alfa de 5% e beta de 80%, o tamanho amostral resultou em um mínimo de 20 indivíduos em cada grupo, sendo acrescido 30% deste valor considerando as possíveis perdas amostrais.

Crítérios éticos

Todos os procedimentos utilizados no estudo foram aprovados pelo Comitê de Ética em pesquisa da FCT/UNESP (CAAE: 53117116.0.0000.5402). Todos os voluntários que participaram do estudo foram informados sobre os seus procedimentos e objetivos e, após concordarem, assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido, que dentre outros aspectos garantiu a privacidade do voluntário. Adicionalmente uma cópia do atestado médico que lhe assegurasse condições físicas para realização de exercícios, foi anexada ao termo de consentimento livre e esclarecido.

Delineamento experimental

O estudo foi composto por três etapas: avaliação inicial, execução do protocolo de treinamento e avaliação final. Na avaliação inicial, inicialmente foi realizada uma entrevista para identificação de dados pessoais (nome, idade, sexo) e medicamentos em uso (medicamentos em uso foram investigados durante todo o protocolo para assegurar que não houvesse modificação ou alteração em sua dosagem). Além disto, os dados antropométricos (massa corpórea, estatura e índice de massa corporal [IMC]) e a perimetria (circunferências da cintura, abdome e quadril) destes voluntários foram avaliados para a caracterização da amostra. Posteriormente, para análise da modulação autonômica os voluntários tiveram sua FC captada batimento a batimento por 30 minutos em decúbito dorsal, por meio de um cardiófrequencímetro (Polar S810i, Finlândia).

Realizadas as avaliações iniciais, os voluntários foram alocados por conveniência em dois grupos: Grupo TAI periodizado (GTAI) e grupo controle (GC) e orientados a manter sua dieta e atividades diárias habituais durante todo o período de realização do estudo. Os voluntários do GTAI foram submetidos a um modelo de TAI periodizado, que teve duração total de 16 semanas e frequência de três sessões semanais, totalizando 39 sessões. Entre as sessões o intervalo recuperativo variou entre 24 a 72 horas. O GC realizou todas as avaliações a que o GTAI foi submetido, porém não foram submetidos ao protocolo de treinamento proposto neste estudo. Após 7 dias do final do protocolo de treinamento, os voluntários realizaram a avaliação final e nela tiveram novamente sua FC captada batimento a batimento por 30 minutos em decúbito dorsal para posterior análise da modulação autonômica.

No grupo GTAI, foram reavaliados os indivíduos que cumpriram pelo menos 85% de presença no protocolo de TAI periodizado, para os demais voluntários foram

realizadas análise de intensão de tratamento. Além disso, decorrido o período de 16 semanas e realizadas as avaliações finais no GC, foram oferecidos a este a oportunidade de realização do TAI periodizado, cumprindo com critérios éticos.

Programa de treinamento

O programa de treinamento foi realizado em esteira ergométrica (Movement, Profissional LX-160, Brasil e Inbramed, Export, Brasil). Este, teve duração de 16 semanas (39 sessões), frequência de três sessões semanais com duração de 30 a 75 minutos por sessão e intervalo recuperativo entre as sessões de 24 a 72 horas. O voluntário utilizou o mesmo ergômetro durante todo o protocolo de treinamento.

Cada sessão de realização do TAI periodizado foi dividida em três etapas: I – aquecimento: composto de cinco minutos de alongamentos globais para membros superiores e inferiores e cinco minutos de caminhada em esteira ergométrica com FC inferior a 20% da reserva de frequência cardíaca (RFC); II - etapa de treinamento, realizada de maneira progressiva, com intensidade variando entre 20 a 90% da RCF¹⁹ com recuperação ativa entre as séries com intensidade de 19 a 50% da RFC, de acordo com as respectivas etapas de treinamento (leve, moderada ou alta); e III – resfriamento, composto de 5 minutos de caminhada na esteira ergométrica com FC inferior a 20% da RFC seguido de 5 minutos de repouso.

A dinâmica de cargas, ou seja, número de séries e repetições (tempo de esforço), tempo de recuperação entre as séries, volume total do treinamento aeróbio intervalado que foi executado e a intensidade de esforço estão descritas no quadro 1.

#Inserir Quadro 1#

Como observamos no quadro 1, as semanas de treinamento foram divididas em níveis de intensidade leve (I) (faixa de treinamento 20 – 39% da RFC e recuperação de 19% da RFC), moderada (II) (faixa de treinamento 40 – 59% da RFC e recuperação de 30% da RFC) e alta (III) (faixa de treinamento 70 – 90% da RFC e recuperação de 50% da RFC).

Na distribuição de cargas previstas para o GTAI o número de séries e os tempos de esforço foram fixos para os voluntários. O tempo de recuperação entre as séries (entre 1 a 4 minutos), tempo total (soma do tempo total de esforço e tempo de recuperação entre as séries) e a velocidade de esforço foram variáveis e estabelecidas individualmente considerando a resposta do voluntário durante a sessão e a porcentagem na qual o treinamento estava sendo realizado.

A intensidade de esforço e o valor da FC de recuperação foram determinados pela RFC, uma forma de prescrição recomendada pela ACSM¹⁹. A RCF foi obtida pela fórmula: $RCF = (FC_{m\acute{a}x} - FC_{rep}) \times \% \text{ treinamento} + F_{rep}$, sendo a frequência cardíaca máxima ($FC_{m\acute{a}x}$) obtida pela fórmula de Karvonen ($FC_{m\acute{a}x} = 220 - \text{idade [em anos]}$)^{19,20} e a frequência cardíaca de repouso (FC_{rep}) encontrada por meio de um cardiofrequencímetro (Polar S810i, Finlândia), com o voluntário em repouso por 30 minutos, sendo realizado a média da FC do 5 ao 25 minuto obtido por meio do programa Polar ProTrainer 5 (versão 5.41.002).

No caso do uso de medicação betabloqueadora, foi utilizada a correção da FC de acordo com a fórmula: $\% \text{ FC de correção} = Y + 95,58/9,74^{21}$ onde Y é a dose em miligramas (mg) de propranolol ou droga equivalente (para a dosagem dos medicamentos equivalentes ao propranolol foi utilizada a tabela de Kaplan)²². A porcentagem resultante desta fórmula foi então subtraída da $FC_{m\acute{a}x}$ para posteriores correções na RFC.

Para maior segurança dos voluntários, durante todo o protocolo de treinamento foram mensuradas a pressão arterial (PA) e a FC antes do aquecimento, após o resfriamento e no início de cada período de recuperação ativa. Além disto, possíveis sinais e sintomas foram monitorados durante toda a sessão e, ao final do resfriamento, a escala de Borg foi aplicada, a fim de verificar o esforço percebido por cada voluntário durante o treinamento.

Avaliação da variabilidade da frequência cardíaca

A modulação autonômica foi avaliada por meio de métodos geométricos da VFC. Para tanto, a FC foi captada batimento a batimento no período da manhã (7h às 11h) em uma sala artificialmente climatizada com temperatura entre 21°C e 24°C e umidade relativa do ar entre 40 a 60%. No período de 24 horas que antecederam a análise de VFC, os voluntários foram orientados a não consumirem substâncias estimulantes como chá, café, refrigerante, achocolatado, chocolate e bebidas alcoólicas.

Para a captação da FC, foi posicionada no terço distal do esterno do voluntário uma cinta de captação e, no seu punho, o cardiofrequencímetro (Polar S810i, Finlândia), equipamento previamente validado para captação da FC batimento a batimento e sua utilização para cálculo dos índices de VFC²³.

Durante a captação da FC, os voluntários foram orientados a permanecerem em silêncio, acordados, em repouso, sem conversar ou se mexer e com respiração espontânea por 30 minutos em decúbito dorsal em uma maca. Não foi permitida a circulação de pessoas pela sala durante a execução das coletas a fim reduzir a ansiedade dos indivíduos e evitar erros de captação.

Os dados obtidos por meio da captação da FC foram transferidos do cardiofrequencímetro ao computador por meio do software Polar ProTrainer 5

(versão 5.41.002) e analisados 1000 intervalos RR consecutivos, após ter sido feita uma filtragem digital complementada por manual para eliminação de batimentos ectópicos prematuros e artefatos, realizada por um avaliador cego, e somente séries com mais de 95% de batimentos sinusais foram incluídas no estudo²³.

A análise da VFC foi realizada por meio de métodos geométricos, os quais convertem os intervalos em padrões geométricos⁵⁻⁷. Foram calculados: índice triangular (RRtri), interpolação triangular de histograma de intervalos NN (TINN) e *Plot* de Poincaré (SD1, SD2 e relação SD1/SD2).

O índice RRtri foi calculado a partir de um histograma de densidade dos intervalos RR, sendo o eixo horizontal (eixo X) o que contém todos os possíveis valores de RR e, o eixo vertical (eixo Y) a frequência em que ocorreram. Unindo as pontas das colunas do histograma, obtêm-se uma figura semelhante a um triângulo⁵. O TINN forma-se a partir da medida da base de um triângulo, aproximando a distribuição de todos os intervalos RR, sendo o método da diferença dos mínimos quadrados utilizado para determinar o triângulo⁵.

O *plot* de Poincaré é um mapa de pontos em coordenadas cartesianas, sendo construído a partir dos valores de RR, onde cada ponto é representado do eixo X pelo intervalo RR normal precedente e, no eixo Y pelo intervalo seguinte, formando uma figura que permite a análise quantitativa (SD1, SD2 e relação SD1/SD2) e qualitativa^{23,11}.

A análise do *plot* de Poincaré foi realizada de maneira quantitativa e qualitativa. Na análise quantitativa foram calculados o índice SD1 (desvio-padrão das distâncias dos pontos à diagonal), índice SD2 (desvio-padrão das distâncias dos pontos à reta^{23,11} e a relação SD1/SD2 (descreve a razão entre as variações curtas e longas variações dos intervalos RR)^{23,11}.

A análise qualitativa do *plot* de Poincaré é uma análise visual, realizada por meio da avaliação de uma figura formada pelo atrator do *plot*¹⁵, sendo estas descritas da seguinte maneira: (a) figura que caracteriza um *plot* normal, com aumento da dispersão dos intervalos RR e (b) figura com pequena dispersão global batimento a batimento de intervalos RR a longo termo ausentes.

Para o cálculo desses índices foi utilizado o software Kubios HRV Analysis versão 2.0 (Kupio University, Finlândia)¹⁵.

Análise dos dados

Para descrição dos dados do perfil da população foi utilizado o método estatístico descritivo e os resultados foram apresentados com valores de médias, desvios padrão, mediana, números mínimo e máximo e intervalo de confiança de 95%.

Para a avaliação dos efeitos do treinamento sobre a modulação autonômica, foram comparados os valores das diferenças encontradas entre os valores obtidos ao final e antes do protocolo de treinamento, em ambos os grupos. Para isso e para comparação das características dos grupos, foi realizada a análise de Covariância (ANCOVA). Essa análise comparou a diferença das médias entre o grupo controle e o grupo treinamento ajustando-se por possíveis fatores de confusão que foram controlados por sua relação direta com a modulação autonômica. Esses fatores de ajuste foram: sexo, idade, hipertensão (controlada ou não). O nível de significância foi estabelecido em 5% para todos os testes. O programa estatístico SPSS (versão 13.0) (SPSS Inc., Chicago, IL, EUA) foi utilizado para as análises.

RESULTADOS

Foram inicialmente avaliados para elegibilidade 680 indivíduos e destes, 628 foram excluídos (541 não cumpriam os critérios de inclusão, 34 desistiram de

participar do estudo e 53 desistiram por razões pessoais). Participaram efetivamente do estudo 55 indivíduos adultos, de ambos os sexos, com idade entre 40 e 60 anos e portadores de SM segundo os critérios definidos pela *International Diabetes Federation* (IDF)¹³. No grupo intervenção um indivíduo foi excluído por erro de captação, sete desistiram do estudo por problemas relacionados ao transporte para chegar ao Centro de Reabilitação e um desistiu por uma lesão musculo esquelética não relacionada ao protocolo de treinamento. Já no grupo controle dois indivíduos foram excluídos por erro de captação e quatro desistiram do estudo por motivo de mudança do município e razões pessoais (Figura 1).

#Inserir Figura 1#

A tabela 1 apresenta as características iniciais dos dois grupos estudados bem como a presença de cada um dos marcadores da SM de maneira isolada e os medicamentos utilizados por ambos os grupos separados por classe. É possível notar diferenças estatisticamente significantes para o peso corporal, porém para as demais variáveis, que inclui o IMC, diferenças significantes não foram observadas.

Inserir Tabela 1

Os efeitos do TAI periodizado nos índices geométricos da VFC podem ser visualizados na tabela 2. Aumentos dos índices RRtri, SD1 e SD2 foram observados no grupo GTAI ($p < 0,05$). Já para o TINN e a relação SD1/SD2, diferenças estatisticamente significantes não foram observadas.

Inserir Tabela 2

A figura 2 mostra a representação visual do padrão do *plot* de Poincaré nos momentos pré e pós-treinamento de um indivíduo de cada grupo (GC e GTAI), os quais foram selecionados por estarem próximos dos valores da média das diferenças dos índices SD1 e SD2 de cada grupo.

Inserir Figura 2

DISCUSSÃO

Os resultados do presente estudo demonstram aumentos estatisticamente significantes dos índices RRtri, SD1 e SD2 no grupo GTAI quando comparado ao GC. Para os índices TINN e relação SD1/SD2 diferenças estatisticamente significantes não foram observadas. Ainda, aumento na dispersão dos batimentos tanto a curto quanto a longo prazo no grupo GTAI após a intervenção foram observados na análise qualitativa do *plot* de Poincaré. Estes resultados sugerem aumento da modulação parassimpática e da variabilidade global nos indivíduos com SM submetidos a 16 semanas do TAI periodizado.

Pelo nosso conhecimento, este é o primeiro estudo a investigar os efeitos do TAI periodizado sobre os índices geométricos da VFC de indivíduos com SM. Esses índices foram capazes de identificar modificações na modulação autonômica induzidas pelo TAI periodizado, caracterizadas tanto pelo aumento da variabilidade global (RRtri e SD2) quanto o aumento da modulação parassimpática (SD1). Além disto, a melhora da modulação autonômica pode ser observada pela análise qualitativa do *plot* de Poincaré, que apresentou maior dispersão dos intervalos RR

tanto batimento a batimento quanto a longo prazo no grupo GTAI após o treinamento.

Efeitos benéficos do TAI não periodizado foram também mostrado em diferentes populações utilizando índices lineares da VFC nos domínios do tempo e da frequência^{17,24}. Munk et al.²⁴ demonstraram que seis meses de TAI de alta intensidade promoveu melhora da modulação autonômica de indivíduos submetidos a intervenção coronária percutânea, o que foi também observado em indivíduos saudáveis submetidos ao TAI¹⁷.

Os efeitos benéficos relacionados à melhora da modulação autonômica de indivíduos submetidos a diferentes tipos de treinamento, podem estar relacionados à redução dos níveis de angiotensina II e aumento do óxido nítrico nesta população, o que parece estar diretamente relacionada à maior modulação vagal nestes indivíduos^{25,26}.

O aumento da variabilidade global e da modulação parassimpática, observados no presente estudo por meio dos índices geométricos, fornecem informações valiosas no que diz respeito às influências do TAI periodizado sobre a regulação cardiovascular destes indivíduos.

Evidências indicam que indivíduos com SM apresentam redução da modulação autonômica e, conseqüentemente, piora da regulação cardiovascular⁸, o que está relacionado a maior risco de eventos cardiovasculares^{27,28}, desenvolvimento de arritmias e maior morbidade e mortalidade²⁸. Neste contexto, a melhora da VFC obtida como efeito de 16 semanas do TAI periodizado, sugere que o treinamento proposto pode ser capaz de melhorar o prognóstico desta população, podendo ser utilizado como importante estratégia de tratamento em indivíduos com SM.

Quanto a relação SD1/SD2, diferenças estatisticamente significantes não foram observadas. Este resultado pode ser justificado pelo fato dos dois índices que a compõem (SD1 e SD2) terem apresentado aumento significativo do grupo GTAI. Adicionalmente, apesar do aumento observado com a realização do treinamento, também não foram observadas diferenças estatisticamente significantes para o índice TINN, que caracteriza a variabilidade global. O TINN é determinado pela largura da linha de base das medidas de mensuração da base de um triângulo, aproximando a distribuição do intervalo NN⁵. Neste sentido, em função desta aproximação, os intervalos NN que sejam discrepantes podem influenciar diretamente nos valores obtidos pelo índice, o que deixa o método menos preciso, e justificaria a ausência de significância relacionada a este.

O presente estudo tem algumas limitações relacionadas ao processo de randomização dos voluntários. Esta foi realizada no projeto piloto deste estudo, porém em função da elevada perda amostral relacionada principalmente ao período em que o treinamento proposto foi realizado (noturno) e a ausência de transporte que dificultava a chegada dos indivíduos ao local do treinamento, impediu que a continuidade do processo de randomização fosse realizada no presente ensaio clínico.

Apesar disto, alguns aspectos reforçam nossos achados. A análise de intensão de tratamento, realizada nos indivíduos que não completaram o TAI periodizado, e variáveis como sexo, idade e influência de medicamentos utilizados no tratamento da hipertensão arterial foram considerados como fatores de confusão, a fim de minimizar os efeitos que estas poderiam ter nas respostas autonômicas deste estudo.

O presente estudo apresenta uma importante implicação clínica, uma vez que os índices extraídos dos métodos geométricos RRtri e TINN são altamente insensíveis para artefatos e batimentos ectópicos, o que reduz a necessidade de um pré-processamento dos dados gravados²⁹. É importante salientar ainda que o *plot* de Poincaré é apontado por muitos autores como um método não linear da VFC³⁰⁻³², e estudos tem demonstrado que os mecanismos envolvidos na regulação cardiovascular interagem entre si de maneira não linear^{32,33}, o que permite fornecer informações complementares a respeito do risco cardiovascular de indivíduos com SM.

CONCLUSÃO

Pode-se concluir que 16 semanas do TAI periodizado promoveu um impacto positivo modulação autonômica de indivíduos com SM, caracterizada por aumento da variabilidade global e da modulação parassimpática, que pode ser identificada por meio de índices geométricos da VFC.

REFERÊNCIAS

1. Brian AI, Christopher KD, Brock DW, Weltman JY, Damon S, Barrett EJ et al. Effect of exercise training on abdominal visceral fat and body composition. *Med Sci Sports Exerc.* 2009;40(11):1863–72.
2. Tjonna A, Lee S, Rognmo O, Stolen T, Bye A. Aerobic interval training versus continuous moderate exercise as a treatment for the metabolic syndrome: a pilot study. *Circulation.* 2008;118(4):346–54.
3. Earnest CP, Johannsen NM, Swift DL, Gillison FB, Catherine R, Lucia A, et al. NIH Public Access. 2015;46(7):1293–301.
4. Churilla JR, Johnson TM, Magyari PM, Crouter SE. Diabetes & Metabolic Syndrome: Clinical Research & Reviews Descriptive analysis of resistance exercise and metabolic syndrome. *Diabetes Metab Syndr Clin Res Rev.* 2012;6(1):42–7.
5. 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.* 1996;17:354–81.
6. Majercak I. The use of heart rate variability in cardiology. *Bratisl Lek Listy* 2002;103(10):368-377.
7. Acharya UR, Joseph KP, Kannathal N, Lim CM, Suri JS. Heart rate variability : A review. *Medical and Biological Engineering and Computing.* 2007;44(12):1031-1051.
8. Kubičková A, Kozumplík J, Nováková Z, Plachý M, Jurák P, Lipoldová J. Heart rate variability analysed by Poincaré plot in patients with metabolic syndrome. *Journal of Electrocardiology.* 2016;49:23–8.
9. Higgins JP. Nonlinear Systems in Medicine. *Yale J Biol Med.* 2002;75(5-6):247–60.
10. Khaled A, Owis MI, Mohamed ASA. Employing Time-Domain Methods and Poincaré Plot of Heart Rate Variability Signals to Detect Congestive Heart Failure. *BIME Journal.* 2006;6(1): 35-41.
11. Vanderlei LCM, Pastre CM, Hoshi A, Dias T, Fernandes M. Noções básicas de variabilidade da frequência cardíaca e sua aplicabilidade clínica. *Rev Bras Cir Cardiovasc.* 2009;24(2):205–17.

12. Carvalho TD, Pastre CM, Godoy MF, Ferreira C, Pitta FO, Abreu LC. Fractal correlation property of heart rate variability in chronic obstructive pulmonary disease. *Rev Port Pneumol*. 2011;6:23–8.
13. Alberti KGMM, Eckel RH, Grundy SM, Zimmet PZ, Cleeman JI, Donato KA, et al. Harmonizing the Metabolic Syndrome: A Joint Interim Statement of the International Diabetes Federation Task Force on Epidemiology and Prevention; National Heart, Lung, and Blood Institute; American Heart Association; World Heart Federation; International . *Circulation*. 2009;120(16):1640–5.
14. Stuckey MI, Tulppo MP, Kiviniemi AM, Petrella RJ. Heart rate variability and the metabolic syndrome: a systematic review of the literature. *Diabetes Metab Res Rev*. 2014;30(8):784-93.
15. Brunetto AF, Silva BM, Roseguini BT. Limiar ventilatório e variabilidade da frequência cardíaca em adolescentes. *Rev Bras Med Esporte*. 2005;11(1):22-27.
16. Pichot V, Roche F, Denis C, Garet M, Duverney D, Costes F, et al. Interval training in elderly men increases both heart rate variability and baroreflex activity. *Clin Auton Res*. 2005;15(2):107–15.
17. Rakobowchuk M, Harris E, Taylor A, Cubbon RM, Birch KM. Moderate and heavy metabolic stress interval training improve arterial stiffness and heart rate dynamics in humans. *Eur J Appl Physiol*. 2013;113(4):839–49.
18. Tamburus NY, Paula RFL, Kunz VC, César MC, Moreno MA, da Silva E. Interval training based on ventilatory anaerobic threshold increases cardiac vagal modulation and decreases high-sensitivity c-reactive protein: Randomized clinical trial in coronary artery disease. *Brazilian J Phys Ther*. 2015;19(6):441–50.
19. Mezzani A, Hamm LF, Jones AM, McBride PE, Moholdt T, Stone JA, et al. Aerobic exercise intensity assessment and prescription in cardiac rehabilitation: a joint position statement of the European Association for Cardiovascular Prevention and Rehabilitation, the American Association of Cardiovascular and Pulmonary Rehabil. *J Cardiopulm Rehabil Prev*. 2013;20(3):327–50.
20. American college of sports medicine. Diretrizes do ACSM para os testes de esforço e sua prescrição. Oitava edição. Rio de Janeiro. Guanabara Koogan.

- 2010.
21. Camarda SR., Tebexreni AS., Páfaro C., Sasai F., Tambeira V., Juliano Y, et al. Comparação da Frequência Cardíaca Máxima Medida com as Fórmulas de Predição Propostas por Karvonen e Tanaka. *Arq Bras Cardiol.* 2008;311–4.
 22. Costa RVC, Braga AMW, Carlos A. I Consenso Nacional de Reabilitação Cardiovascular. *Arq Bras Cardiol.* 1997;69(4):267–91.
 23. Gleeson N, Eston R, Marginson V, McHugh M, Bird S. Effects of prior concentric training on eccentric exercise induced muscle damage. *Br J Sports Med.* 2003;37(2):119–25.
 24. Munk PS, Butt N, Larsen AI. High-intensity interval exercise training improves heart rate variability in patients following percutaneous coronary intervention for angina pectoris. *Int J Cardiol.* 2010;145(2):312–4.
 25. Townend JN, al-Ani M, West JN, Littler WA, Coote JH. Modulation of cardiac autonomic control in humans by angiotensin II. *Hypertension.* 1995;25(6):1270–5.
 26. Chowdhary S, Townend JN. Role of nitric oxide in the regulation of cardiovascular autonomic control. *Clin Sci.* 1999;97(1):5–17.
 27. Gunes Y, Guntekin U, Tuncer M, Sahin M. Os efeitos da trimetazidina na variabilidade da frequência cardíaca em pacientes com insuficiência cardíaca. 2009;93(2):154–8.
 28. Tukek T, Yildiz P, Atilgan D, Tuzcu V, Eren M, Erk O et al. Effect of diurnal variability of heart rate on development of arrhythmia in patients with chronic obstructive pulmonary disease. 2003;88:199–206.
 29. Barbosa MPR, Netto Júnior J, Cassemiro BM, Souza NM, Bernardo AFB, Silva AKF, et al. Impact of functional training on cardiac autonomic modulation, cardiopulmonary parameters and quality of life in healthy women. *Clin Physiol Funct Imaging.* 2016;36(4):318–25.
 30. Silva SAF, Guida HL, Antônio AMS, Vanderlei LCM, Ferreira LL, Abreu LC et al. Auditory stimulation with music influences the geometric indices of heart rate variability in men. 2014;7:27.
 31. Karmakar CK, Gubbi J, Khandoker AH, Palaniswami M. Analyzing temporal variability of standard descriptors of Poincaré plots. *J Electrocardiol [Internet].* 2010;43(6):719–24.
 32. Hoshi RM, Pastre CM, Vanderlei LCM, Godoy MF. Poincaré plot indexes of

heart rate variability: relationships with other non linear variables. 2013;177(2):271–74.

33. Godoy M, Takakura I, Correa P. Relevance of the analysis of nonlinear dynamic behavior (chaos theory) as a prognostic factor of morbidity and mortality in patients undergoing coronary artery bypass grafting. *Arq Ciências da Saúde*. 2005;12:167–71.

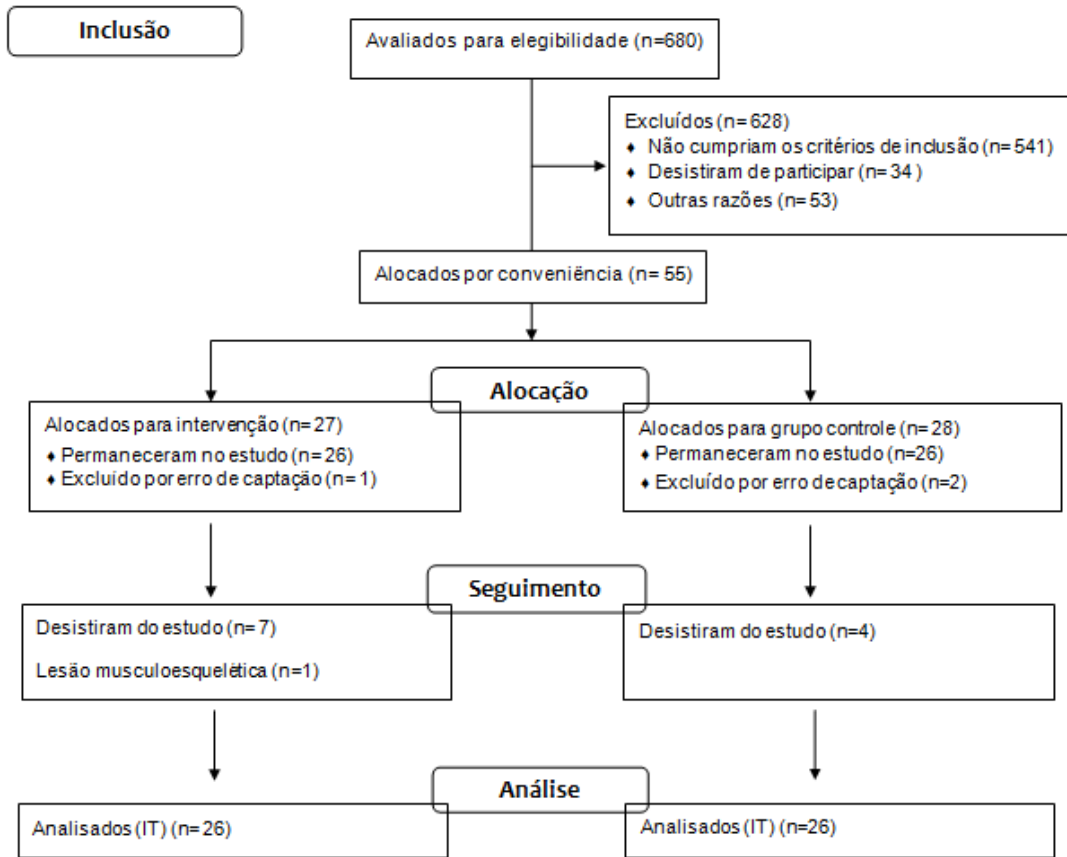


Figura 1. Fluxograma de perdas; IT = intenção de tratamento.

Tabela 01. Caracterização, componentes da SM e classe de medicamentos ingeridas pelos voluntários dos grupos GTAI e GC.

	GTAI (n = 26)	GC (n = 26)	Valor p
Idade (anos)	49,96 ± 6,53 (40,00 – 59,00)	52,44 ± 6,42 (40,00 – 60,00)	0,16
Relação C/Q	0,93 ± 0,05 (0,83 – 1,04)	0,91 ± 0,06 (0,72 – 1,04)	0,23
CA (cm)	111,67 ± 10,39 (96,00 – 133,00)	107,61 ± 9,96 (94,50 – 133,00)	0,15
Peso (kg)	95,11 ± 16,39 (64,40 – 127,10)	83,25 ± 16,89 (56,00 – 124,7)	0,01
Altura (m)	1,71 ± 0,09 (1,52 – 1,91)	1,63 ± 0,08 (1,47 – 1,80)	0,07
IMC (kg/m²)	32,38 ± 4,28 (23,94 – 40,56)	30,75 ± 4,42 (23,92 – 39,59)	0,18
COMPONENTES DA SM (%)			
HA	80,76	80,76	
Glicemia	69,23	69,23	
Triglicérides	73,07	38,46	
HDL baixo	57,69	46,15	
CC aumentada	100,00	100,00	
CLASSE DE MEDICAMENTOS (%)			
Bloqueador de canais de Ca⁺	11,53	19,23	
Antagonista de Angiotensina II	46,15	34,61	
Diuréticos tiazídicos	30,76	34,61	
Betabloqueadores	11,23	42,30	
Inibidora de ECA	15,38	7,69	
Insulina	7,69	23,07	
Sulfoniluréia	3,84	26,92	
Inibidor de DPP4	3,84	3,84	
Metformina	19,23	30,76	
Estatina	26,92	30,76	
Fibrato	7,69	0,00	
Tiazolidinediona	0,00	7,69	
Antiagregante plaquetário	7,69	3,84	
Outros	34,61	23,07	

Média ± desvio padrão (mínimo – máximo). Legendas: relação C/Q = relação cintura/quadril; CA = circunferência abdominal; IMC = índice de massa corporal; SM = síndrome metabólica; cm = centímetros; kg = quilogramas; m = metros; m² = metros quadrados; % = porcentagem; HA = hipertensão arterial; HDL = lipoproteína de alta intensidade; Ca⁺ = Cálcio; ECA = enzima conversora de angiotensina; DPP4 = Dipeptidyl peptidase-4. HA = hipertensão arterial; HDL = lipoproteína de alta densidade.

Tabela 02. Comparação dos deltas dos índices geométricos da VFC ajustados por sexo, idade e presença de medicamentos para controle da pressão arterial dos voluntários dos grupos GTAI e GC.

Variáveis	GC	GTAI	F	P	Eta squared	Effect size
	Média (EP)	Média (EP)				
RRTRI	-1,25 (0,58)	1,41 (0,57)	10,10	0,00	0,18	Alto
TINN	-4,05 (17,38)	25,52 (17,03)	1,40	0,24	0,03	Baixo
SD1	-0,13 (1,52)	4,34 (1,49)	4,20	0,04	0,08	Moderado
SD2	-2,14 (3,59)	11,23 (3,52)	6,71	0,01	0,12	Alto
SD1/SD2	0,03 (0,02)	0,00 (0,02)	0,66	0,41	0,01	Baixo

Legenda: GTAI = grupo treinamento aeróbico intervalado; GC = grupo controle; EP = erro padrão; RRTRI = índice triangular; TINN = interpolação triangular de histograma de intervalos NN; SD1 = desvio padrão 1 do *plot* de Poincaré; SD2 = desvio padrão 2 do *plot* de Poincaré.

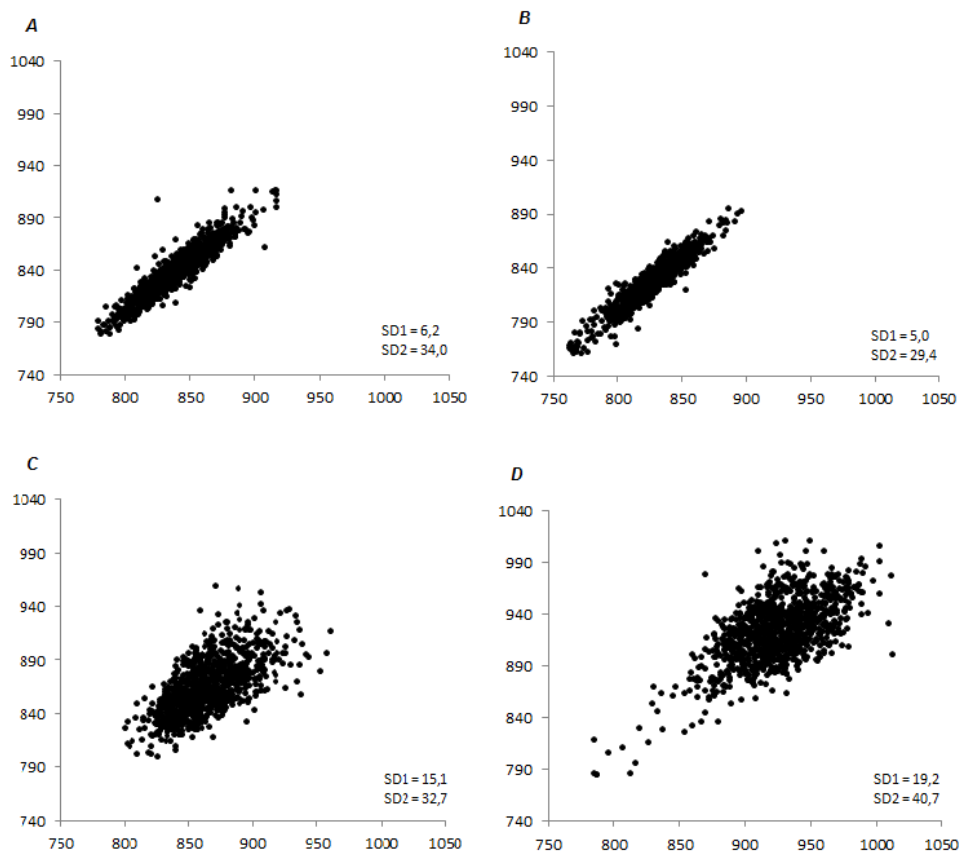


Figura 2. Exemplo do *plot* de Poincaré observado no grupo controle [pré (a) e pós (b)], e no grupo submetido ao programa de TAI periodizado [pré (c) e pós (d)].

Conclusões

Conclui-se, a partir dos achados que:

- I. Alterações nos parâmetros cardiovasculares não foram evidenciadas nos indivíduos SM submetidos ao TAI periodizado. Apesar disto, efeitos positivos na modulação autonômica de indivíduos portadores de SM, caracterizada por um aumento da atividade parassimpática, simpática e global desta população foram encontrados após 16 semanas de TAI periodizado.
- II. Alterações na modulação autônoma de indivíduos com SM submetidos ao TAI periodizado também foram evidenciados por índices geométricos da VFC.

Referências

1. I Diretriz Brasileira de Diagnóstico e Tratamento da Síndrome Metabólica. Arquivos Brasileiros de Cardiologia. 2005;84(1).
2. Meirelles RMR. Menopausa e síndrome metabólica. Arquivos Brasileiros Endocrinologia Metabólica. 2014;58(2).
3. Leal J, Garganta R, Seabra A, Chaves R, Souza M, Maia J. Um resumo do estado da arte acerca da Síndrome Metabólica. Conceito, operacionalização, estratégias de análise estatística e sua associação a níveis distintos de atividade física. Revista Portuguesa Ciências do Desporto. 2009;9(2-3):231-244.
4. Penalva DQF. Síndrome metabólica: diagnóstico e tratamento. Revista Medicina (São Paulo). 2008;87(4):245-50.
5. Hu G, Qiao Q, Tuomilehto J, Balkau B, Borch-Johnsen K, Pyorala K, et al. Prevalence of the metabolic syndrome and its relation to all-cause and cardiovascular mortality in nondiabetic European men and women. Arch Intern Med. 2004;164(10):1066–76.
6. Song Q-B, Zhao Y, Liu Y-Q, Zhang J, Xin S-J, Dong G-H. Sex difference in the prevalence of metabolic syndrome and cardiovascular-related risk factors in urban adults from 33 communities of China: The Chpsne study. Diabetes Vasc Dis Res. 2015;12(3):189–98.
7. Vidigal FC, Bressan J, Babio N, Salas-Salvadó J. Prevalence of metabolic syndrome in Brazilian adults: a systematic review. BMC Public Health. 2013;13:1198.
8. Grundy SM, Cleeman JI, Daniels SR, Donato KA, Eckel RH, et al. Diagnosis and Management of the metabolic syndrome. Circulation. 2005;112:2735-2752.
9. Alberti KGMM, Eckel RH, Grundy SM, Zimmet PZ, Cleeman JI, et al. Harmonizing the Metabolic Syndrome: a joint interim statement of the international diabetes federation task force on epidemiology and prevention; National Heart, Lung, and Blood Institute;
- 10.7. World Health Organization: Report of a WHO consultation: definition of metabolic syndrome in definition, diagnosis and classification of diabetes mellitus and its complications I. Diagnosis and classification of diabetes mellitus. Geneva, World Health Organization, Department of Noncommunicable Disease Surveillance, 1999.

11. Kaur J. A comprehensive review on metabolic syndrome. *Cardiology Research and Practice*. 2014;12(4):856-75.
12. Esser N, Legrand-Poels S, Piette J, Schenn AJ, Paquot N. Inflammation as a link between obesity, metabolic syndrome and type 2 diabetes. *Diabetes research and clinical practice*. 2014;105:141-150.
13. Ren SY, Xu X. Role of autophagy in metabolic syndrome-associated heart disease. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Molecular Basis of Disease*. 2015;1852(2):225-231.
14. Stuckey MI, Tulpo MP, Kiviniemi AM, Petrella RJ. Heart rate variability and the metabolic syndrome: a systematic review of the literature. *Diabetes Metabolism Research Review*. 2014;30:784-793.
15. Gehi A, Lampert R, Veledar E, Lee F, Goldberg J, et al. A twin study of metabolic syndrome and autonomic tone. *Journal of cardiovascular electrophysiology*. 2010;20(4):422-428.
16. Vanderlei LCM, Pastre CM, Hoshi RA, Carvalho TD, Godoy MF. Noções básicas de variabilidade da frequência cardíaca e sua aplicabilidade clínica. *Revista Brasileira de Cirurgia Cardiovascular* 2009;24(2):205-217.
17. 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*. 1996;17:354–81.
18. Majercak I. The use of heart rate variability in cardiology. *Bratisl Lek Listy* 2002;103(10):368-377.
19. Acharya UR, Joseph KP, Kannathal N, Lim CM, Suri JS. Heart rate variability : A review. *Medical and Biological Engineering and Computing*. 2007;44(12):1031-1051.
20. Kubičková A, Kozumplík J, Nováková Z, Plachý M, Jurák P, Lipoldová J. Heart rate variability analysed by Poincaré plot in patients with metabolic syndrome. 2016;49:23–8.
21. Higgins JP. Nonlinear Systems in Medicine. *Yale J Biol Med*. 2002;75(5-6):247–60.
22. Khaled A, Owis MI, Mohamed ASA. Employing Time-Domain Methods and Poincaré Plot of Heart Rate Variability Signals to Detect Congestive Heart Failure. *BIME Journal*. 2006;6(1): 35-41.

23. Tsuji H, Larson MG, Venditti FJ Jr, Manders ES, Evans JC, Feldman CL, et al. Impact of reduced heart rate variability on risk for cardiac events. The Framingham heart study. *Circulation*. 1996;94(11):2850–5.
24. Zhang WH, Xue P, Yao MY, Chang HM, Wu Y, et al. Prevalence of metabolic syndrome and its relationship with physical activity in suburban Beijing, China. *Annals of Nutrition of Metabolism*. 2013;63:298-304.
25. Vasconcellos FVA, Kraemer-Aguiar MG, Lima AFPS, Paschoalino TMPF, Monteiro WD. Exercício físico e síndrome metabólica. *Revista HUPE*. 2013;12(4):78-88.
26. Tibana RA, Boullosa DA, Leicht AS, Prestes J. Women with metabolic syndrome present different autonomic modulation and blood pressure response to an acute resistance exercise session compared with women without metabolic syndrome. *Clinical Physiology and Functional Imaging*. 2013;33:364-72.
27. Colombo CM, Macedo RM, Fernandes-Silva MM, Caporal AM, Stinghen AE, Costantino CR et al. Efeitos de curto prazo de um programa de atividade física moderada em pacientes com síndrome metabólica. *Einstein*. 2013;11(3):324-30.
28. Dumortier M, Brandou F, Perez-Martin A, Fedou C, Mercier J, Brun JF. Low intensity endurance exercise targeted for lipid oxidation improves body composition and insulin sensitivity in patients with the metabolic syndrome. *Diabetes & Metabolism*. 2003;29(5):509-18.
29. Watkins LL, Sherwood A, Feinglos M, Hinderliter A, Babyak M, Gullette E et al. Effects of exercise and weight loss on cardiac risk factors associated with syndrome X. *Archives of Internal Medicine*. 2003;163(16):1889-95.
30. Gomes VA, Casella-Filho A, Chagas ACP, Tanus-Santos JE. Enhanced concentrations of relevant markers of nitric oxide formation after exercise training in patients with metabolic syndrome. *Nitric Oxide*. 2008;19(4):345-50.
31. Irving BA, Davis CK, Brock DW, Weltman JY, Swift D, Barrett EJ et al. Effect of exercise training intensity on abdominal visceral fat and body composition. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2008;40(11):1863-72.
32. Tjønnå AE, Lee SJ, Rognmo Ø, Stølen TO, Bye A, Haram PM et al. Aerobic interval training versus continuous moderate exercise as a treatment for the metabolic syndrome: a pilot study. *Circulation*. 2008;118(4):346-54.

33. Ernest CP, Johannsen NM, Swift DL, Gillison FB, Mikus CR, Lucia A, et al. Aerobic and strength training in concomitant metabolic syndrome and type 2 diabetes. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2014;46(7):1293-301.
34. Churilla JR, Johnson TM, Magyari PM, Crouter SE. Descriptive analysis of resistance exercise and metabolic syndrome. *Diab & Metab Syndrome: Clinical Research & Reviews*. 2012;6:42-7.
35. Strasser B, Siebert U, Schobersberger W. Resistance Training in the Treatment of the Metabolic Syndrome. *Sports Medicine*. 2010;40(5):397-415.
36. Sundell J. Resistance training is an effective tool against metabolic and frailty syndromes. *Advances in Preventive Medicine*. 2011;7.
37. Balducci S, Zanuso S, Nicolucci A, Fernando F, Cavallo S, Cardelli P et al. Anti-inflammatory effect of exercise training in subjects with type 2 diabetes and the metabolic syndrome is dependent on exercise modalities and independent of weight loss. *Nutrition Metabolism and Cardiovascular Disease*. 2010;20(8):608-17.
38. Gibala MJ, Little JP, Van Essen M, Wilkin GP, Burgomaster KA, Safdar A, et al. Short-term sprint interval versus traditional endurance training: similar initial adaptations in human skeletal muscle and exercise performance. *Journal of Physiology*. 2006;575(3):901-11.
39. Wisløff U, Ellingsen Ø, Kemi O. High-Intensity interval training to maximize cardiac benefits of exercise training? *Exerc Sport Sci Rev*. 2009;37(3):139-146.
40. Gayda M, Normandin E, Meyer P, Juneau M, Haykowsky M, Nigam A. Central hemodynamic responses during acute high-intensity interval exercise and moderate continuous exercise in patients with heart failure. *Applied Physiology Nutrition Metabolism*. 2012;37(6):1171-8.
41. Guiraud T, Nigam A, Juneau M, Meyer P, Gayda M, Bosquet L. Acute Responses to High-Intensity Intermittent Exercise in CHD Patients. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2011; 43(2): 211-217
42. Rakobowchuk M, Harris E, Taylor A, Cubbon RM, Birch KM. Moderate and heavy metabolic stress interval training improve arterial stiffness and heart rate dynamics in humans. *European Journal Applied Physiology*. 2013;113:839-849.

- 43.53. Fronchetti L, Nakamura FY, Oliveira FR, Lima-Silva AE, Lima JRP. Effects of high-intensity interval training on heart rate variability during exercise. JEP online.2007;10(4):1-9.
44. Matveyev LP. Problem of periodization the sport training [in Russian]. Moscow: FiS Publisher, 1964.
45. Issurin VB. New horizons for the methodology and physiology of training periodization. Sports Medicine. 2010;40(3):189-206.