

Programa de Pós-graduação em Fisioterapia

Natália Turri da Silva

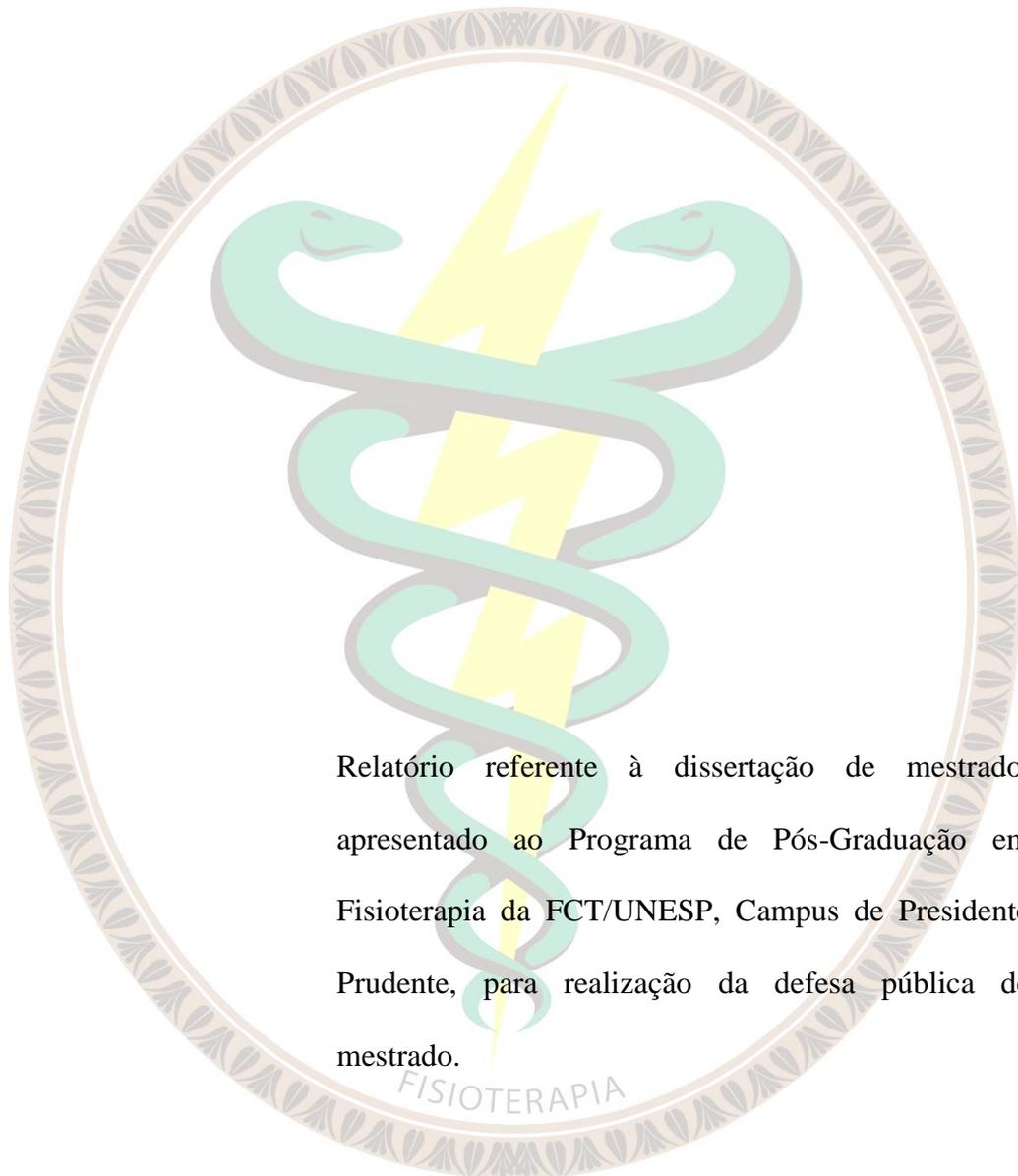
**Efeitos de dois treinamentos resistidos periodizados sobre a
modulação autonômica e composição corporal em indivíduos
adultos com síndrome metabólica**

FISIOTERAPIA

Presidente Prudente

2016

Programa de Pós-graduação em Fisioterapia



Orientador: Prof. Dr. Luiz Carlos Marques Vanderlei

Presidente Prudente

2016

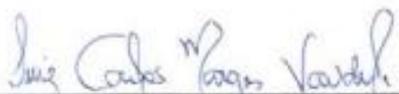
FICHA CATALOGRÁFICA

S581e Silva, Natália Turri da.
Efeitos de dois treinamentos resistidos periodizados sobre a modulação autonômica e composição corporal em indivíduos adultos com síndrome metabólica / Natália Turri da Silva. - Presidente Prudente: [s.n.], 2016
107 f.

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

1. Síndrome metabólica. 2. Modulação autonômica. 3. Treinamento resistido. I. Vanderlei, Luiz Carlos Marques. II. Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Ciências e Tecnologia. III. Título

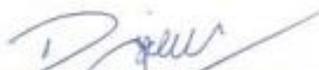
BANCA EXAMINADORA



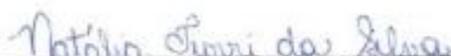
PROF. DR. LUIZ CARLOS MARQUES VANDERLEI
(ORIENTADOR)



PROF. DR. GERSON CIPRIANO JUNIOR
(UnB - Universidade de Brasília)



PROF. DR. DIEGO GIULLIANO DESTRO CHRISTOFARO
(FCT/UNESP)



NATÁLIA TURRI DA SILVA

PRESIDENTE PRUDENTE, 11 DE JULHO DE 2016.

RESULTADO: APROVADO

Dedicatória

Dedico esta dissertação à todos os profissionais da saúde,
especialmente aos
terapeutas do exercício, para que lhes seja um meio
colaborativo às práticas clínicas

Agradecimientos

Primeiramente à Deus, por ser sempre meu guia. Por acompanhar todas as situações da minha vida, me levantando quando foi preciso e estando presente nas minhas vitórias.

Meus sinceros agradecimentos à minha família, por ser minha grande incentivadora, embora às vezes com um pouco de medo das minhas escolhas malucas nos momentos mais inusitados. Falo isso desde criança, mas sempre é bom lembrar: vocês são a base mais forte que poderia ter sido construída pra mim. Obrigada meus queridos pais Carlos e Gisela por tanto amor!

Ainda sobre família, obrigada maninho Caio por me surpreender com suas atitudes tão maduras (mesmo você às vezes nem percebendo) e tão carinhosas comigo! Eu te amo inteiramente e sou grata por termos mais do que uma relação de irmãos de sangue, mas também de amizade!

Agradeço também às minhas avós, Nice e Isolina, que me ensinaram muito com seus exemplos de vida. Meu amor é eterno por vocês.

Agradeço ao meu orientador, conselheiro, exemplo de dedicação, competência e humildade, que me “pegou para criar” desde os meus 19 anos, quando eu ainda era uma criança tagarela e sonhadora que habitava uma jovem universitária. Obrigada pelos ensinamentos falados ou implícitos que colaboraram com minha evolução pessoal e profissional. Devo muito ao que “venho me tornando” ao senhor.

Obrigada também à você meu amor Fernando Kaway, por surgir na minha vida, bagunçar ela toda e me tornar uma pessoa melhor! Obrigada por ser meu grande incentivador, pelas broncas dadas quando “a mulher chilique” atacava tentando atrapalhar meu trabalho e principalmente, por sempre vibrar por todas as minhas vitórias de uma forma que às vezes nem eu conseguia. Te desejo meu eterno amor e gratidão. Agradeço também aos seus pais, Jane e Tadashi, que tantas vezes facilitaram minha rotina.

Também agradeço ao Laboratório de Fisiologia do Estresse em todas as suas gerações, as quais contribuíram com minha trajetória acadêmica. Agradeço inclusive às que participaram da minha vida durante este mestrado, Luana, Anne, Ray e Lais por me proporcionarem um convívio de muito aprendizado. Em especial meus sinceros agradecimentos às minhas grandes amigas, a bonita da Ana Laura, à minha miga sua louca Isa e a minha eterna parzinha Fanny por perto ou longe do convívio diário sempre participarem diretamente da minha vida, não apenas acadêmica.

Meu muito obrigada às minhas amigas de alma Fernanda e Rafa pelo convívio proporcionado durante o meu mestrado, e por permitirem formar comigo uma relação de amizade sólida e duradoura. Vocês são como parte da minha família! Amo vocês!

Agradeço também àquelas que não apenas dividiram as despesas de casa comigo, mas que me forneceram um convívio sincero e saudável, e que independente do tempo sob o mesmo teto já conquistaram um

lugarzinho especial no meu coração. Obrigada Luana, Marcela e Carmem por tornarem meu período de mestrado mais feliz!

Muito obrigada também ao professor Jayme Netto e ao Lafide, por proporcionarem uma parceria acadêmica de qualidade.

Gostaria de agradecer também à minha orientanda Romy, por colaborar com meu aprimoramento como professora. Ainda estou engatinhando, mas você fez parte dessa construção.

Agradeço ao professor Diego, por me orientar nas análises dos dados desta pesquisa sendo sempre atencioso e disponível.

Ainda, agradeço também de forma carinhosa a todos os voluntários participantes da pesquisa, que me permitiram concluir mais esta etapa de muito esforço e aprendizado. Sem vocês isto não teria ocorrido.

Por fim agradeço a Capes e a Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), pelo financiamento fornecido à execução deste trabalho, tanto no Brasil quanto na Inglaterra.

À todos vocês meus sinceros agradecimentos!

Epigrafe

A alegria que se tem em pensar e aprender faz-nos

pensar e aprender ainda mais

Aristóteles

Sumário

SUMÁRIO

1. Apresentação.....	13
2. Resumo.....	16
3. Abstract.....	19
4. Introdução.....	22
a. Artigo 1.....	29
b. Artigo 2.....	61
5. Conclusões.....	98
6. Referências.....	100

Apresentação

Este é um modelo alternativo de dissertação e contempla a pesquisa intitulada: “Efeitos de dois treinamentos resistidos periodizados sobre a modulação autonômica e composição corporal, parâmetros cardiorrespiratórios e força muscular em indivíduos adultos com síndrome metabólica” realizada na Faculdade de Ciências e Tecnologia – FCT/UNESP e em uma clínica de reabilitação e longevidade de Presidente Prudente, SP.

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: Silva NT, Vanderlei LCM. “Benefícios em modulação autonômica, composição corporal, parâmetros cardiorrespiratórios e força muscular podem ser alcançados em diferentes tipos de treinamento resistido na síndrome metabólica?”, que será submetido para análise ao periódico: International Journal of Cardiology.
- * Artigo II: Silva NT, Vanderlei LCM. “Aplicação do modelo caótico global e dimensão fractal Higuchi relativos aos efeitos de dois treinamentos resistidos periodizados em adultos com síndrome metabólica”, que será submetido para análise ao periódico: Physiotherapy;
- * Conclusões, obtidas por meio da pesquisa realizada;
- * Referências, 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 que podem ser encontradas nos links:

<http://www.journals.elsevier.com/international-journal-of-cardiology>

<http://www.journals.elsevier.com/physiotherapy>.

Resumo

Treinamentos resistidos são cada vez mais empregados para manutenção da saúde ou tratamento de doenças. Dentre eles, o treinamento resistido funcional tem se difundido, entretanto carecem estudos que avaliem sua influência em modulação autonômica (MA), composição corporal, força muscular (FM) e parâmetros cardiorrespiratórios em pacientes com síndrome metabólica (SM). Este estudo buscou analisar e comparar os efeitos de treinamento resistido convencional vs funcional sobre a MA, composição corporal, FM e parâmetros cardiorrespiratórios na SM. Foram avaliados 50 sujeitos com SM de ambos os sexos, de 40 a 60 anos, divididos em grupos, sendo no primeiro artigo explorado treinamentos resistidos funcional e convencional, com 19 sujeitos em cada grupo e no segundo artigo três grupos (convencional, funcional e controle) com 19 sujeitos nos grupos treinamentos e 12 controle. Os grupos treinamentos funcional e convencional foram periodizados por 12 semanas, totalizando 30 sessões. Para a análise da MA índices de variabilidade da frequência cardíaca foram obtidos nos domínios do tempo (RMSSD e SDNN) e da frequência (LF, HF, LF/HF), índices geométricos (plot de Poincaré, interpolação triangular dos intervalos NN (TINN), índice triangular (RRtri) e índices no domínio do caos (Caóticos Globais e Dimensão Fractal Higuchi). Para avaliação da FM foi usado teste 1RM, para composição corporal usou-se bioimpedância, e os parâmetros cardiorrespiratórios avaliados foram pressão arterial, frequência cardíaca e saturação de O₂. Os resultados mostraram que o treinamento resistido funcional é superior ao convencional para benefícios em MA com maior ação do sistema nervoso parassimpático, embora no domínio do caos não houve diferenças entre os grupos. Apenas o funcional melhorou pressão arterial (redução de 10 mmHg para sistólica e 7mmHg para diastólica) ao comparar valores pré e pós treino. Entretanto ambos aumentaram FM semelhantemente (diferença entre os grupos $p > 0.127$) e nenhum deles promoveram

alterações em composição corporal. Conclui-se que o treinamento resistido funcional é superior ao convencional para promover melhores respostas da MA e redução de pressão arterial, ambos os treinos aumentam FM e nenhum deles alteram composição corporal em indivíduos adultos com SM após 30 sessões de treinamento periodizado.

Palavras-chave: Sistema nervoso autônomo; Síndrome x metabólica; treinamento resistido.

Abstract

Resistance training have been applied on health promotion and disease's treatments. Among the types of resistance training, is the functional resistance training which has been highlighted in recent times. However lacks studies evaluating its influence on aspects such as autonomic modulation (AM), body composition, muscular strength (MS) and cardiorespiratory parameters in patients with metabolic syndrome (MetS). This study analyze and compare the effects of conventional resistance training vs. functional resistance training on AM, body composition, MS and cardiorespiratory parameters in MetS patients. For its realization 60 subjects of both sexes, aged between 40 and 60 years old, who have MetS were evaluated and divided by groups: for the first paper two training groups (functional vs conventional) with 19 subjects each one, and for the second paper three groups (functional, conventional and control) with 19 subjects for each training group and 12 controls. The FRT and CRT groups were periodized by 12 weeks, totalizing 30 training sessions. The autonomic modulation indexes of heart rate variability were used to evaluate AM and these indexes were obtained in the time domain (RMSSD and SDNN), frequency domain (LF, HF, LF / HF), geometric indices (Poincaré plot, triangular interpolation of NN intervals (TINN) and triangular index (RRtri) and chaos domain indexes (Chaotic global index and Higuchi Fractal Dimension). The evaluation of MS was made by 1 maximum repetition, the body composition was evaluated by bioimpedance and BMI, and the cardiorespiratory parameters analyzed were blood pressure, heart rate and oxygen saturation. The results showed that functional resistance training is better than conventional resistance training for benefits in AM promoting higher parasympathetic action, although there were not differences on chaos domain among the groups. Just the functional group improved arterial blood pressure (ABP) when comparing pre and post training moments. However both training increased MS equally and none of the training programs promoted

alterations on body composition. In conclusion, the functional resistance training is better than conventional resistance training to promote positive effect on AM and to reduce ABP, however both increased MS and did not change body composition in MetS individuals post 30 training sessions.

Keywords: autonomic nervous system; Metabolic syndrome x; Sedentary lifestyle.

A síndrome metabólica (SM) corresponde a uma enfermidade que tem despertado interesse da comunidade médica e científica no âmbito mundial tendo em vista o aumento de sua prevalência e associação com o risco de desenvolvimento de doenças cardiovasculares. Tais afecções demandam altos gastos para a saúde pública tanto para o tratamento medicamentoso quanto nas possíveis internações e controle de intercorrências ^{1,2}.

Em meados de 1998 a SM foi conceituada pela primeira vez pela Organização Mundial de Saúde como uma doença com uma somatória de fatores de risco em sua gênese (obesidade, diabetes, distúrbios do colesterol e do triglicérides, hipertensão arterial e até mesmo excreção de albumina) ³. Segundo definição descrita pela I Diretriz Brasileira de Diagnóstico e Tratamento da Síndrome Metabólica (I-DBSM)⁴, difundida na literatura científica, a síndrome é caracterizada pela presença de três ou mais dos seguintes fatores de risco cardiovascular: circunferência abdominal aumentada (>102cm para homens e >88cm para mulheres), triglicérides (≥ 150 mg/dL), HDL colesterol diminuído (<40mg/dL para homens e <50mg/dL para mulheres), pressão arterial aumentada (≥ 130 mmHg ou ≥ 85 mmHg) e glicemia de jejum aumentada (≥ 110 mg/dL).

Dados divulgados em países asiáticos em desenvolvimento acerca da prevalência da SM revelou uma variação compreendida entre 13% e 30%, com maiores taxas no Irã⁵. O estudo mais recente sobre prevalência da SM foi realizado na China e apontou uma prevalência de 25,3% na população, sendo 24,2% na população masculina e 26,1% na feminina ⁶.

Devido a grande extensão territorial do país, não há estudos sobre a prevalência da SM no país como um todo. Entretanto, estudo realizado em acompanhamento regular com médico cardiologista identificou que 35,5% dos pacientes possuem a síndrome segundo os critérios definidos pela NCEP-ATP III (Third Report of the

National Cholesterol Education Program Expert Panel on Detection, Evaluation, and Treatment of High Blood Cholesterol in Adults) comparado a 46% dos pacientes conforme critérios da IDF “International Diabetes Federation”⁷, ilustrando a alta prevalência da síndrome independente da definição utilizada.

Algumas evidências sugerem que a desnutrição perinatal e na infância podem desempenhar um papel importante para instalação da SM na idade adulta⁸, sendo a idade de maior acometimento em torno dos 50 aos 59 anos⁹, correspondente ao período da vida no qual a aglomeração de fatores de risco encontra-se aumentada¹⁰. Sabe-se também que fatores como predisposição genética, alimentação inadequada e sedentarismo contribuem para o desencadeamento da SM, referida também por um estado pró-inflamatório, com aumento da proteína C reativa, fator de necrose tumoral alfa e interleucina¹¹.

Indivíduos portadores da síndrome lidam com alterações nas concentrações de glicemia, triglicérides e/ou colesterol, o que confere potencial risco para o desenvolvimento da aterosclerose¹². Além disso, a estreita associação de causa efeito com doenças cardiovasculares (DCVs) e diabetes mellitus tipo 2¹³, aumenta a mortalidade de causa cardiovascular em aproximadamente duas vezes e meia, e apresenta impactos significativos sobre possibilidade de morte precoce¹.

Além das repercussões já citadas, o sistema nervoso autônomo (SNA) de controle das funções vegetativas do organismo, também é atingido pela síndrome. A ativação de seu componente simpático é revelada na patogênese de componentes específicos da síndrome, estando associado com aumento do risco cardiovascular⁹. Sabe-se que a deficiência na regulação do SNA pode estar associada com diversas alterações dentre elas aumento da frequência cardíaca, altas pressões arteriais e frações

de triglicérides e glicose elevadas¹⁴. Entretanto ainda é preciso esforços para identificação dos mecanismos e consequências da disfunção simpática na SM para que avanços terapêuticos possam ser estabelecidos¹⁵.

Por outro lado, independentemente dos mecanismos desencadeadores da síndrome, tem sido demonstrado que a prática regular de exercício físico apresenta efeito benéfico em sua prevenção e tratamento¹⁶.

Embora a inatividade física venha sendo descrita como o maior problema de saúde pública do século 21¹⁷, pesquisas envolvendo atividade física já demonstraram que indivíduos praticantes de exercícios físicos possuem melhor saúde que indivíduos inativos¹⁷⁻²², o qual dentre inúmeras vantagens atua diretamente sobre a redução de gordura corporal, controle da pressão arterial e dos parâmetros plasmáticos, assim como melhora do controle autonômico^{16, 20, 23, 24}.

Estudo recente avaliando os efeitos de um programa de exercício domiciliar por 12 semanas e suporte tecnológico de educação em saúde em indivíduos portadores da SM mostraram que a síndrome foi revertida em 16% dos casos e que a educação em saúde associada ao programa pode ter influenciado positivamente os resultados obtidos²⁵.

Jurca e colaboradores (2005)²⁶ verificaram a associação entre a incidência da SM e força muscular e observaram que a força muscular está inversamente relacionada ao desenvolvimento da síndrome independentemente da idade e estrutura corporal, evidenciando a importância da utilização do treinamento resistido nesses indivíduos.

O treinamento resistido envolve basicamente exercícios que propiciam contrações voluntárias da musculatura esquelética de um determinado seguimento corporal contra alguma resistência externa²⁷ e vêm sendo recomendado por diversas instituições de saúde inclusive para portadores de doenças cardiovasculares^{11, 28}.

Em relação às respostas agudas promovidas pelo treinamento resistido em mulheres portadoras da SM, Tibana e colaboradores (2013) ²⁹ observaram menores valores de pressão arterial aguda (24 horas), indicando que o treinamento promoveu um efeito agudo cardio protetor. Entretanto prejuízo na modulação autonômica em repouso e responsividade autonômica aguda nos 60 minutos pós esforço foi notada, sugerindo-se que outros fatores estariam envolvidos no controle do efeito hipotensivo do treinamento resistido nos pacientes.

Estudo realizado por Ernest e colaboradores (2014) ³⁰ mostrou que a utilização de exercícios aeróbicos tanto isoladamente quanto em conjunto com exercício resistido em intensidade moderada ao longo de 9 meses promoveu diminuição significativa das prevalências da SM, tendo sido observado redução dos limiares ventilatórios e tempo de exaustão em ambos os protocolos. O estudo destacou o treino resistido como um adicional importante para os cuidados com a saúde, entretanto foi notada diminuição dos parâmetros de pressão arterial sistólica apenas no grupo de treinamento aeróbico ³⁰.

Em artigo de revisão Gutierrez e colaboradores (2008) ³¹ estudando os efeitos do treinamento de força sobre os fatores de risco da SM, mostraram efeito benéfico sobre o metabolismo da glicose, perfil lipídico e redução do peso corporal sendo este resultado bastante interessante por indicar os benefícios do treinamento resistido independente do protocolo de intensidade utilizado.

Ainda sobre exercício resistido, a existência de outro tipo de treinamento resistido denominado treinamento resistido funcional (TRF) tem sido explorada fortemente nos últimos anos, com o propósito de treinar adaptações mais específicas para determinados movimentos padrões ou ações que ocorrem nas atividades de vida diária de atletas e não atletas. Ele foi delineado a partir da imitação de gestos e atividades cotidianas (como tomar banho, preparar refeições, caminhar, subir escadas,

praticar esportes e trabalhar) ³². Este tipo de treinamento vem se consolidando como uma estratégia empregada não apenas com o objetivo de promover o aprimoramento do desempenho físico, mas também voltado ao processo de reabilitação e prevenção de lesões ³³.

O TRF conta com movimentos multiarticulares caracterizados por níveis de alta e baixa intensidade, que são realizados visando tanto a melhoria do controle, estabilidade e coordenação motora, via modulação do sistema nervoso central (core stability), como o aumento da massa muscular (core strength), sendo esta considerada uma adaptação ao treinamento de sobrecarga ³⁴.

Apesar dos benefícios encontrados neste tipo de treinamento, este é ainda cientificamente pouco explorado. Estudo realizado em mulheres fisicamente inativas utilizando treinamento resistido funcional periodizado por 12 semanas mostrou que o treinamento reduziu os níveis de gordura corporal, mas não promoveu aumentos de massa magra nessas mulheres ³⁴.

Pacheco e colaboradores (2013) ³⁶ compararam dois protocolos de treinamento, convencional e funcional, usando testes para análise funcional tendo sido verificada incremento nos escores finais em ambos os grupos, porém sem diferenças significantes entre eles, apesar de ter sido observado maior escore final em mulheres do grupo convencional em relação ao grupo funcional.

Outro estudo buscou comparar o efeito de um programa de treinamento de resistência instável e estável de 7 semanas em medidas de força, equilíbrio e desempenho funcional. Quarenta participantes foram divididos em grupos de treinamento de resistência instáveis ou estáveis, duas vezes por semana durante 7 semanas. Os resultados mostraram que não houve diferença global entre o treinamento

de resistência instável e estável e os efeitos do treinamento eram independentes do sexo³⁷.

Entretanto, apesar destes poucos estudos citados anteriormente a respeito do TRF, busca na literatura pertinente não observou estudos que abordem o efeito do TRF sobre a modulação autonômica, parâmetros cardiorrespiratórios, composição corporal e força muscular em indivíduos portadores da SM, sendo isto uma lacuna importante na literatura, uma vez que esse tipo de treinamento tem sido popularmente divulgado e utilizado para prevenção e tratamento desta afecção. Saber se o TRF altera positivamente tais aspectos contribui para melhorar qualidade de vida dos indivíduos com SM treinados.

Considerando os aspectos acima mencionados, o presente estudo visou verificar os efeitos autonômicos provocados por dois protocolos de treinamento físico resistido (convencional e funcional) e os efeitos destes dois treinamentos sobre a composição corporal, parâmetros cardiorrespiratórios e força muscular em indivíduos com SM.

Hipotetizou-se que o TRF aplicado em portadores de SM poderia promover melhora da modulação autonômica, composição corporal, parâmetros cardiorrespiratórios e força muscular e que houvesse diferenças nas alterações produzidas pelo TRF em comparação ao treinamento resistido convencional.

Foi esperado que o presente estudo pudesse contribuir de maneira significativa sobre o avanço de novas metodologias de intervenção terapêutica para estes indivíduos como de fato o fez, possibilitando ampliar a abordagem por meio de treinamentos físicos, importante meio de controle não medicamentoso sobre os fatores da síndrome.

Artigo 1

Benefícios em modulação autonômica e parâmetros cardiorrespiratórios podem ser alcançados em diferentes tipos de treinamento resistido randomizado na síndrome metabólica?

Natália Turri da Silva¹; Luiz Carlos Marques Vanderlei²

¹ Mestranda programa de pós graduação em fisioterapia da Faculdade de Ciências e Tecnologia – FCT/UNESP, Presidente Prudente, SP, Brasil.

² Departamento de Fisioterapia. Faculdade de Ciências e Tecnologia – FCT/UNESP, Presidente Prudente, SP, Brasil.

RESUMO

Existem lacunas a respeito do treinamento resistido periodizado randomizado em modulação autonômica (MA), parâmetros cardiorrespiratórios, força muscular e composição corporal para a população síndrome metabólica, a maior doença metabólica da atualidade. Ademais, inúmeras modalidades de treinamentos resistidos têm surgido e precisam ser cientificamente exploradas, como o caso do treinamento resistido funcional. Sendo assim, o presente estudo buscou analisar e comparar dois protocolos de treinamento resistido periodizado (funcional vs convencional) sobre a MA, composição corporal, força muscular e parâmetros cardiorrespiratórios de indivíduos com síndrome metabólica. Participaram do estudo 38 indivíduos com SM, ambos os sexos, idade entre 40 e 60 anos, randomizados em 2 grupos treinamento: funcional (TRF) e convencional (TRC) que executaram 30 sessões de treinamento. Os índices lineares de VFC foram usados para mensuração da MA, os quais mostraram aumento da atividade vagal para TRF (RMSSD, SD1 e HFms) em comparação com TRC. Além disso, apenas TRF reduziu pressão arterial (PAS= $p<0.009$ e PAD= $p<0.011$) quando comparado antes e após intervenção. Não houve diferenças para composição corporal em nenhum grupo e ambos aumentaram FM sem diferenças entre os grupos. Conclui-se que os maiores benefícios encontrados foram para o TRF quanto ao tratamento de indivíduos com SM.

Palavras-chave: síndrome metabólica, modulação autonômica, composição corporal, força muscular, pressão arterial, terapia por exercício.

INTRODUÇÃO

O exercício resistido é caracterizado pela execução de movimentos contra uma dada resistência externa recrutando fibras específicas do grupo muscular em atividade ¹. Utilizado principalmente para ganho de massa magra ^{1,2}, o treinamento resistido (TR) tem emergido como importante recurso para tratamento de populações especiais como os cardiopatas, visando melhoras na saúde ³⁻⁶.

A realização de TR promove melhora da força muscular (FM), massa magra ⁷, densidade mineral óssea ⁸, metabolismos de glicose ^{9,10} e lipídeos ¹¹, débito cardíaco, capacidade de exercício ⁴, recuperação de frequência cardíaca pós exercício ^{12,13} e redução de pressão sistólica ^{14,15}. Contudo, estudo de revisão sugeriu ausência de efeitos benéficos do TR convencional (TRC) sobre a modulação autonômica (MA) em repouso, mensurada por meio da variabilidade da frequência cardíaca (VFC), em indivíduos sem evidências de disfunção autonômica ¹⁶.

Já para indivíduos com disfunção autonômica, o TR promoveu aumento da modulação vagal em mulheres com fibromialgia ¹⁷, e em contraste, em homens e mulheres de meia idade com pré hipertensão no estágio 1 não foram observadas quaisquer alterações na MA ¹⁸. Tais achados discrepantes incentivam a produção de pesquisa com rigor metodológico, como em ensaios clínicos randomizados, aplicando o TR em casos de disfunções autonômicas.

Importante salientar que, atualmente, além do TRC existem outros tipos de TR como é o caso do treinamento resistido funcional (TRF), baseado em alavancas complexas de movimento em que co-contrações ocorrem paralelamente às contrações específicas de grupos musculares ativos para um dado movimento ¹⁹⁻²¹. O TRF já estudado em mulheres saudáveis ²² mostrou benefícios na MA, entretanto, ainda é necessária sua aplicação em populações especiais.

Estudar a MA é importante pois o SNA controla parte das funções internas do organismo, relacionando-se também com controles pressórico, obesidade e diabetes. Investigar itervenções quanto a melhora da MA e de fatores de risco (FR) cardiovasculares contribuem com a área terapêutica. Se o TR pode influenciar positivamente o controle destes FR cardiovasculares ²²⁻²⁴, então pode ser capaz de beneficiar indivíduos com síndrome metabólica (SM), a maior doença metabólica da atualidade (caracterizada por um conjunto de FR dentre obesidade, hiperglicemia, hipertensão arterial, baixa taxa de colesterol HDL e hipertrigliceridemia) ²⁵⁻²⁸.

A presença da SM promove alterações importantes na MA elevando a ação do sistema nervoso simpático (SNS) ²⁹, o que já foi associado com altos valores de pressão arterial e circunferência abdominal ³⁰, ilustrando que o melhor controle da MA poderia incidir benéficamente nos FR da SM.

Busca na literatura pertinente não encontrou estudos que investigaram os efeitos na MA, composição corporal, força muscular e parâmetros cardiovasculares decorrentes de programas de TRC e TRF periodizados, ou seja, com variação sistemática de intensidade e volume de cargas com a finalidade de desenvolver de forma eficiente uma ou mais capacidades físicas ³¹, sendo que a maioria dos estudos com TR usam dinâmica de intensidade linear alterando apenas o volume. O estudo comparativo de diferentes métodos de TR, como TRF e TRC já é interessante e somado à um protocolo inovador com periodização altamente controlada atualiza tecnicamente a ciência.

Assim, o objetivo deste estudo foi analisar e comparar os efeitos dos TRF e TRC randomizado sobre a MA, parâmetros cardiorrespiratórios, composição corporal e FM em adultos com SM.

MÉTODOS

Desenho do estudo

Estudo de ensaio clínico randomizado paralelo com participação de 38 indivíduos com SM alocados em grupos convencional e funcional.

Participantes e cenário

Indivíduos encaminhados por médicos ou após inspeção dos exames clínicos recentes (até um ano) e das medicações em uso para checagem de SM de acordo com I-DBSM²⁶. Os sujeitos eram de ambos os sexos, com idade entre 40 e 60 anos, que não realizaram nenhum tipo de atividade física nos últimos 6 meses, ausência de doenças respiratórias e cardiovasculares relatadas, amenorréia (mulheres) bem como de processo inflamatório ou infeccioso e lesão músculo tendínea ou osteoarticular. Além disso, as medicações aceitas foram apenas as específicas para controle dos fatores da SM. Os indivíduos residiam na cidade de Presidente Prudente e região (São Paulo, Brasil).

Todos os procedimentos utilizados nesse estudo foram avaliados e aprovados pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Instituição (Processo número – CAAE: 17378813.0.0000.5402).

Intervenções

Compuseram o estudo dois grupos de treinamento randomizados, G₁ para treinamento a partir de modelos de exercícios com complexas alavancas de movimentos (TRF ou Funcional) e G₂ para treinamento a partir de modelos de exercícios convencionais (TRC). Os treinamentos ocorreram 3 vezes por semana, com intervalo de pelo menos 24h entre as sessões até totalizar 30 sessões de treino. Importante salientar

que todos os indivíduos realizaram todas as sessões, mesmo caso houvessem faltas a sessão perdida era repostada.

Foi feita familiarização com os equipamentos previamente aos treinos (10 repetições com carga referida como de leve a moderada após questionamento “leve, moderada ou pesada”). Caminhada de 5 minutos em esteira ergométrica (5km/h) e alongamentos globais foram usados para aquecimento, inclusive antes das sessões de treinamento para evitar possíveis intercorrências. A dinâmica dos programas de exercícios e sessões dos grupos intervenção estão descritos no Quadro 1. O intervalo entre as séries dos exercícios variou entre 40 segundos a 1 minuto e meio, respeitando a relação diretamente proporcional entre tempo e carga do exercício. Os grupos musculares eleitos para execução dos protocolos de treinamento foram os mesmos entre os grupos intervenção e estão expostos na Figura 1.

Quadro 1: Condução dos treinamentos resistido em indivíduos com síndrome metabólica segundo as dinâmicas de exercício e sessões.

Semanas	Sessões	Dinâmica de Volume de Trabalho – Séries e Repetições por exercício	Dinâmica de Intensidade de Esforço (1RM) – Carga do exercício
1 ^a	1 ^a / 2 ^a / 3 ^a	2 séries X 12 repetições	30 a 40% - 1 RM
2 ^a	4 ^a / 5 ^a / 6 ^a	2 séries X 16 repetições	30 a 40% - 1 RM
3 ^a	7 ^a / 8 ^a / 9 ^a	2 séries X 20 repetições	30 a 40% - 1 RM
4 ^a	-	Semana recuperativa	Semana recuperativa
5 ^a	10 ^a / 11 ^a / 12 ^a	1 série X 16 repetições 1 série X 12 repetições 1 série X 9 repetições	40% - 1RM 50% - 1RM 60% - 1RM
6 ^a	13 ^a / 14 ^a / 15 ^a	1 série X 12 repetições 1 série X 9 repetições 1 série X 6 repetições	50% - 1RM 60% - 1RM 70% - 1 RM
7 ^a	16 ^a / 17 ^a / 18 ^a	1 série X 10 repetições 1 série X 8 repetições 1 série X 6 repetições	60% - 1 RM 70% - 1 RM 80% - 1 RM
8 ^a	19 ^a / 20 ^a / 21 ^a	1 série X 8 repetições 1 série X 6 repetições 1 série X 4 repetições	70% - 1RM 80% - 1RM 90% - 1 RM
9 ^a	-	Semana recuperativa	Semana recuperativa
10 ^a	22 ^a / 23 ^a / 24 ^a	1 série X 6 repetições 1 série X 4 repetições 1 série X 2 repetições 1 série X 4 repetições 1 série X 6 repetições	80%- 1RM 90%- 1RM 100%- 1RM 90%- 1RM 80% - 1RM
11 ^a	25 ^a / 26 ^a / 27 ^a	1 série X 6 repetições 1 série X 4 repetições 1 série X 2 repetições 1 série X 2 repetições 1 série X 4 repetições 1 série X 6 repetições	80% - 1 RM 90% - 1 RM 100% - 1 RM 100% - 1 RM 90% - 1 RM 80% - 1 RM
12 ^a	28 ^a / 29 ^a / 30 ^a	1 série X 6 repetições 1 série X 4 repetições 1 série X 2 repetições 1 série X 2 repetições 1 série X 2 repetições 1 série X 4 repetições 1 série X 6 repetições	80% - 1 RM 90% - 1 RM 100% - 1 RM 100% - 1 RM 100% - 1 RM 90% - 1 RM 80% - 1 RM

Descrição: 1 RM = repetição máxima.



Figura 1: Exercícios utilizados na prescrição do treinamento funcional para indivíduos com síndrome metabólica.



Figura 2: Exercícios utilizados na prescrição do treinamento convencional para indivíduos com síndrome metabólica.

Desfechos

Avaliação do Sistema Cardiorrespiratório

A pressão arterial (PA) foi avaliada por meio de estetoscópio e esfigmomanômetro aneróide, após repouso de pelo menos 15 minutos, seguido de três aferições com intervalo de 1 minuto entre elas, considerando para análise o valor médio das duas últimas aferições³¹. Verificou-se a frequência cardíaca (FC) pelo cardiófrequencímetro da marca Polar® S810i (Polar Electro OY, Finlândia), e a Saturação de Oxigênio (SatO₂) por meio de Oxímetro de pulso (MINDRAY, PM-50, China). Tais avaliações foram feitas em ambos os grupos nos momentos inicial e final.

Avaliação da Variabilidade de Frequência Cardíaca

Temperatura ambiente entre 21°C e 23°C e umidade relativa do ar entre 40 e 60% foi padronizada nas avaliações de VFC. Os voluntários foram previamente orientados a não ingerir estimulantes autonômicos (chá, café, bebidas alcólicas, chocolate) por 24 horas antes da avaliação. Já durante a avaliação, foram instruídos a manterem-se em repouso, acordados, na posição supina e respiração espontânea por 30 minutos e a frequência cardíaca foi captada batimento a batimento por meio do cardiófrequencímetro da marca Polar® S810i (Polar Electro OY, Finlândia). Não foi permitida a circulação de pessoas pela sala durante a execução das coletas, para reduzir a ansiedade dos indivíduos e os erros de captação.

Os dados obtidos de VFC foram transferidos para um computador por meio do software Polar Pro Trainer e, posteriormente, para cálculo dos índices de VFC foi utilizado o software Kubios HRV - versão 2.0 (Kubios, Biosignal Analysis and Medical Image Group, Department of Physics, University of Kuopio, Finland), sempre considerando 1000 intervalos RR. Isto ocorreu após filtragem digital (software Polar Pro

Trainer) complementada por manual (Microsoft Excel), para eliminação de batimentos ectópicos prematuros e artefatos. Somente séries com mais de 95% de batimentos sinusais foram elegíveis.

Para análise da VFC foram usados índices lineares, obtidos nos domínios do tempo (RMSSD e SDNN), índices geométricos (*plot* de Poincaré, interpolação triangular dos intervalos NN (TINN)³²⁻³⁴ e índice triangular (RRtri)^{35,32} e no domínio da frequência avaliados por meio da transformada rápida de Fourier segmentada em baixa frequência (LF – Frequência entre 0,04 a 0,15Hz) e alta frequência (HF – Frequência entre 0,15 a 0,4Hz) expressos em unidades normalizadas e em ms^2 ³³ e relação LF/HF.

As coletas de VFC foram feitas em dois momentos para todos os grupos, inicial e final, sendo que para os grupos intervenção ocorreram até a semana anterior ao início dos treinamentos e a reavaliação na semana imediatamente seguinte ao término.

Avaliação da Força Muscular

O teste de 1RM de carga crescente foi utilizado para mensuração da carga máxima em quilogramas³⁶, para determinar as cargas individuais de treinamento, com movimentos diferentes entre os grupos segundo os tipos de exercícios eleitos. Além desse teste, ambos os grupos executaram o teste “RM intermediário”, elaborado para abranger movimentos semelhantes aos da prescrição de ambos os grupos possibilitando a comparação da força muscular entre eles, um dos desfechos do estudo.

Antes da realização dos testes de 1RM foi realizado aquecimento (10 repetições com carga referida entre leve a moderada após questionamento “leve, moderada ou pesada” + caminhada de 5 minutos em esteira ergométrica (5km/h) e alongamentos globais). Dados de FM foram coletados no momento basal antes do início do treinamento e até 72 horas após o término do mesmo.

Tamanho da amostra

Para o cálculo amostral, feito de acordo com o desfecho primário do estudo, foi considerado nível de significância de 5% em teste bicaudal com poder de teste de 80% e o desvio padrão eleito baseado no valor do índice RMSSD (ms), extraído de 13 indivíduos jovens saudáveis (18 a 26 anos) que fizeram TRF²². A diferença a ser detectada como significativa estabelecida foi 7 ms, sendo este valor extraído dos artigos de Chang e cols^{37,38}. O índice RMSSD foi escolhido devido à estudo comparativo do TRF e grupo controle, o qual indicou que o índice apresentou diferença significativa entre os grupos²². Assim, foi calculado 19 indivíduos (por grupo).

Randomização e alocação

Este é um estudo aleatorizado randomizado. A randomização foi aplicada em lotes, cujos grupos foram constituídos por pelo menos seis e no máximo doze indivíduos por etapa (de acordo com a demanda de voluntários no período em questão). Papéis distribuídos igualmente para sorteio dos grupos foram usados quando o tamanho da amostra foi par, e quando ímpar foi incluído mais um papel no lote subsequente para o grupo com menos voluntários. A sequência aleatória de alocação, a inscrição do participante e os participantes atribuídos nas intervenções foram determinados por um fisioterapeuta-pesquisador treinado, sendo que o mesmo foi cegado quanto as avaliações de VFC e parâmetros cardiovasculares.

Análise estatística

A análise descritiva foi utilizada para caracterização da amostra (média e desvio padrão ou mediana e intervalo interquartil). A normalidade dos dados foi analisada pelo

teste Shapiro Wilk (dada amostra menor que 50 indivíduos). As comparações entre início e após as intervenções separadamente (convencional ou funcional entre seus momentos basais e após as intervenções) foram obtidas utilizando o teste t de Student pareado para dados paramétricos ou Wilcoxon, para dados não paramétricos. Já nas comparações entre as intervenções funcional e convencional, foi utilizado teste de Mann Whitney devido à não normalidade dos valores dos valores de delta (Δ = momento pós intervenção – momento inicial) para ambos os grupos.

RESULTADOS

A Figura 2 ilustra a distribuição dos voluntários, de acordo com as recomendações do CONSORT ³⁹ para ensaios clínicos randomizados e na tabela 1 está a caracterização da amostra.

Fluxograma CONSORT 2010

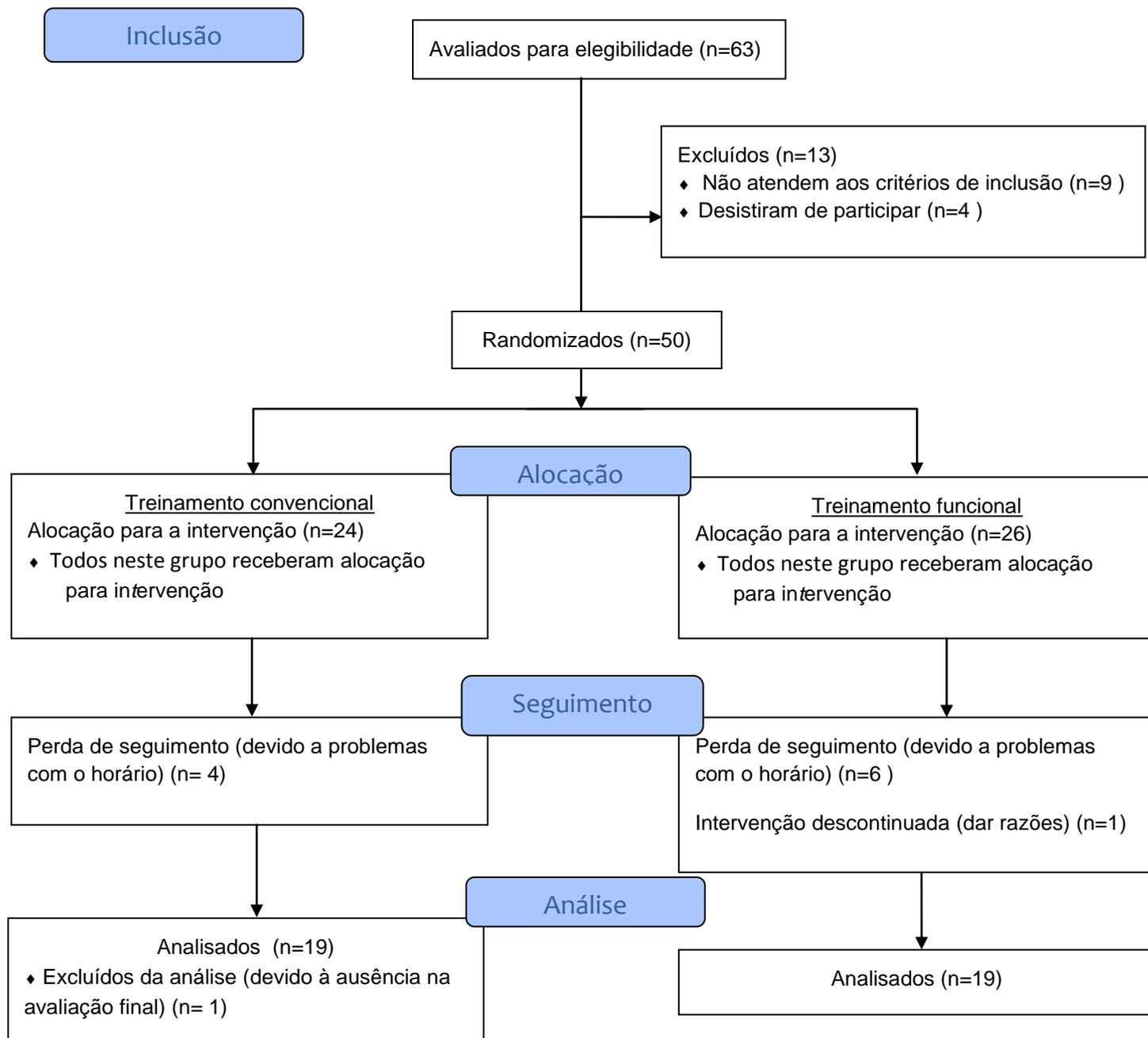


Figura 2: Diagrama de fluxo sobre a alocação dos voluntários. Legenda: n, tamanho de amostra; G1, grupo funcional; G2, grupo convencional.

A Tabela 1 mostra os dados de caracterização da amostra. Observa-se diferenças significantes entre os grupos para a pressão arterial diastólica, com maiores valores para o grupo funcional (80 [79.72 – 90.79] vs. 80 [72.52 – 82.21]).

Table 1. Caracterização da amostra entre grupos.

Parâmetros	Funcional (n = 19)	Convencional (n = 19)	p Valor
Idade (anos) ^a	52.31 ± 6.56	51.42 ± 5.22	0.6448
Peso (kg) ^a	84.87 ± 13.20	89.61 ± 14.19	0.2942
Altura (m) ^a	1.64 ± 0.10	1.65 ± 0.09	0.7781
IMC (kg/m ²) ^a	31.37 ± 4.49	32.74 ± 5.08	0.3849
FC (bpm) ^a	72.73 ± 10.95	67.68 ± 8.69	0.1242
PAS (mmHg) ^a	129.21 ± 19.02	119.60 ± 12.64	0.0751
PAD (mmHg) ^b	80 [#] [79.72 – 90.79]	80 [72.52 – 82.21]	0.0350
SatO ₂ (%) ^b	98 [97.01 – 8.14]	98 [96.01 – 101.14]	0.6348
fr (rpm) ^b	20 [17.89 – 21.26]	20 [13.97 – 34.23]	0.9055

^aMédia ± desvio padrão; ^b Mediana [intervalo de confiança] Legenda: kg = quilogramas; m = metros; m2 = metros quadrados; IMC = índice de massa corporal; PAS = pressão arterial sistólica; mmHg = milímetros de mercúrio; PAD = pressão arterial diastólica; FC = frequência cardíaca; hpm = batimentos por minutos; SatO₂ = saturação de oxigênio; % = percentual; fr = frequência respiratória; rpm = respiração por minuto; #PAD do grupo funcional difere-se do grupo convencional (0.035) pelo teste de Mann Whitney (p < 0,05).

A Tabela 2 mostra os índices lineares de VFC no domínio do tempo e da frequência no início e ao final do treinamento para os dois protocolos de treinamento. Observa-se que a realização do treinamento promoveu aumento significativo nos valores dos índices RMSSD e SD₁ para o grupo TRF, enquanto que, para o grupo TRC houve redução significativa nos valores dos índices SDNN e SD₂. Não foram observadas alterações significantes para os outros índices analisados.

Tabela 2. Comparação dos dados de VFC inicial e após treinamentos funcional e convencional, individualmente.

Parâmetros	Funcional			Convencional		
	Antes	Depois	p	Antes	Depois	p
Média RR	844.9 (131.3)	909.6 (239.3)	0.070	925.6 (126.8)	899.5 (149.6)	0.687
RMSSD	15.6 (11.4)	21.9 (26.6)	0.033*	22.0 (13.6)	21.7 (26.3)	0.486
SDNN	32.2 (13.5)	39.1 (22.6)	0.546	45.6 (24.1)	32.6 (14.0)	0.020*
RRtri	9.4 (6.1)	11.0 (5.2)	0.647	10.5 (5.9)	9.0 (3.4)	0.212
TINN	155.0 (60.0)	125.0 (95.0)	0.326	150.0 (130.0)	130.0 (100.0)	0.368
SD1	11.1 (8.10)	15.5 (18.8)	0.033*	15.6 (9.6)	15.3 (18.6)	0.472
SD2	41.9 (20.6)	52.5 (25.5)	0.573	57.8 (33.8)	44.4 (21.0)	0.040*
LF ms	236.0 (114)	414.0 (433.0)	0.091	484.0 (422.0)	221.0 (303.0)	0.243
LF un	73.7 (23.2)	69.0 (21.1)	0.107	73.4 (29.2)	67.1 (30.2)	0.888
HF ms	86.0 (128.0)	155.0 (416.0)	0.053	172.0 (213.0)	144.0 (214.0)	0.314
HF un	26.3 (51.2)	31.1 (21.1)	0.107	26.6 (29.2)	32.9 (28.8)	0.984
LF/HF	2.7 (2.6)	2.2 (1.8)	0.118	2.8 (3.4)	2.0 (3.0)	0.513

Valores expressos em Mediana (intervalo interquartil) *Diferenças estatisticamente significante (Teste Wilcoxon; $p < 0,05$). Legendas: RR – intervalos RR; RMSSD = raiz quadrada das diferenças de batimentos sucessivos; SDNN = desvio padrão dos intervalos RR normais; Rrtri = índice triangular; TINN = interpolação triangular de intervalos RR; SD1 = desvio padrão da variabilidade instantânea batimento a batimento; SD2 = desvio padrão dde longa duração de intervalos RR contínuos; LF = baixa frequência; HF = alta frequência; ms = milisegundos; un = unidade normalizada.

A Tabela 3 mostra a comparação entre as diferenças finais e iniciais dos índices de VFC analisados. O TRF apresentou aumento significativo nos valores dos índices RMSSD, SDNN, SD1, LF ms² e HF ms² em comparação ao TRC.

Tabela 3 Comparação entre as diferenças de ganho de VFC entre os grupos funcional e convencional.

Parâmetros	Funcional	Convencional	p Valor
Mean RR	41.6 (132.6)	-4.7 (58.4)	0.070
RMSSD	2.3 (11.0)	0.1 (10.0)	0.018
SDNN	0.7 (22.0)	-0.63 (14.9)	0.047
RRTRI	0.1 (3.2)	-0.1 (3.1)	0.215
TINN	-15.0 (55.0)	0.0 (105.0)	0.817
SD1	1.8 (7.9)	0.0 (7.1)	0.018
SD2	0.8 (27.4)	-9.4 (22.2)	0.065
LF ms ²	64.0 (344.0)	-14.0 (393.0)	0.030
LF un	-2.6 (11.1)	0.5 (15.2)	0.297
HF ms ²	50.0 (185.0)	-32.0 (132.0)	0.015
HF un	2.6 (11.1)	-0.5 (15.3)	0.271
LF HF	-0.5 (1.4)	0.0 (2.10)	0.563

Valores expressos em Mediana (intervalo interquartil) *Diferenças estatisticamente significante (Teste de Mann Whitney; $p < 0,05$). Legendas: RR = intervalos RR; RMSSD = raiz quadrada das diferenças de batimentos sucessivos; SDNN = desvio padrão dos intervalos RR normais; RRTRI = índice triangular; TINN = interpolação triangular de intervalos RR; SD1 = desvio padrão da variabilidade instantânea batimento a batimento; SD2 = desvio padrão dde longa duração de intervalos RR contínuos; LF = baixa frequência; HF = alta frequência; ms = milissegundos; un = unidade normalizada.

Os dados antropométricos, hemodinâmicos, composição corporal e força muscular no início e ao final para os dois protocolos de treinamento estão na Tabela 4. Apenas o grupo TRF demonstrou redução de PAS ($p=0.012$) e PAD ($p=0.011$), embora apresentou aumento de IMC (0.001). Não houve diferenças para os dados de bioimpedância, FC e SatO₂ nos grupos individualmente, porém houve incremento da força muscular em ambos ($p < 0.05$), conforme esperado.

Tabela 4. Comparação dos dados antropométricos, hemodinâmicos, composição corporal, força muscular inicial e após treinamentos funcional e convencional.

Parâmetros	Funcional			Convencional			
	Inicial	Final	p	Inicial	Final	p	
Composição corporal	IMC	29.51 (7.65)	34.83 (8.63)	0.001*	31.52 (7.50)	30.94 (7.66)	0.879
	Gordura (kg)	29.70 (10.63)	29.30 (13.58)	0.240	29.10 (10.68)	28.55 (11.98)	0.360
	Gordura %	35.90 (12.02)	35.30 (12.40)	0.456	32.45 (11.75)	33.15 (9.65)	0.127
	Peso magro	51.40 (16.95)	51.40 (16.93)	0.379	60.15 (16.03)	60.30 (14.03)	0.512
	TMB	1562.00 (554.00)	1561.00 (514.00)	0.943	1828.50 (483.25)	1832.50 (433.25)	0.398
Força muscular	Peitoral	35.00 (41.25)	47.50 (37.50)	0.019*	45.00 (35.00)	47.50 (46.25)	0.001*
	Costas	27.50 (30.00)	38.50 (23.75)	0.001*	40.00 (20.00)	45.00 (21.25)	0.001*
	Ombro	14.50 (9.75)	14.00 (8.50)	0.068*	15.00 (9.00)	18.00 (11.75)	0.002*
	Bíceps	11.00 (8.50)	15.50 (9.50)	0.001*	13.50 (8.75)	16.50 (10.25)	0.001*
	Tríceps	9.00 (7.25)	11.50 (7.25)	0.001*	8.00 (5.25)	11.00 (8.25)	0.001*
	Flexora	52.50 (42.50)	65.00 (32.50)	0.003*	57.50 (32.50)	77.50 (41.25)	0.001*
	Extensora	70.00 (66.25)	85.00 (90.00)	0.001*	82.50 (58.75)	113.00 (73.75)	0.001*
Parâmetros cardiorrespiratórios	FC	70.0 (18.0)	66.0 (19.0)	0.061	67.0 (14.0)	69.0 (11.0)	0.571
	PAS (mmHg)	125.0 (30.0)	120.0 (10)	0.009*	120.0 (20.0)	120 (20.0)	0.757
	PAD (mmHg)	80.0 (15.0)	80.0 (10.0)	0.011*	80.0 (15.0)	80.0 (10.0)	0.942
	Saturação O ₂	98.0 (1.0)	98.0 (1.0)	0.763	98.0 (1.0)	98.0 (1.0)	0.958

Valores expressos em Mediana (intervalo interquartil) *Diferenças estatisticamente significante (Teste de Wilcoxon; $p < 0,05$). Legendas: IMC = índice de massa corporal; kg = kilogramas; % = percentual; TMB = taxa metabólica basal; FC = frequência cardíaca; PAS = pressão arterial sistólica; PAD = pressão arterial diastólica; mmHg = milímetros de mercúrio; O₂ = oxigênio.

A comparação entre as diferenças finais e iniciais de ganho de força, composição corporal e parâmetros cardiorrespiratórios entre os grupos funcional e convencional podem ser visualizadas na Tabela 5. Diferenças significantes somente foram observadas para a variável IMC, com maiores valores para o grupo funcional (0.000).

Tabela 5. Comparação entre as diferenças de ganho de força, composição corporal e parâmetros cardiorrespiratórios entre os grupos funcional e convencional.

	Parâmetros*	Funcional	Convencional	p Valor
Força muscular	Peitoral	5.00 (15.00)	10.00 (16.25)	0.070
	Costas	7.50 (10.75)	5.00 (10.00)	0.822
	Ombro	2.50 (4.00)	2.50 (5.00)	0.822
	Bíceps	3.00 (2.25)	3.00 (3.00)	0.370
	Tríceps	2.50 (2.25)	2.00 (4.50)	0.644
	Flexora	15.00 (10.00)	15.00 (12.50)	0.435
	Extensora	22.50 (26.25)	30.00 (20.00)	0.284
	Leg press	26.50 (22.25)	28.00 (29.75)	0.751
Composição corporal	IMC (kg/m²)	5,43 (4,92)	0,07 (1,27)	0.000*
	Gordura (kg)	-0.30(3.90)	-0.70 (3,60)	0.804
	Gordura %	0.10 (4.1)	-0.70 (3.30)	0.861
	Peso magro (kg)	0.20 (2,30)	0.00 (2.90)	0.977
Parâmetros cardio respiratórios	FC (bpm)	-2.0 (8.0)	2.00 (7.0)	0.057
	PAS (mmHg)	-10.0 (25)	-7.5 (30.0)	0.102
	PAD (mmHg)	-10.0 (15.0)	0.0 (15.0)	0.099
	Saturação O ₂	0.0 (0.0)	0.0 (1.0)	0.686

Valores expressos em Mediana (intervalo interquartil) *Diferenças estatisticamente significante (Teste de Mann Whitney; $p < 0,05$). Legendas: IMC = índice de massa corporal; kg = quilogramas; m² = metros quadrados; % = percentual; bpm = batimentos por minuto; PAS = pressão arterial sistólica; PAD = pressão arterial diastólica; mmHg = milímetros de mercúrio; O₂ = oxigênio.

DISCUSSÃO

Os principais achados do presente estudo apontam que o TRF mostrou-se superior ao TRC quanto a benefícios em modulação autonômica, promovendo melhores respostas principalmente sobre o sistema nervoso parassimpático (SNP). Além disso, apenas o TRF mostrou-se favorável à redução de pressão arterial quando comparado os momentos pós treino com os valores iniciais, evidenciando assim o destaque terapêutico deste tipo de

intervenção em indivíduos adultos com SM. Ainda, ambos os treinamentos aumentaram FM sem diferença entre os grupos e nenhum deles modificaram a composição corporal dos voluntários participantes.

Este é o primeiro estudo na literatura científica em indivíduos com SM onde se compara dois tipos de treinamento resistido, funcional e convencional, por meio de uma periodização com variações sistemáticas de volume e intensidade de treino de forma progressiva. Ressalta-se que a maioria dos estudos disponíveis na literatura sobre o tema treinamento resistido x síndrome metabólica, exploram protocolos de treinamentos resistido caracterizados por volumes de treino progressivo, porém de intensidade linear muitos dos quais estão expostos na recente revisão sistemática por Lemes e cols. 2016⁴⁰.

Conforme mostrado na Tabela 2 o TRF promoveu aumento dos índices RMSSD e SD1, sugerindo que esse tipo de treinamento promove aumento da modulação parassimpática. Observa-se ainda que o TRC produziu redução de VFC global, como apontado pelo índices SDNN e SD2. É importante salientar que, mesmo sem diferenças estatisticamente significante, o TRF promoveu aumento da modulação tanto simpática (LFms²) quanto parassimpática (HFms²), enquanto que para o TRC houve redução desses valores. Em unidades as respostas de ambos os treinamentos são semelhantes (Tabela 2).

Quando comparado os ganhos obtidos (Tabela 3), observamos que o TRF promoveu melhores ganhos dos índices RMSSD, SD1 e HFms² sugerindo melhores respostas da modulação parassimpática. Observamos ainda melhores respostas da variabilidade global (SDNN) e aumento da modulação simpática (LFms²). Tomados em conjunto esses dados sugerem melhores respostas da MA nos voluntários que realizaram o TRF.

Sabendo que mudanças no padrão da VFC promovem um indicador sensível e antecipado de prejuízos cardíacos e melhoras em seu controle desempenham relevante papel na saúde ³³.

Estudar MA é importante pois esta se caracteriza pelas modificações contínuas nos impulsos neurais simpático e parassimpático do SNA, o qual controla todas as funções vegetativas do organismo inclusive a função cardíaca⁴¹. O incremento na ação do SNP em casos de disfunção autonômica podem gerar inúmeras vantagens como efeito anti-fibrilação ⁴², melhora significativa na função ventricular esquerda ⁴³ e até atenuação da inflamação sistêmica ⁴⁴ sendo tais benefícios observados em estudos que exploraram a estimulação parassimpática em animais com infarto do miocárdio ou insuficiência cardíaca e estão ilustrados no artigo de revisão feito por He e cols ⁴⁵.

Vários são os mecanismos que podem estar envolvidos na melhoria da modulação autonômica induzida por exercício, sendo um deles a melhoria na habilidade do endotélio em produzir óxido nítrico que resultaria assim em estimulação vagal. Outro possível fator é a menor concentração de renina presente em pessoas fisicamente treinadas em comparação com pessoas não treinadas, resultando em menor quantidade de angiotensina II levando a um efeito inibitório do nervo vago. Ambas as possibilidades poderiam explicar pelo menos em parte, o aumento da atividade vagal cardíaca ⁴⁶.

Apesar de recente artigo de revisão retratar que treinamentos resistido randomizados reduzem PAS por aproximadamente 4,1 mmHg ⁴⁰, as alterações promovidas na pressão arterial foram visualizadas apenas para o TRF neste estudo. Observamos que para pressão arterial, tratando-se de seus valores médios houve redução de 10 mmHg para PAS (129.21±19.02 vs. 118.94 ± 15.14) e cerca de 7 mmHg para PAD (85.26±11.48 vs. 77.76 ± 8.93) na comparação entre os momentos pré teinamento e pós treinamento no grupo TRF. Reduções destas magnitudes são consideradas clinicamente

relevantes já que podem modificar o estrato de classificação do estágio de hipertensão arterial de indivíduos hipertensos ⁴⁷, além de poder desconsiderar um indivíduo com SM caso a hipertensão seja um dos fatores dentre três presentes ^{26- 28}. Cabe enfatizar também que reduções acima de 2 mmHg de PA podem reduzir cerca de 10% da mortalidade por acidente vascular cerebral e 7% relacionada a doenças cardiovasculares ⁴⁸

As melhores respostas de PA para TRF podem também estar relacionadas ao maior número de grupamentos musculares ativos durante as sessões de treinamento, característico deste tipo de treinamento, induzindo a melhores respostas da circulação periférica pelo aumento de consumo de oxigênio gerando trabalho ⁴⁹.

Em relação aos resultados antropométricos e de composição corporal, com exceção do incremento no IMC após TRF, não houveram alterações estatisticamente significantes tanto nas comparações individuais de cada grupo quanto na comparação entre TRF e TRC. Isto indica que 30 sessões de treinamento resistido periodizado foram insuficientes para promoção do aumento de massa magra e redução da massa e percentual de gordura corporal, sendo que o último corrobora com os achados de Ellefsen e cols. ⁵⁰. Entretanto, apesar de não haver relatos na literatura sobre composição corporal e treinamento resistido na SM, tal achado pode estar relacionado ao curto período de intervenção, uma vez que mudanças na composição corporal após treinamento resistido isolado já foram visualizadas após 12 meses de intervenção em indivíduos com SM ⁵¹, além de que a preservação de massa de gordura já foi relatada após 12 semanas de treinamento resistido + dieta hipocalórica em homens idosos ⁵².

Ainda, hipotetizamos que o aumento do IMC no grupo TRF pode ter ocorrido devido à maior ingestão calórica nestes indivíduos em decorrência de maior atividade muscular ocasionado pelo tipo de protocolo de treinamento efetuado onde além de contrações específicas para um dado movimento, também ocorrem co-contrações de

outros grupos musculares paralelamente às contrações dos grupos musculares ativos²⁰⁻²². Entretanto cabe salientar que independente de benefícios diretos em composição corporal estudo recente, em ratos, mostrou que o treinamento resistido isolado previne mudanças causadas por uma dieta hipercalórica, ocasionando redução nas respostas inflamatórias e modificações no sistema renina-angiotensina⁵³.

Por fim, em relação à FM ambos os treinamentos promoveram incremento desta variável, sem diferenças estatísticas entre si. Este incremento é característico e esperado de treinamentos resistido^{1,2}), e foi importante por frisar que apesar do TRF ser uma opção de treinamento disponível ele não se difere do TRC quanto a esta variável. Para indivíduos com SM, a força pode ser uma variável importante a ser terapêuticamente explorada, sendo de grande relevância inclusive para indivíduos diabéticos (FR da SM) auxiliando no transporte de glicose por meio da ativação da proteína transmembrânica Glut4⁵⁴.

Cabe salientar que apesar das limitações do estudo em decorrência da ausência de um grupo controle (devido a não adesão às avaliações necessárias), não tornando possível as comparações das intervenções com o mesmo, o presente trabalho pode ser um guia informativo aos terapeutas que trabalham com tratamento de indivíduos com SM. Ainda, destaca-se como vantagem do trabalho a ativa participação dos voluntários em todas as 30 sessões de treino prescritas no treinamento (devido a reposições caso houvesse faltas).

Os resultados demonstram que tanto o TRC quanto o TRF periodizados promovem incremento de força muscular e podem ser utilizados para esta finalidade. Entretanto, o TRF promoveu melhores respostas da PA e da MA em indivíduos com SM.

CONFLITO DE INTERESSE

Os autores declaram que não há conflito de interesses sobre a publicação deste artigo.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi apoiado por FAPESP. Número do processo [2015/10229-0](#).

REFERÊNCIAS

1. American College of Sports Medicine, Chodzko-Zajko WJ, Proctor DN, Fiatarone Singh MA, Minson CT, Nigg CR, Salem GJ, Skinner JS. American College of Sports Medicine position stand. Exercise and physical activity for older adults. *Med Sci Sports Exerc.* 2009;41(7):1510-30.
2. Schoenfeld BJ, Ogborn B, Krieger JW. Effects of Resistance Training Frequency on Measures of Muscle Hypertrophy: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Medicine.* 2016, 1-9.
3. Williams MA, Haskell WL, Ades PA, Ezra A, Bittner V, Franklin BA, et al. Resistance Exercise in Individuals With and Without Cardiovascular Disease: 2007 Update A Scientific Statement From the American Heart Association Council on Clinical Cardiology and Council on Nutrition, Physical Activity, and Metabolism. *Circulation.* 2007;116:572-584.
4. Cordina RL, O'Meagher S, Karmali A, Rae CL, Liess C, Kemp GJ, et al. Resistance training improves cardiac output, exercise capacity and tolerance to positive airway pressure in Fontan physiology. *International Journal of Cardiology.* 2013;168:780-788.
5. Thompson PD, Arena R., Riebe D, Pescatello RS. ACSM's New Preparticipation Health Screening Recommendations from ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription, Ninth Edition. 2013;12(4):215-217.
6. Montero D, Vinet A, Roberts CK, Review Effect of combined aerobic and resistance training versus aerobic training on arterial stiffness. *International Journal of Cardiology.* 2015; 178: 69–76.
7. Narici MV, Maganaris CN. Plasticity of the muscle-tendon complex with disuse and aging. *Exerc Sport Sci Rev.* 2007;35:126-134.

8. Zhao R, Zhao M, Xu Z. The effects of differing resistance training modes on the preservation of bone mineral density in postmenopausal women: a meta-analysis. *Osteoporos Int.* 2015; 26:1605–1618.
9. Oliveira PF, Gadelha AB, Gauche R, Paiva FM, Bottaro M, Vianna LC, et al. Resistance training improves isokinetic strength and metabolic syndrome-related phenotypes in postmenopausal women. *Clin Interv Aging.* 2015;10:1299-304.
10. Topcu Y, Tufan F, Karan MA. Resistance training might have improved insulin resistance by attenuating sarcopenia. *Clinical Interventions in Aging.* 2015; 10: 1935–1936.
11. Nunes PR, Barcelos LC, Oliveira AA, Furlaneto JR R, Martins FR, Orsatti CL, et al. Effect of resistance training on muscular strength and indicators of abdominal adiposity, metabolic risk, and inflammation in postmenopausal women: controlled and randomized clinical trial of efficacy of training volume. *Age (Dordr).* 2016;38(2):40.
12. Heffernan KS, Sosnoff JJ, Jae SY, Gates GJ, Fernhall B. Acute resistance exercise reduces heart rate complexity and increases QTc interval. *Int J Sports Med* (2008b); 29: 289–293
13. Otsuki T, Maeda S, Iemitsu M, Saito Y, Tanimura Y, Sugawara J, Ajisaka R, Miyauchi T. Postexercise heart rate recovery accelerates in strength-trained athletes. *Med Sci.* 2007;39:365-370.
15. Coolier SR, Kanaley JA, Carhart JRJ, Frechette V, Tobin MM, Hall AK, et al. Effect of 4 weeks of aerobic or resistance exercise training on arterial stiffness, blood flow and blood pressure in pre stage-1 hypertensives. *J Human Hypertens.* 2008;22(10):678-686.
16. Figueroa A, Arjmandi BH, Wong A, Sanches-Gonzales MA, Simonavice E, Daggy B. Effects of hypocaloric diet, low intensity of resistance exercise with slow

movement or bouth on aortic hemodynamics and muscle mass in obese post menopausal women. *Menopause* (e-pub ahead to print 18 March 2013; doi:10.1097/gme.Ob013e3182831ee4.

17. Kingsley JD, Figueroa A. Acute and training effects of resistance exercise on heart rate variability. *Clinical Physiology and Functional Imaging*. 2014;36(3):179-187.
18. Figueroa A, Kingsley JD, McMillan V, Patton LB. Resistance exercise training improves heart rate variability in women with fibromyalgia. *Clin Physiol Funct Imaging*. 2008;28(1):49-54
19. Coolier SR, Kanaley JA, Carhart R, Frechette V, Luckenbaugh AN, Fernhall B. Cardiac autonomic function and baroreflex changes following 4 weeks of resistance versus aerobic training in individuals with pre-hypertension. *Acta Physiol* 2009, 195, 339–348.
20. P. A. Brill. Exercise your independence: functional fitness for older adults. *Journal of Aging and Physical Activity*. 2008: S88-S89.
21. Pacheco MM, Teixeira LAC, Franchini E, Takito MY. Functional vs. strength training in adults: specific needs define the best intervention. *International journal of sports physical therapy*. 2013; 8(1): 34-43.
22. Barbosa MPCR 6, Netto Júnior J, Casemiro 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. *Clinical Physiology and Functional Imaging*, 2015.
23. Dobrosielkski DA, Gibbs BB, Ouyang P, Bonekamp S, Clark JM, Wang NY, et al. Effect of exercise on blood pressure in type 2 diabetes: a randomized controlled trial. *J Gen Intern Med* 2012; 27: 1453-1459

24. Alberga AS, Prud'homme D, Kenny GP, Goldfield GS, Hadjiyannakis S, Gougon R, et al. Effects of aerobic and resistance training on abdominal fat, apolipoproteins and high-sensitivity C-reactive protein in adolescents with obesity: the HEARTY randomized clinical trial. *Int J Obes (Lond)*. 2015;39(10):1494-500.
25. Hamasaki H, Kawashima Y, Tamada Y, Furuta M, Katsuyama H, Sako A, et al. Associations of Low-Intensity Resistance Training with Body Composition and Lipid Profile in Obese Patients with Type 2 Diabetes. *PLoS One*. 2015;10(7):e0132959.
26. World Health Organization. Definition, diagnosis and classification of diabetes mellitus and its complications: report of a WHO consultation. Part 1: diagnosis and classification of diabetes mellitus. Geneva, Switzerland: World Health Organization; 1999.
27. Grundy SM, Cleeman JI, Daniels SR. "Diagnosis and management of the metabolic syndrome: an American Heart Association/National Heart, Lung, and Blood Institute scientific statement," *Circulation*, vol. 112, no. 17, pp. 2735–2752, 2005
28. Alberti KGMM, Eckel RH, Grundy SM, Zimmet PZ, Cleeman JL, 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 Atherosclerosis Society; and International Association for the Study of Obesity. *Circulation Journal*. 2009;120(16):1640-5.
29. 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.

30. Lich CMM, Geus EJC, Penninx BWJH. Dysregulation of the Autonomic Nervous System Predicts the Development of the Metabolic Syndrome. *J Clin Endocrinol Metab.*2013;98(6):2484–2493.
31. Minozzo FC, Lira CAB, Vancini RL, Silva Benedito AM, Fachina RJFG, Guedes Jr, et al. Periodized strength training; a critical review. *Rev Bras Ciênc Mov.* 2008; 16(1):89-97.
32. Sociedade Brasileira de Cardiologia / Sociedade Brasileira de Hipertensão / Sociedade Brasileira de Nefrologia. VI Diretrizes Brasileiras de Hipertensão. *Arq Bras Cardiol* 2010; 95(1 supl.1): 1-51
33. Vanderlei LCM, Pastre CM, Hoshi RA, Carvalho TD, Godoy MF. Basic notions of heart rate variability and its clinical applicability. *Rev Bras Cir Cardiovasc* 2009; 24(2): 205-217
34. Tulppo MP, Mäkikallio TH, Seppänen T, Laukkanen RT, Huikuri HV. Vagal modulation of heart rate during exercise: effects of age and physical fitness. *Am J Physiol.* 1998;274(2 Pt 2):H424-9
35. Dias de Carvalho T, Pastre CM, Rossi RC, Abreu LC, Valenti VE, Vanderlei LCM. Índices geométricos de variabilidade da frequência cardíaca na doença pulmonar obstrutiva crônica. *Revista Portuguesa de Pneumologia.* 2011;17(6):260–265.
36. Seo D, Kim E, Fahs CA, Rossow L, Young K, Ferguson ST, et al. Reliability of the one-repetition maximum test based on muscle group and gender. *Journal of Sports Science and Medicine.*2012; 11, 221-225.
37. Chang JS, Yoo CS, Yi SH, Hong KH, Lee YS, Oh HS, et.al. Changes in heart rate dynamics of patients with schizophrenia treated with risperidone. *Progress in Psychopharmacology and Biological Psychiatry.* 2010;34(6):924-29.

38. Chang CJ, Yang YC, Lu FH, Lin TS, Cheen JJ, Yeh TL, et.al. Altered cardiac autonomic function may precede insulin resistance in metabolic syndrome. *The American Journal of Medicine*. 2010;123(5):432-38.
39. Schulz KF, Altman DG, Moher D, for the CONSORT Group. CONSORT 2010 Statement: updated guidelines for reporting parallel group randomised trials. *BMJ* 2010;340:c332.
40. Lemes ÍR, Ferreira PH, Linares SN, Machado AF, Pastre CM, Netto J Júnior. Resistance training reduces systolic blood pressure in metabolic syndrome: a systematic review and meta-analysis of randomised controlled trials. *Br J Sports Med* 2016;0:1–6.
41. 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. *Circulation*. 1996;93 (5):1043–1065.
42. Vanoli E, De Ferrari GM, Stramba-Badiale M, Hull SS, Foreman RD, Schwartz PJ. Vagal stimulation and prevention of sudden death in conscious dogs with healed myocardial infarction. *Circ Res*. 1991; 68(5):1471-81.
43. Sabbah HN, Haman JJ, Wang M, Ilsar I, Gupta RC, Rastogi S, et al. Right vagus nerve stimulation improves left ventricular function in heart failure: results of a cross-over study in dogs with experimental heart failure. *Circulation*. 2010
44. Zhang Y, Popovic ZB, Bibevski S, Fakhry I, Sica DA, Van Wagoner DR, et al. Chronic vagus nerve stimulation improves autonomic control and attenuates systemic inflammation and heart failure progression in a canine high-rate pacing model. *Circ Heart Fail.*;2(6):692-9.
45. He B, Lu Z, He W, Huang B, Jiang H. Autonomic modulation by electrical stimulation of the parasympathetic nervous system: an emerging intervention for cardiovascular diseases. *Cardiovasc Ther*. 2016 Jun;34(3):167-71

46. Buch AN, Coote JH, Townend JN. Mortality, cardiac vagal control and physical training – what’s the link? *Exp Physiol* (2002); 87:423–435.
47. Goldstein LB, Bushnell CD, Adams RJ, Appel LJ, Braun LT, Chaturvedi S, et al; on behalf of the American Heart Association Stroke Council, Council on Cardiovascular Nursing, Council on Epidemiology and Prevention, Council for High Blood Pressure Research, Council on Peripheral Vascular Disease, and Interdisciplinary Council on Quality of Care and Outcomes Research. Guidelines for the primary prevention of stroke: a guideline for healthcare professionals from the American Heart Association/American Stroke Association. *Stroke*. 2011;42:517–584
48. Lewington S, Clarke R, Qizilbash N, et al. Age-specific relevance of usual blood pressure to vascular mortality: a meta-analysis of individual data for one million adults in 61 prospective studies. *Lancet* 2002;360:1903–13.
49. Duling BR, Klitzman B. Local control of microvascular function: role in tissue oxygen supply. *Annu Rev Physiol*. 1980;42: 373–82.
50. Ellefsen S, Vikmoen O, Slettaløkken G, Whist JE, Nygaard H, Hollan I. Irisin and FNDC5: effects of 12-week strength training, and relations to muscle phenotype and body mass composition in untrained women. *European Journal of Applied Physiology*. 2014;114(9):1875–1888.
51. Duteil F, Lac G, Lesourd B, Chapier R, Walther G, Vinet A, et al. Different modalities of exercise to reduce visceral fat mass and cardiovascular risk in metabolic syndrome: the RESOLVE* randomized trial. *International Journal of Cardiology*. 2013; 168:3634–3642.
52. Wood RJ, Gregory SM, Sawyer J, Milch CM, Matthews TD, Headley SA. Preservation of fat-free mass after two distinct weight loss diets with and without Progressive resistance exercise. *Metab Syndr Relat Disord*. 2012;10(3):167-74.

53. Speretta GF, Silva AA, Vendramini RC, Zanesco A, Delbin MA, Menani JV, et al. Resistance training prevents the cardiovascular changes caused by high-fat diet. *Life Sci.* 2016;1(146):154-62.
54. Richter EA, Hargreaves M. Exercise, GLUT4, and Skeletal Muscle Glucose Uptake. *Physiological Reviews.* 2013;93(3): 993-1017.

Artigo 2

Aplicação do Modelo Caótico Global e Dimensão Fractal Higuchi relativos nos efeitos de dois treinamentos resistidos periodizados em adultos com síndrome metabólica

Natália Turri da Silva¹; Luiz Carlos Marques Vanderlei²

¹ Mestranda programa de pós graduação em fisioterapia da Faculdade de Ciências e Tecnologia – FCT/UNESP, Presidente Prudente, SP, Brasil.

² Departamento de Fisioterapia. Faculdade de Ciências e Tecnologia – FCT/UNESP, Presidente Prudente, SP, Brasil.

RESUMO

Análises não-lineares têm sido amplamente utilizadas na variabilidade da frequência cardíaca (VFC), mas elas geralmente dependem de longas séries de dados. Para transpor este obstáculo, foi formulado o método caótico global, capaz de processar séries de dados menores e analisar dados por meio de métodos não lineares combinados conjuntamente. Explorar os efeitos na modulação autonômica de intervenções por meio de treinamentos físicos em doenças crônicas, como o caso da síndrome metabólica (SM), é uma necessidade. Assim, o objetivo deste estudo foi analisar e comparar os efeitos de dois programas de treinamento resistido (convencional vs. funcional) na modulação autonômica em pacientes com SM. Total de 50 indivíduos de ambos os sexos, com idades entre 40 e 60 anos, portadores de SM foram divididos em dois grupos de treinamentos randomizados de 19 sujeitos cada e um grupo controle não randomizado com 12 indivíduos. Os grupos treinamentos realizaram 30 sessões de treinamento. A modulação autonômica foi acessada no domínio do caos por meio do método caótico global e dimensão Fractal Higuchi. Os resultados mostraram que os dois grupos treinamento apresentaram valores aumentados de caos conforme indicado pelo método caótico global. Entretanto, não houve significância estatística para a dimensão fractal Higuchi quando comparado os grupos. Em conclusão, duas combinações do método caótico global (CFP1 & CFP3) aumentaram significativamente após o treinamento de força (valores de delta de 0.050 para o grupo convencional e 0.089 para o funcional, contrastando com -0.0001 para o grupo de controle). Isso permitiu a discriminação entre o grupo controle e os dois tipos de exercícios ($p < 0,01$; 1%), e mostrou que 30 sessões de ambos os treinamentos aumentam a modulação autonômica no domínio do caos.

INTRODUÇÃO

A variabilidade da frequência cardíaca (VFC) pode ser aplicada para avaliar a modulação autonômica cardíaca como um método simples, confiável e não invasivo de monitoramento do sistema nervoso autônomo (SNA) ^{1,2}.

Existem várias maneiras de avaliar o SNA e uma revisão das técnicas de VFC pode ser encontrada na crítica de Seely e Macklem³. Em geral, técnicas lineares não podem calcular o grau de complexidade nos estados de doença devido a sua forma de análise no domínio do tempo e frequência ³. Por outro lado, medidas não lineares têm sido utilizadas para esclarecer sobre a complexidade dos dados, sendo este método muito mais próximo do sistema biodinâmico humano, que se comporta de maneira não-linear ⁴. Entretanto métodos de análise não linear geralmente dependem de longas séries de dados, necessitando de avaliações mais demoradas, como o caso da entropia de Shannon⁵ e dimensão de correlação ⁶. Para mitigar esse problema, os métodos globais caóticos foram formulados por Garner e Ling⁷ propondo ser um método mais robusto e preciso para análises do caos.

Os métodos caóticos globais possuem em sua composição índices no domínio do caos que são implementados em grupo através de diferentes algoritmos. O método espectral Multi-Taper (sMTM), a análise espectral de flutuação depuradas (sDFA) e a entropia espectral são a base do método. Ambos os últimos aplicam o algoritmo padrão em um espectro de potência Welch, superando a desvantagem da série de tempo limitada, perdendo apenas a informação de fase. Esse método já foi usado em crianças obesas ⁸, jovens obesos ⁹ e diabéticos ¹⁰, mas não ainda após intervenções por meio de exercício em indivíduos com síndrome metabólica. O algoritmo de dimensão Fractal Higuchi pode ser aplicado como um complemento à análise caótica global, potencialmente detectando

suaves alterações na VFC ^{11,12} e também explorando a complexidade autonômica e fornecendo resultados precisos e consistentes para VFC¹³⁻¹⁵.

Explorar os efeitos das intervenções de exercícios por meio da VFC é um fato na literatura científica ¹⁶⁻²⁰. Entretanto, referindo-se ao treinamento resistido, não há consenso abordando o efeito na modulação autonômica de repouso em indivíduos com disfunção autonômica ou endotelial ²¹. Referindo-se à disfunção autonômica, artigo recente de revisão sistemática abordou a síndrome metabólica (SM), caracterizando-a pela redução autonômica global principalmente em mulheres ²². Ainda, Raimundo e cols. ²³ indicou redução parassimpática e global em indivíduos com SM. A lacuna científica sobre os efeitos do treinamento resistido na modulação autonômica para esta população ainda está aberta e precisa ser contemplada, maximizando as chances de recursos clínicos para monitoramento do progresso clínico de pacientes, o qual está intimamente relacionado com o equilíbrio autonômico dos sistemas biodinâmicos.

Além disso, a possibilidade de complicações da SM em decorrência de seus próprios fatores de risco dentre hipertensão, obesidade, triglicéridos elevados, HDL baixo ou/e diabetes²⁴, adicionado à deficiência na função autonômica ^{25,26} contribuem para aumentar muito mais a possibilidade de desenvolvimento de doenças cardiovasculares. Portanto, melhorar o conhecimento sobre tratamentos para SM parece não ser apenas interessante, mas também necessário.

Dentre a grande multiplicidade de treinamentos resistidos, há dois tipos de treinamentos: convencional e funcional. O método inicial caracteriza-se por estímulo de força local, enquanto o segundo método enfatiza várias atividades musculares simultaneamente, combinando os movimentos do corpo superior e inferior e uma maior utilização da musculatura global durante cada movimento para sustentar o corpo em diferentes posturas ²⁷⁻²⁹. Ambos são comuns no quadro *fitness* do mundo e sua

aplicabilidade é apropriada em indivíduos saudáveis, ou para tratamento de doenças cardiovasculares^{29,30}.

Analisar os efeitos do treinamento resistido na modulação autonômica de indivíduos com SM pode ajudar no melhor entendimento da saúde do paciente e no processo de tratamento. Desta forma, este estudo buscou analisar e comparar os efeitos de dois programas de treinamento resistido (convencional versus funcional) na modulação autonômica de pacientes com SM, por meio do *modus operandi* caótico global e Dimensão Fractal Higuchi, para acessar o domínio do caos.

MÉTODOS

Delineamento experimental e população

Este artigo é um estudo experimental caracterizado como ensaio clínico controlado parcialmente randomizado. Este estudo incluiu cinquenta voluntários, masculinos ou femininos, com idade entre 40 e 60 anos, que tinham SM, indicado por médicos e classificados pela primeira diretriz brasileira de diagnóstico e tratamento da Síndrome Metabólica (I-DBSM)^{31,32}.

Os critérios gerais de inclusão do estudo foram: voluntários fisicamente não ativos; aqueles que não haviam realizado qualquer treinamento físico ou qualquer treinamento muscular em uma academia ou equivalente nos últimos 6 meses; ausência de doenças respiratórias; mulher sem amenorréia; sem sintomas inflamatórios ou de infecção que impedissem a prática dos seguimentos dos treinamentos; e indivíduos sem quaisquer lesões muscular, tendínea ou osteoarticular em qualquer parte do corpo.

Os sujeitos foram orientados sobre os procedimentos e os objetivos do estudo, e posteriormente assinaram um formulário de consentimento informado que permaneceu confidencial. Todos os procedimentos utilizados neste manuscrito foram

avaliados pelo Comitê de ética em pesquisa da UNESP (processo número - CAAE: 17378813.0.0000.5402).

Delineamento experimental

A coleta de dados foi realizada na FCT/UNESP e o protocolo de treinamento em uma clínica de Presidente Prudente do estado de São Paulo. Anteriormente ao treinamento físico, os voluntários foram identificados (por nome e idade) e os dados antropométricos foram coletados (massa e altura). O índice de massa corporal (IMC) dos indivíduos foi obtido e os parâmetros cardiorrespiratórias como pressão arterial, frequência cardíaca, saturação de oxigênio e frequência respiratória foram considerados. Por fim, os intervalos entre batimentos cardíacos consecutivos (série do intervalo RR) foram coletados pelo cardiofrequencímetro Polar RS800 (Polar Electro OY, Finlândia), durante 30 minutos na posição supina sempre no período da manhã. Além disso, outro dia foi reservado para o teste de força, que foi realizado para determinar as cargas individuais a serem usadas no protocolo (por meio do protocolo de repetição máxima – 1RM).

Todos os procedimentos foram realizados duas vezes: momentos inicial e depois de 30 sessões de treinamento (ou após o mesmo período para o grupo controle).

Os programas de treinamento ocorreram três vezes por semana, totalizando 30 sessões de treinamento para todos os voluntários; com duas semanas de recuperação (após 3 semanas de treinamento e mais tarde após mais 4 semanas de treinamento, ambos para enfatizar o ganho muscular). O mesmo período para os grupos de intervenção foi adotado para o grupo controle sem intervenção. A duração total do protocolo experimental foi de janeiro de 2014 até agosto de 2015 devido ao tempo para se obter voluntários. Assim, o protocolo de treinamento foi completado por períodos, sendo que

um total de pelo menos 6 indivíduos era considerado suficiente para iniciar o protocolo.

Aleatorização e grupos experimentais

Este é um estudo aleatorizado controlado parcialmente randomizado, composto por dois grupos de estudo randomizados de treinamento e um grupo controle não randomizado: G1 – exercícios funcionais (máquinas e complexas alavancas de movimento); G2 – exercícios convencionais (máquinas); G3-grupo controle (sem exercícios). Os grupos G1 e G2 foram submetidos aos protocolos de treinamento, enquanto G3 não praticava qualquer atividade física durante o processo. O grupo controle foi composto por voluntários que se recusaram a participar de qualquer protocolo de intervenção.

A quantidade total de voluntários eletivos que foi submetido a protocolos de treinamento foi recrutada ao longo de diferentes períodos. Por causa disso, os grupos de treinamentos randomizados foram compostos por pelo menos seis e no máximo por doze indivíduos em cada protocolo de treinamento. O processo de randomização por lotes foi aplicado - papéis igualmente distribuídos para G1 e G2, quando o tamanho da amostra foi par. Quando o tamanho da amostra foi ímpar, no lote subsequente foi incluído um papel a mais ao grupo com menos voluntários. A sequência de alocação aleatória, a inscrição do participante e os participantes atribuídos às intervenções foram determinados por dois pesquisadores fisioterapeuta treinados.

Programas de treinamento

Antes de iniciar o protocolo de treinamento, os grupos foram familiarizados com os equipamentos e fizeram a avaliação de força pela repetição máxima (1RM). O treinamento foi introduzido progressivamente. Os intervalos de

recuperação foram entre 40 à 90 segundos sendo um maior intervalo atribuído quanto maior a carga. O quadro 1 descreve a distribuição dinâmica das cargas, os programas de exercício e as seções para a condução do treinamento para ambos os grupos treinamento (G1 e G2).

Os exercícios de pernas eram idênticos para ambos os grupos treinamentos (*leg press*, máquina flexora e máquina extensora), entretanto os exercícios de membros superiores eram diferenciados de acordo com posturas específicas. Para os indivíduos do treinamento funcional sempre foram adotadas posturas instáveis ao executar os exercícios (posição dorsal ou ventral em cadeira com 45° de inclinação, o primeiro para peitorais e dorsais, e o segundo para bíceps e tríceps. Para exercícios de ombro foi utilizado o equipamento bozzu a fim de promover instabilidade durante a execução do exercício, enquanto que para treinamento convencional execuções clássicas foram adotadas para os mesmos grupos musculares em máquinas específicas.

Segurança dos sujeitos

O treinamento foi realizado em uma clínica de Presidente Prudente, por fisioterapeutas treinados com a supervisão de uma especialista em Cardiologia. Quaisquer problemas de saúde foram encaminhados para os médicos regulares dos voluntários. Antes e depois das sessões, foram monitorados a pressão arterial, frequência cardíaca bem como sinais clínicos tais quais cansaço excessivo, sudorese intensa, palidez, palpitações e dores no peito. Estes foram inclusive avaliados pelo fisioterapeuta durante o desenvolvimento da sessão de treinamento. Não houve nenhuma complicação ao longo das sessões.

Esses procedimentos foram suficientes para monitorar as intensidades de treinamento e garantir a segurança dos voluntários.

Parâmetros cardiorrespiratórios

A pressão arterial foi verificada pelo método auscultatório. Inicialmente os voluntários ficaram em repouso por 15 minutos para evitar possíveis erros nos valores reais. Foram feitas 3 mensurações e foram consideradas para análise a média das duas últimas aferições, conforme a VI Diretrizes Brasileiras de Hipertensão³³. A aquisição da frequência cardíaca foi feita pelo cardiófrequencímetro Polar S810i (Polar Electro OY, Kempele, Finland) após pelo menos 5 minutos em repouso na posição supina. A saturação de oxigênio foi obtida por meio de oxímetro digital (Geratherm, The Land of Thuringia, Germany).

Avaliação Antropométrica

A altura foi avaliada em posição ortostática por um estadiômetro (Sanny, Brasil) e a massa do corpo por balança digital (Tanita BC554, ferro Man/Inner Scanner, Alemanha). Ambos foram usados para calcular o IMC ($\text{corpo massa/height}^2$) dos voluntários.

Avaliações de força muscular

A força muscular foi avaliada por um teste de repetição máxima em quilogramas (1RM), que avalia a carga máxima em apenas uma repetição do exercício selecionado³⁴ usando boa postura em um ciclo completo do movimento. Esta etapa foi necessária para a determinação da carga correta a ser aplicada durante o protocolo de treinamento. Antes de iniciar o teste, os voluntários foram apresentados e familiarizados com as máquinas onde realizaram aquecimento (6 a 10 repetições) com 50% da carga da primeira tentativa de 1RM. Após dois minutos de descanso, o teste foi iniciado. Os indivíduos foram instruídos para completarem duas repetições. Se ambas foram feitas na primeira tentativa, ou se nenhuma repetição foi realizada, uma segunda tentativa foi

indicada após três a cinco minutos de recuperação, aumentando a carga para a primeira situação ou reduzindo para a segunda. Aumentava-se a carga do teste de acordo com a percepção do sujeito (avaliada por meio de questionamento – leve, moderada e intensa), até que o voluntário levantasse a maior carga possível, sem falhas mecânicas. Em caso de mais de 5 tentativas o teste era desconsiderado ³⁵. Todas as avaliações para cada grupo muscular ocorreram antes e após o protocolo de treinamento. Era dado 3 minutos de repouso entre cada execução de avaliação.

Variabilidade da frequência cardíaca

Os dados de batimento a batimento da frequência cardíaca para análise da variabilidade da frequência cardíaca (VFC) eram realizados em uma sala climatizada artificialmente (21 a 23 ° C) com umidade relativa controlada (de 40 a 60%). Os dados foram coletados entre 7:00 e 12:00 para minimizar a interferência do ritmo circadiano.

Os indivíduos foram avaliados em repouso e acordados. Movimentos e distrações em torno do laboratório foram minimizados durante a coleta de dados a fim de reduzir a ansiedade dos voluntários.

Os sujeitos foram instruídos a abster-se de ingerir estimulantes do SNA como cafeína e bebidas alcoólicas e/ou o chocolate por 24 horas antes de realizar a avaliação. Os dados foram coletados individualmente, e os sujeitos foram instruídos a permanecer em repouso e evitar conversas durante 30 minutos com respiração espontânea e em posição supina. O monitor Polar RS800 HR (Polar Electro OY, Kempele, Finlândia)³⁶ foi utilizado para a aquisição de VFC. O software Microsoft Excel e Matlab foram utilizados para a análise da VFC, e o último foi essencial para calcular os índices.

Os conjuntos de dados obtidos a partir do monitor de FC foram transferidos para um computador através de uma interface para o software Polar Pro

Trainer, versão 5.0 (Polar Electro OY). Para a análise dos dados, seções de intervalos RR-foram selecionadas, sendo selecionados 800 intervalos RR consecutivos que continham mais que 95% batimentos sinusóides. Posteriormente, os dados foram submetidas à filtragem, em primeiro lugar pelo software Polar Pro Trainer e então complementadas por inspeção manual pelo software Microsoft Excel (Microsoft Office, Redmond, WA, Estados Unidos da América), excluindo qualquer interferência que pudesse influenciar os resultados. Após esses procedimentos os arquivos de dados txt foram analisados por meio das técnicas caóticas globais ⁷ e dimensão Fractal Higuchi ¹², segundo algoritmos específicos no software Matlab.

Caótico Globais

Os métodos caóticos globais possuem índices no domínio do caos implementado em grupo por meio de diferentes algoritmos. DFA e entropia de Shannon estão presentes no método, no entanto em um modo espectral (sDfa e sEntropy, respectivamente). Além disso, sMTM (método espectral multitaper) está também presente, sendo um método responsivo e adaptado do método multi-taper (MTM), e representa a área entre o espectro MTM e a linha de base. É importante destacar que aplicando a entropia espectral e sDFA ao espectro multi-taper que não tem janelas fixas, mas são adaptativas e sensíveis – os resultados podem ter maior resposta caótica. Assim, esses parâmetros tornam-se alta entropia espectral (entropia hs) e análise do DFA espectral (hsDFA) ³⁷. Neste estudo, os parâmetros para MTM são: (i) frequência de amostragem de 1Hz; (ii) tempo largura de banda para os DPSS (sequencia esferoidal prolato discreta) é 3; (iii) comprimento FFT (transformada rápida de Fourier) de 256; (iv) método de combinação não linear adaptativo Thomson combinando estimativas espectrais individuais.

Alta entropia espectral ($hs_{entropia}$)³⁷ é uma função da irregularidade da amplitude e frequência dos picos de espectros de potência. Ela é derivada aplicando a entropia de Shannon para o espectro de potência MTM. Esta então é normalizada para que a soma da amplitude seja igual à unidade, dando um espectro de energia normalizado. Podemos então calcular um parâmetro intermediário que é a mediana de entropia de Shannon do valor obtido a partir de três espectros de forças diferentes, usando os espectros de potência MTM sob três condições de teste: uma onda senoidal perfeita, variáveis aleatórias uniformemente distribuídas e finalmente o sinal experimental. Esses valores são então novamente normalizados matematicamente para que a onda senoidal forneça um valor de zero. As variáveis aleatórias geram uma unidade e o sinal experimental é então entre zero e um. Este é o valor final que corresponde ao entropia hs .

A *análise espectral do DFA* ($hsDFA$)³⁷ é determinada calculando-se a adaptação espectral exatamente da mesma forma que entropia hs usando um espectro de potência da MTM com as mesmas configurações, mas o DFA ao invés da entropia de Shannon é o algoritmo aplicado. Importante, $hsDFA$ é o mesmo que $sDFA$, porém o espectro de potência é o MTM ao invés do Welch.

O método espectral Multi Taper ($sMTM$)⁷ é fundado sobre o aumento da intensidade do ruído de banda larga em espectros de energia gerada por sinais irregulares e caóticos. $sMTM$ é a área entre o espectro de potência MTM e a linha de base.

Parâmetros caóticos

O parâmetro [CFP] representa o parâmetro caótico. Existem sete diferentes combinações dos três parâmetros caóticos globais, que podem ser consultadas em artigo⁹. Por $hsDFA$ responder ao caos de forma oposta aos outros parâmetros, subtraímos o valor da unidade quando este foi utilizado. Espera-se que o [CFP] que aplica todos os três

parametros no domínio do caos seja o mais robusto, pois este carrega mais informações e processa-a de três maneiras diferentes.

Algoritmo de Dimensão Fractal do Higuchi

Higuchi propôs um novo algoritmo para medir a dimensão fractal de seqüências temporais discretas^{7,12}. Este é aplicado diretamente à série de tempo e não aos espectros de potência como nos caóticos globais. Como a reconstrução do espaço de fase do atrator é desnecessária, o algoritmo é mais simples, mais rápido e mais confiável do que a dimensão de correlação^{6, 38} e muitas outras medidas clássicas da teoria do caos. A dimensão fractal pode quantificar autossimilaridade e complexidade do sinal. Um valor baixo representa maior autossimilaridade. A dimensão fractal Higuchi foi aplicada a gravações cerebrais^{39,40} e outros sinais biológicos^{41,42} e está elegantemente descrita no artigo por Khoa *et al.*⁴³. Esta é uma técnica adicional para ser utilizada juntamente com o método caótico global, especialmente se seus resultados não são conclusivos.

Análise estatística e de normalização

Análise descritiva foi usada para ilustrar as características basais. A normalidade dos dados foi analisada pelo teste de Shapiro-Wilk^{44,45}. Considerando diferentes distribuições entre o índice, testes não-paramétricos e paramétricos foram aplicados e discriminados nas tabelas. As comparações entre momentos inicial e após as intervenções, (ou depois de três meses para o grupo controle) comparando cada grupo com eles próprios, foram obtidos usando teste-t de Student pareado (dados paramétricos) ou Wilcoxon (dados não-paramétricos), dependendo da distribuição de normalidade.

As comparações entre os três grupos foram feitas por valores de delta (Δ = momento final - inicial), por ANOVA unidirecional e teste de Kruskal Wallis para dados paramétricos

ou não-paramétricos, respectivamente. Quando ocorreu significância estatística após aplicação destes testes, um teste post-hoc foi aplicado, sendo o teste post-hoc de Dunn para dados não-paramétricos e post-hoc de Tukey para dados paramétricos. A significância estatística adotada para as análises foi $p < 0,05$ e o software de análise estatística foi IBM SPSS Statistics 2.2.

Quadro 1: Condução do treinamento resistido Segundo dinâmicas de exercício e sessões de indivíduos com síndrome metabólica.

Quadro 1. Condução do treinamento segundo as dinâmicas de exercício e sessões			
Semanas	Sessões	Dinâmica de Volume de Trabalho – Séries e Repetições por exercício	Dinâmica de Intensidade de Esforço (1RM) – Carga do exercício
1 ^a	1 ^a / 2 ^a / 3 ^a	2 séries X 12 repetições	30 a 40% - 1 RM
2 ^a	4 ^a / 5 ^a / 6 ^a	2 séries X 16 repetições	30 a 40% - 1 RM
3 ^a	7 ^a / 8 ^a / 9 ^a	2 séries X 20 repetições	30 a 40% - 1 RM
4 ^a	-	Semana recuperativa	Semana recuperativa
5 ^a	10 ^a / 11 ^a / 12 ^a	1 série X 16 repetições 1 série X 12 repetições 1 série X 9 repetições	40% - 1RM 50% - 1RM 60% - 1RM
6 ^a	13 ^a / 14 ^a / 15 ^a	1 série X 12 repetições 1 série X 9 repetições 1 série X 6 repetições	50% - 1RM 60% - 1RM 70% - 1 RM
7 ^a	16 ^a / 17 ^a / 18 ^a	1 série X 10 repetições 1 série X 8 repetições 1 série X 6 repetições	60% - 1 RM 70% - 1 RM 80% - 1 RM
8 ^a	19 ^a / 20 ^a / 21 ^a	1 série X 8 repetições 1 série X 6 repetições 1 série X 4 repetições	70% - 1RM 80% - 1RM 90% - 1 RM
9 ^a	-	Semana recuperativa	Semana recuperativa
10 ^a	22 ^a / 23 ^a / 24 ^a	1 série X 6 repetições 1 série X 4 repetições 1 série X 2 repetições 1 série X 4 repetições 1 série X 6 repetições	80%- 1RM 90%- 1RM 100%- 1RM 90%- 1RM 80% - 1RM
11 ^a	25 ^a / 26 ^a / 27 ^a	1 série X 6 repetições 1 série X 4 repetições 1 série X 2 repetições 1 série X 2 repetições 1 série X 4 repetições 1 série X 6 repetições	80% - 1 RM 90% - 1 RM 100% - 1 RM 100% - 1 RM 90% - 1 RM 80% - 1 RM
12 ^a	28 ^a / 29 ^a / 30 ^a	1 série X 6 repetições 1 série X 4 repetições 1 série X 2 repetições 1 série X 2 repetições 1 série X 2 repetições 1 série X 4 repetições 1 série X 6 repetições	80% - 1 RM 90% - 1 RM 100% - 1 RM 100% - 1 RM 100% - 1 RM 90% - 1 RM 80% - 1 RM

RESULTADOS

A Figura 1 ilustra a distribuição dos voluntários, de acordo com as recomendações do CONSORT para ensaios clínicos randomizados, e na tabela 1 está a caracterização da amostra.

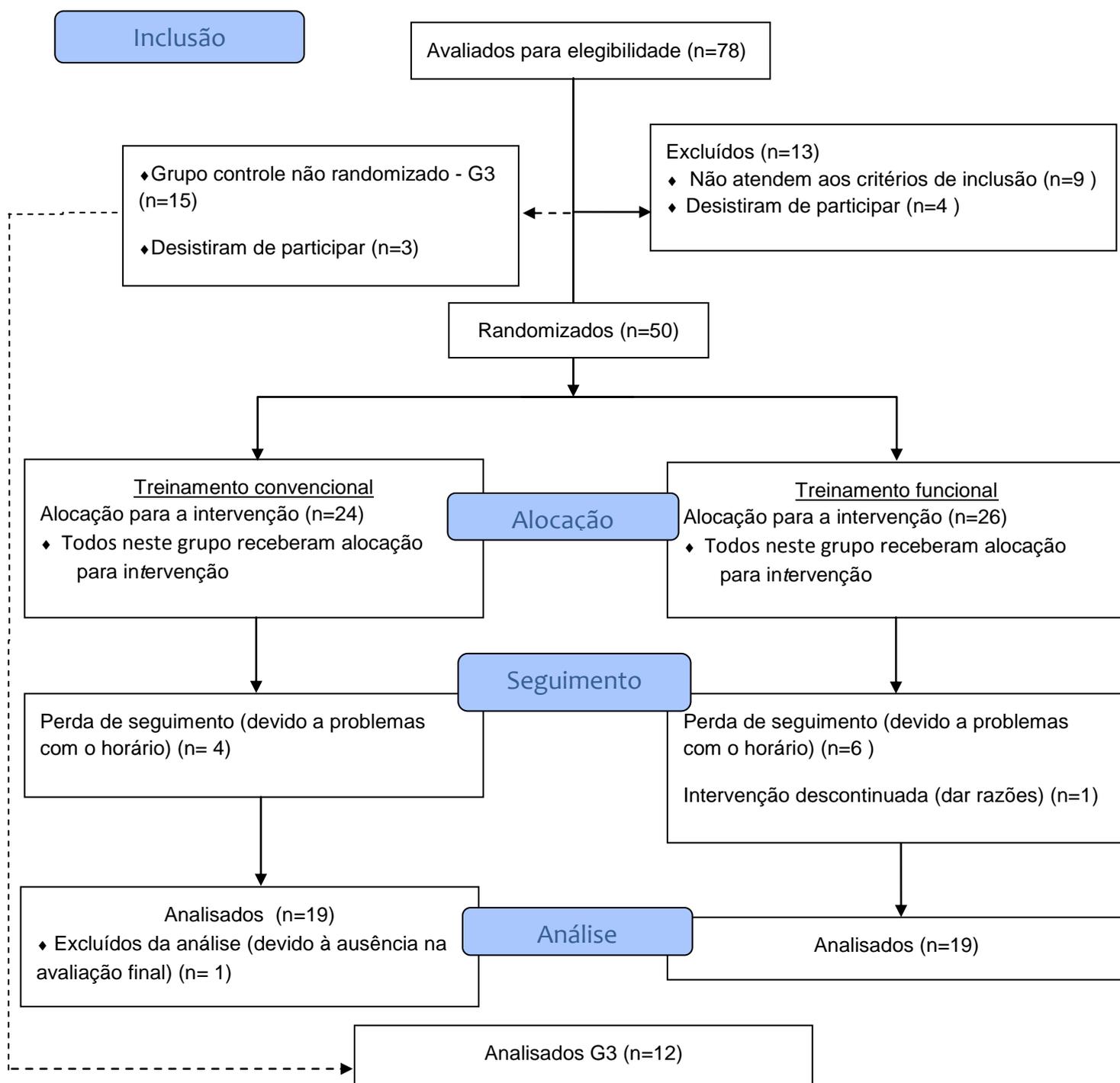


Figura 1: Diagrama de fluxo CONSORT 2010 (adaptado) para alocação dos voluntários. Descrição: n, tamanho da amostra; G1, grupo funcional; G2, grupo convencional; G3, grupo controle.

Tabela 1. Caracterização da população participante do estudo.

Parametros	G1 (n = 19)	G2 (n = 19)	G3 (n = 12)	P
Idade (anos) ^a	52.32 ± 6.57 [49.15 – 55.48]	51.42 ± 5.22 [48.91 – 53.94]	51.21 ± 7.33 [46.98 – 55.45]	0.862
Peso (kg) ^a	84.88 ± 13.21 [78.51 – 91.24]	89.61 ± 14.19 [82.77 – 96.45]	83.43 ± 19.93 [71.92 – 94.94]	0.481
Altura (m) ^a	1.65 ± 0.11 [1.60 – 1.70]	1.66 ± 0.09 [1.61 – 170]	1.67 ± 0.10 [1.62 – 173]	0.747
IMC (kg/m ²) ^a	31.37 ± 4.50 [29.21 – 33.54]	32.74 ± 5.10 [30.29 – 35.19]	29.42 ± 5.26 [26.39 – 32.46]	0.171
FC (hpm) ^a	72.74 ± 10.96 [67.46 – 71.88]	67.68 ± 8.70 [63.49 – 71.88]	65.21 ± 8.10 [60.54 – 69.89]	0.071
PAS (mmHg) ^a	129.21 ± 19.02 [120.04 – 138.40]	119.61 ± 12.65 [113.51 – 125.70]	116.79 ± 18.46 [106.13 – 127.44]	0.084
PAD (mmHg) ^a	85.26 ± 11.48* [79.73 – 90.80]	77.37 ± 10.05 [72.52 – 82.21]	75.71 ± 12.07 [68.75 – 82.68]	0.033
SatO ₂ (%) ^b	98.00 [97.00 – 98.00]	98.00 [97.00 – 98.00]	97.50 [96.00 – 98.00]	0.254
fr (bpm) ^b	20 [16.00 – 20.00]	20 [16.00 – 20.00]	18 [16.00 – 20.00]	0.548

^aMédia ± desvio padrão [Intervalo de Confiança 95%]; ^bMediana [Intervalo interquartil]. Descrição: G1 = treinamento funcional; G2 = treinamento convencional; G3 = grupo controle; P = valor de p; kg = quilogramas; m = metros; m² = metros quadrados; IMC = índice de massa corporal; PAS = pressão arterial sistólica; mmHg = milímetros de mercúrio; PAD = pressão arterial diastólica; FC = frequência cardíaca; bpm = batimentos por minuto; SatO₂ = saturação de oxigênio; % = percentual; fr = frequência respiratória; rpm = respirações por minuto; *Valor com diferença estatisticamente significativa em relação ao G3 (ANOVA One Way seguida de teste de Tukey; p < 0,05)

Conforme indicado na tabela 1, com exceção da PAD, não há diferenças estatísticas para idade, dados antropométricos e parâmetros cardiorrespiratórios. Em relação à PAD, valores mais elevados foram encontrados para G1 comparando a G3. Apesar disto, em geral os resultados demonstraram homogeneidade entre os grupos.

Sobre a complexidade autonômica, a tabela 2 ilustra a comparação dos índices caóticos globais de VFC entre os três grupos. Os resultados são ilustrados pelo valor de delta, ou seja, a diferença entre momento pós intervenção e pré intervenção. Esta forma de análise permite ao leitor observar exatamente como o índice se comportou após os treinamentos, visualizando a direção do efeito.

Observou-se valores mais altos de delta de CFP1 e CFP3 no G1 e G2 em relação ao G3, que também foi observado para o CFP5 em G1 e G3 em relação ao G2 ($p < 0,05$). Valores mais altos de delta para CFP2 e CFP7 foram observados em G2 comparado ao G3 ($p < 0,05$). Não foram observadas diferenças entre os grupos para valores de delta de CFP4 e CFP6 ($p > 0,05$).

Para incrementar a análise, a dimensão fractal de Higuchi está exposta na tabela 3, por comparações de delta, em diferentes pontos de saturação. Sobre a dimensão Fractal de Higuchi, os valores aumentaram para ambos os grupos de intervenção, mas sem significância estatística. Somente ΔHFD_{90} foi estatisticamente significativa. Entretanto, apesar do valor significativo de ΔHFD_{90} referidos pelo teste de Kruskal Wallis, a aplicação do teste pos hoc de Dunn não mostrou nenhum valor significativo para comparação entre os grupos. Este achado mostra que não existe diferença fractal entre as comparações de delta nos grupos.

Tabela 2: Comparação de valor os deltas do caos para a frente parâmetros entre os grupos de árvore.

$[\Delta \text{ CFP}_x]$	G1	G2	G3	P value
$\Delta \text{ CFP1}^a$	0.050 [0.009 – 0.165]	0.089 [0.021 – 0.134]	-0.0001* [-0.052 – 0.003]	0.005
$\Delta \text{ CFP2}^a$	0.0027 [-0.029 – 0.050]	0.0214 [-0.004 – 0.115]	-0.0288# [-0.107 – 0.008]	0.047
$\Delta \text{ CFP3}^b$	0.096 ± 0.133 [0.032 – 0.160]	0.144 ± 0.095 [0.099 – 0.191]	$-0.039 \pm 0.094^*$ [-0.099 – 0.021]	<0.001
$\Delta \text{ CFP4}^a$	0.066 [-0.055 – 0.357]	-0.016 [-0.052 – 0.062]	0.022 [-0.017 – 0.140]	0.152
$\Delta \text{ CFP5}^b$	$0.023 \pm 0.231^\S$ [-0.088 – 0.134]	-0.110 ± 0.087 [-0.152 – -0.068]	$0.054 \pm 0.107^\#$ [-0.014 – 0.123]	0.012
$\Delta \text{ CFP6}^a$	0.064 [-0.025 – 0.247]	0.042 [0.016 – 0.097]	0.014 [-0.011 – 0.089]	0.437
$\Delta \text{ CFP7}^b$	-0.012 ± 0.315 [-0.163 – 0.140]	0.150 ± 0.123 [0.091 – 0.210]	$-0.083 \pm 0.166^\S$ [-0.190 – 0.022]	0.015

^{um} Mediana [intervalo interquartil;] ^b Média \pm desvio padrão [intervalo de confiança 95%]. Descrição: G1 = grupo funcional; G2 = grupo convencional; G3 = grupo controle; Δ = Depois – antes de intervenção/grupo; valor de p = nível de significância; * Valor com diferença significativa em relação ao G1 e G2 (teste de Kruskal Wallis teste seguido Dunn; $p < 0,05$); #Valor com diferença significativa em relação ao G2 (teste de Kruskal Wallis seguido pelo teste de Dunn; $p < 0,05$); § Valor com diferença significativa em relação ao G2 (OneWay ANOVA seguida de teste de Tukey; $p < 0,05$).

Tabela 3: Comparação de Delta da Dimensão Fractal de Higuchi entre grupos (G1, G2 e G3), pelo teste de Kruskal-Wallis

Variable	G1	G2	G3	P
ΔHFD_{10}^a	0.065 [-0,036 – 0.168]	0.004 [-0,040 – 0.098]	-0.067 [-0,169 – 0.035]	0.150
ΔHFD_{20}^b	0.070 ± 0.155	0.046 ± 0.096	-0.024 ± 0.108	0.130
ΔHFD_{30}^a	0.033 [-0.048 – 0.142]	0.032 [-0.025 – 0.098]	-0.028 [-0,088 – -0,003]	0.083
ΔHFD_{40}^a	0.025 [-0.040 – 0.120]	0.039 [-0.030 – 0.087]	-0.032 [-0.086 – - 0.001]	0.093
ΔHFD_{50}^a	0.036 [-0.038 – 0.137]	0.058 [-0.025 – 0.104]	-0.025 [-0.084 – 0.023]	0.078
ΔHFD_{60}^a	0.039 [-0.025 – 0.120]	0.051 [-0.027 – 0.107]	-0.024 [-0.084 – 0.011]	0.072
ΔHFD_{70}^a	0.035 [-0.006 – 0.125]	0.020 [-0.030 – 0.100]	-0.023 [-0.090 – 0.015]	0.066
ΔHFD_{80}^a	0.028 [-0.005 – 0.120]	0.021 [-0.020 – 0.105]	-0.020 [-0.080 – 0.018]	0.067
ΔHFD_{90}^a	0.017 [-0.003 – 0.104]	0.022 [0.006 – 0.105]	-0.020 [-0.067 – 0.006]	0.049
ΔHFD_{100}^a	0.009 [0,000 – 0,094]	0.018 [-0.008 – 0.100]	-0.019 [-0.063 – 0.005]	0.055
ΔHFD_{110}^a	0.006 [-0.005 – 0.088]	0.023 [-0.009 – 0.088]	-0.015 [-0.069 – 0.005]	0.079
ΔHFD_{120}^a	0.011 [-0.003 – 0.080]	0.027 [-0.014 – 0.074]	-0.015 [-0.071 – 0.003]	0.097

^{um} Mediana [intervalo interquartil;] ^b Média \pm desvio padrão [intervalo de confiança 95%]. Descrição: Δ = depois – antes de intervenção/grupo; G1 = grupo funcional; G2 = grupo convencional; G3 = grupo controle; P = nível de significância de 0,05.

Com o objetivo de encontrar como os parâmetros caóticos globais e a dimensão Fractal Higuchi se comportam em cada grupo intervenção, as tabelas 4 e 5 ilustram os grupos de intervenção seguindo dois momentos: antes e depois dos protocolos de intervenção.

Conforme indicado na tabela 4 ambos os grupos de intervenção aumentaram o caos para a maioria dos CFP. O grupo convencional apresentou mais quantidade de significância estatística do que funcional. Entretanto, em geral, ambos os grupos tiveram valores superiores após o processo de intervenção.

Ainda, a tabela 5 mostra que ambos os grupos de intervenção aumentaram fractalidade quando comparados entre si usando Dimensao Fractal Higuchi. Valores mais altos são notáveis para ambos os grupos, mesmo com maior quantidade de significância estatística para o grupo convencional.

É importante salientar que não houve diferença estatisticamente significante entre a linha de base e os momentos finais no grupo de controle, quando comparado os parâmetros caóticos globais e a dimensão fractal de Higuchi.

Tabela 4: Comparação de parâmetros globais caóticos em cada grupo.

CFP [x]	G1		G2		G3	
	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post
CFP1	0.827 [0.749– .858]	0.932* [0.831– .022]	0.796 [0.762– 0.868]	0.867* [0.842– 1.023]	0.854 [0.786– 0.963]	-0.000 [-0.062–0.023]
CFP2	0.551 [0.534– .684]	0.585 [0.536– .660]	0.562 [0.563– 0.636]	0.599* [0.545– 0.748]	0.710 ± 0.145 [0.618– 0.803]	-0.050 ± 0.113 [-0.122– 0.021]
CFP3	0.677 [0.642– .772]	0.804* [0.700– .978]	0.675 [0.661– 0.762]	0.824* [0.781– 1.011]	0.825 ± 0.134 [0.740– 0.910]	-0.039 ± 0.094 [-0.099– 0.020]
CFP4	0.690± 0.208 [0.589– .790]	0.784± 0.264 [0.657– 0.911]	0.684 ± 0.205 [0.584– 0.783]	0.685 ± 0.214# [0.581– 0.788]	0.492 [0.387-0.692]	0.021 [-0.010– 0.124]
CFP5	0.405 [0.326– 0.505]	0.458 [0.373– 0.588]	0.381 ± 0.158 [0.304– 0.457]	0.271 ± 0.170# [0.189– 0.353]	0.232 ± 0.185 [0.114-0.350]	0.054 ± 0.107 [-0.013– 0.122]
CFP6	0.563 ± 0.153 [0.490– 0.637]	0.648 ± 0.2 [0.561– 0.754]	0.558 [0.464– 0.619]	0.588* [0.494– 0.683]	0.437 [0.363- 0.593]	0.014 [-0.005– 0.078]
CFP7	0.342 [0.238– 0.445]	0.285 [0.186– 0.382]	0.400 ± 0.214 [0.296– 0.503]	0.550 ± 0.250# [0.430– 0.670]	0.615 ± 0.257 [0.451-0.778]	-0.083 ± 0.166 [-0.189– 0.022]

* Diferença significativa em relação ao momento da intervenção pré (teste de Wilcoxon, $p < 0,05$); # Diferença significativa em relação ao momento da intervenção pré (teste t de Student para dados emparelhados; $p < 0,05$); Descrição: G1 = grupo funcional; G2 = grupo convencional; $p = \leq 0,05$.

Tabela 5: Higuchi fractal da dimensão dos grupos de intervenções na linha de base e postar momentos de intervenção.

HFD _(x)	G1		G2		G3	
	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post
HFD ₁₀	1.660 ± 0.172 [1.577 – 1.744]	1.738 ± 0.141 [#] [1,670 - 1,807]	1.679 ± 0.165 [1,599 - 1,758]	1.706 ± 0.177 [1.620- 1.792]	1.705 ± 0.157 [1.605– 1.805]	1.673 ± 0.177 [1.560 – 1.786]
HFD ₂₀	1.711 ± 0.167 [1.599 – 1.758]	1.781 ± 0.101 [1.732 – 1.830]	1.721 ± 0.142 [1.652 – 1.790]	1.766 ± 0.119 [1.709– 1.824]	1.750 ± 0.120 [1.673– 1.826]	1.726 ± 0.133 [1.641 – 1.811]
HFD ₃₀	1.805 [1.696 – 1.848]	1.829 [1.729 – 1.892]	1.753 ± 0.139 [1.685 – 1.820]	1.802 ± 0.094 [1.757– 1.848]	1.793 ± 0.097 [1.731– 1.855]	1.764 ± 0.112 [1.693 – 1.836]
HFD ₄₀	1.820 [1.752 – 1.870]	1.855 [1.794 – 1.896]	1.773 ± 0.132 [1.709 – 1.837]	1.825 ± 0.082 [#] [1.786– 1.865]	1.816 ± 0.092 [1.757– 1.874]	1.786 ± 0.105 [1.719 – 1.853]
HFD ₅₀	1.831 [1.782 – 1.899]	1.866 [1.818 – 1.910]	1.758 [1.703 – 1.916]	1.847 [*] [1.813– 1.891]	1.830 ± 0.085 [1.776– 1.884]	1.804 ± 0.097 [1.742 – 1.866]
HFD ₆₀	1.843 [1.793 – 1.907]	1.883 [1.840 – 1.918]	1.809 ± 0.119 [1.752 – 1.867]	1.860 ± 0.064 [#] [1.829– 1.891]	1.843 ± 0.083 [1.790– 1.896]	1.817 ± 0.096 [1.756 – 1.878]
HFD ₇₀	1.859 [1.807 – 1.902]	1.889 [1.865 – 1.923]	1.822 ± 0.115 [1.766 – 1.878]	1.870 ± 0.057 [#] [1.842– 1.898]	1.851 ± 0.082 [1.799– 1.903]	1.827 ± 0.095 [1.766 – 1.887]
HFD ₈₀	1.876 [1.820 – 1.910]	1.900 [1.881 – 1.937]	1.830 ± 0.113 [1.776 – 1.886]	1.879 ± 0.053 [#] [1.853– 1.905]	1.869 ± 0.081 [1.807– 1.910]	1.837 ± 0.092 [1.778 – 1.895]
HFD ₉₀	1.891 [1.833 – 1.910]	1.907 [1.892 – 1.941]	1.838 ± 0.111 [1.784 – 1.892]	1.886 ± 0.049 [#] [1.863– 1.910]	1.865 ± 0.081 [1.813– 1.917]	1.843 ± 0.087 [1.788 – 1.899]
HFD ₁₀₀	1.902 [1.836 – 1.913]	1.913 [1.898 0 1.943]	1.843 ± 0.107 [1.791 – 1.895]	1.891 ± 0.045 [#] [1.869– 1.913]	1.870 ± 0.080 [1.819– 1.922]	1.849 ± 0.081 [1.798 – 1.901]
HFD ₁₁₀	1.908 [1.839 – 1.918]	1.918 [1.903 – 1.945]	1.848 ± 0.103 [1.798 – 1.898]	1.895 ± 0.044 [#] [1.873– 1.916]	1.876 ± 0.079 [1.826– 1.926]	1.856 ± 0.077 [1.807 – 1.905]
HFD ₁₂₀	1.911 [1.847 – 1.921]	1.917 [1.908 – 1.946]	1.854 ± 0.098 [1.807 – 1.902]	1.897 ± 0.042 [#] [1.877– 1.918]	1.882 ± 0.077 [1.833– 1.931]	1.863 ± 0.073 [1.817 – 1.910]

* Diferença significativa em relação ao momento da intervenção pré (teste de Wilcoxon; $p < 0.05$); # Diferença significativa em relação ao momento da intervenção pré (teste t de Student para dados emparelhados; $p < 0.05$);

Descrição: G1 = grupo funcional; G2 = grupo convencional; $p \leq 0,05$.

DISCUSSÃO

A descoberta principal do nosso estudo é que o treinamento resistido periodizado melhora modulação autonômica cardíaca, aumentando o caos e a complexidade do SNA em indivíduos com SM, independente do protocolo de treinamento aplicado, convencional ou funcional. Destaca-se que este achado foi observado usando métodos não-lineares para análise de VFC os quais se aproximam do comportamento biodinâmico humano, que se comporta de forma não linear.

A análise do caos foi feita por uma comparação com uma oscilação harmônica ruidosa - considerando o ruído do sinal, o oposto de métodos lineares que interpretam todas estruturas regulares de um conjunto de dados e podem apenas lidar com soluções oscilantes periódicas, em que todo o comportamento irregular tem que ser atribuído à algum componente externo aleatório ao sistema ⁴⁶. Desta forma, a análise pelo caos auxilia a transpor essa limitação.

O CFP1 que é considerado o mais poderoso dos parâmetros globais caóticos por incluir três métodos de análise não linear em um só algoritmo, e mais influência no resultado caótico quando testado pela Análise de Componentes Principais, pôde demonstrar claramente o incremento do caos em ambos os grupos de intervenção. Estes resultados podem ser também elucidados na tabela 4 e 5 comparando dentro do mesmo grupo em que basicamente todos os parâmetros globais caóticos tiveram um visível aumento, ainda que nem sempre estatisticamente significante.

Foi observado neste estudo que 30 sessões de protocolo de treinamento de resistido periodizado pode ser revelado como uma intervenção confiável contribuindo para o equilíbrio dinâmico autonômico, aumento as propriedades caóticas (diferenças significativas para CFP1 e CFP3 no nível $p < 0,01$; 1%, ou menos) em indivíduos com SM. O exercício de resistência pode promover outras boas adaptações cardiovasculares já

relatadas na literatura, como hipertrofia ventricular esquerda ^{47,48} e redução da resistência vascular ⁴⁹⁻⁵¹, que juntos podem reduzir os esforços desempenhados pelo coração, mantendo bons níveis de autonomia cardiovascular.

O incremento da função caótica é importante, pois está relacionado ao melhor prognóstico ⁵² e adaptabilidade do sistema fisiológico, preparando não só o sistema cardiovascular, mas todos os sistemas subjacentes para responder antecipadamente frente a estímulos fisiológicos diversos.

Além disso, as comparações delta de modulação autonômica entre os grupos convencional, funcional e controle, mostraram resultados significativos para a maioria das combinações caóticas globais (CFP 1,2,3,5 & 7), mostrando também diferenças significativas entre os grupos. O teste post-hoc aplicado indicou que todas as comparações de CFP citadas anteriormente foram significativas entre o grupo convencional e controle, sendo que as combinações CFP1 e CFP3, consideradas as mais robustas apresentaram diferenças estatisticamente significantes.

No entanto, em relação à comparação entre grupos convencionais e funcionais, apenas delta CFP5 foi estatisticamente significante ($p = 0,043$ ou $0,038$) ilustrando que não há nenhuma diferença significativa entre ambos os treinamentos de resistência e em relação a modulação autonômica.

Sobre a dimensão fractal Higuchi, o presente artigo ilustrou que não há nenhuma diferença entre os grupos, ao comparar os valores de delta, mesmo grupo convencional apresentando maior quantidade de diferenças estatísticas do que grupo funcional na comparação de cada grupo de intervenção com eles mesmos entre os momentos pré e pós treinamento.

Os resultados deste trabalho é particularmente importante para esclarecer a repercussão autonômica após programa de treinamento funcional, que tem sido inserido

no quadro *fitness* do mundo, sugerido como alternativa além do treinamento resistido convencional para melhorar força muscular, resistência, coordenação e equilíbrio,⁵². No campo autonômico, existem poucos estudos focando neste aspecto. Recentemente, Barbosa *et al* .²⁹ ilustrou que o treinamento funcional por 30 sessões com intervalos de recuperação de 24-72 horas entre as sessões, foi capaz de gerar melhorias na modulação autonômica quando analisados por índices lineares de HRV em indivíduos jovens saudáveis.

Na comunidade científica é crucial testar novas abordagens terapêuticas e procurar evidências acadêmicas antes de aplicá-las em pacientes. Neste aspecto, o presente trabalho teve como objetivo auxiliar os profissionais sobre a repercussão autonômica do treinamento funcional. Este artigo confirma que não há nenhuma diferença significativa entre treinamento funcional e um convencional em relação a modulação autonômica no domínio do caos em indivíduos com SM, indicando que ambos os treinamentos são boas alternativas para este aspecto.

Além disso, este estudo supera as limitações dos outros parâmetros caóticos, que foram recentemente explorados por Sassi *et al* ⁴⁶, enfatizando que há possíveis explicações para os resultados inconclusivos incluindo a sensibilidade das medidas investigadas (especificamente de expoentes de Lyapunov⁵⁴, e dimensões de correlação D_2 ⁵) devido o comprimento limitado e ruídos nas série RR.

Ainda, apesar de haver artigos tecnicamente orientados relatando novas tecnologias de análise de VFC, faltam publicações de sua aplicação clínica orientada em diferentes condições fisiológicas e clínicas, enfatizando distanciamento perceptível entre estas duas categorias. A literatura que contempla a Engenharia Biomédica inclui muitos métodos que nunca foram aplicados com êxito a dados clínicos. Assim, torna-se difícil de julgar o valor destas novas tecnologias de interpretação da VFC ⁴⁶. Este estudo pôde

explorar uma nova ferramenta de análise da VFC, chamado parâmetros globais caóticos, aplicando-a a situações reais. Esses parâmetros são mais vantajosos por permitir combinações de índices não lineares, analisando os dados de VFC de forma robusta.

Considerando o apoio crescente para a aplicação de treinamento resistido em indivíduos com doenças crônicas ^{21, 55} este estudo contribui diretamente para o conhecimento neste campo em indivíduos com SM.

Destacamos neste artigo as contribuições na prática clínica para indivíduos com SM, sendo que a aplicação do método caótico global pode funcionar como um biomarcador de evolução do tratamento, auxiliando profissionais da área da saúde. Além disso, devido à aplicabilidade clínica fornecida neste trabalho, pesquisadores e clínicos podem utilizar os parâmetros caóticos globais, os quais mostraram efetividade mesmo usando séries de dados relativamente pequenas (800 batimentos cardíacos).

LIMITAÇÕES

Como um fator limitante deste estudo, o grupo controle foi composto por indivíduos que se recusaram a participar dos treinamentos, impedindo assim a randomização total da amostra. Entretanto, a fim de solucionar parcialmente este problema os dois protocolos de treinamento foram randomizados por blocos.

CONCLUSÃO

Em resumo, não existem diferenças estatísticas entre os protocolos de treinamento convencional ou funcional na modulação autonômica, acessados pelos parâmetros caóticos globais em indivíduos com SM entre 40 e 60 anos de idade. Entretanto o treinamento resistido aumentou significativamente a complexidade da VFC sendo, portanto, fisiologicamente benéfico. Os métodos baseados nos parâmetros caóticos

globais foram capazes de identificar o aumento de complexidade na modulação autonômica após treinamento resistido, diferentemente da dimensão fractal Higuchi, que não acessou diferenças fractais entre os grupos.

CONFLITO DE INTERESSE

Os autores declaram que não há conflito de interesses sobre a publicação deste artigo.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi apoiado por FAPESP. Número do processo [2015/10229-0](#).

REFERENCIAS

1. Raimundo RD and Godleski JJ. Heart rate variability in metabolic syndrome. *Journal of Human Growth and Development*. 2015; 25: 7-10.
2. Camm AJ, Malik M, Bigger JT, Breithardt G, Cerutti S, Cohen RJ, et al. Heart rate variability: standards of measurement, physiological interpretation and clinical use. Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. *Circulation*. 1996; 93:1043-1065.
3. Seely AJ and Macklem PT. Complex systems and the technology of variability analysis. *Crit Care*. 2004; 8:R367-84.
4. Francesco B, Grazia BM, Emanuele G, Valentina F, Sara C, Chiara F, et al. Linear and Nonlinear Heart Rate Variability Indexes in Clinical Practice. *Computational and Mathematical Methods in Medicine* Volume 2012 (2012).
5. Shannon CE. A Mathematical Theory of Communication. *The Bell System Technical Journal*. 1948: 379-423.
6. Skinner JE, Carpeggiani C, Landisman CE, Fulton KW. Correlation dimension of heartbeat intervals is reduced in conscious pigs by myocardial ischemia. *Circ.Res.* 1998; 68: 966-976.
7. Garner DM and Ling BWK. Measuring and locating zones of chaos and irregularity. *J Syst Sci Complex*. 2014; 27:494-506.
8. Vanderlei FM, Vanderlei LCM, Garner DM. Chaotic global parameters correlation with heart rate variability in obese children. *J Hum Growth Dev*. 2014; 24(1):24-30.

9. Vanderlei FM., Vanderlei LCM., Garner DM. Heart rate dynamics by novel chaotic globals to HRV in obese youths. *Journal of Human Growth and Development*. 2015; 25(1): 82-88
10. Souza NM, Vanderlei LCM, Garner DM. Risk evaluation of diabetes mellitus by relation of chaotic globals to HRV. *Complexity*. 2015; 20(3): 84-92.
11. Anier A, Lipping T, Melto S, Hovilehto S. Higuchi fractal dimension and spectral entropy as measures of depth of sedation in intensive care unit. *Engineering in Medicine and Biology Society, 2004. IEMBS'04. 26th Annual International Conference of the IEEE*. 2004: 526-529.
12. Higuchi T. Approach to an irregular time series on the basis of the fractal theory. *Physica D: Nonlinear Phenomena*.1988; 31: 277-283.
13. Wang Q, Sourina O. Real-time mental arithmetic task recognition from EEG signals.*IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng*.2013;21(2):225-232.
14. Best BJ, Goldberger AL. Physiology in fractal dimensions. *Am Sci*. 1987;75: 354-365.10.
15. Yamamoto Y, Nakamura Y, Sato H, Yamamoto K, Kato K, Hueyson RL. On the fractal nature of heart rate variability in humans: Effects of vagal blockade. *Am JPhysiol*. 1995;269:R830-R837.
16. Cote AT, Bredin SS, Phillips AA, Koehle MS, Warburton DE. Greater autonomic modulation during post-exercise hypotension following high-intensity interval exercise in endurance-trained men and women. *European journal of applied physiology* .2015; 115:81-89.
17. Piras A, Persiani M, Damiani N, Perazzolo M, Raffi M. Peripheral heart action (PHA) training as a valid substitute to high intensity interval training to improve resting

cardiovascular changes and autonomic adaptation. *European journal of applied physiology*. 2015; 115: 763-773.

18. Queiroz A, Sousa J, Cavalli A, Silva N, Costa L, Tobaldini E, et al. Post-resistance exercise hemodynamic and autonomic responses: Comparison between normotensive and hypertensive men. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 2014. 25(4):486-494.
19. Dolezal BA, Chudzynski J, Dickerson D, Mooney L, Rawson RA, Garfinkel A, et al. Exercise training improves heart rate variability after methamphetamine dependency. *Med Sci Sports Exerc*. 2014; 46: 1057-1066.
20. Prinsloo GE, Rauch HL, Derman WE. A brief review and clinical application of heart rate variability biofeedback in sports, exercise, and rehabilitation medicine. *Physician and Sportsmedicine*.2014; 42: 88-99.
21. Kingsley JD and Figueroa A. Acute and training effects of resistance exercise on heart rate variability. *Clinical physiology and functional imaging*. 2014:1-9.
22. 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.
23. Raimundo R.D, Godleski J.J. Variabilidade da frequência cardíaca na síndrome metabólica. *Journal of Human Growth and Development*. 2015;25(1):7-10.
24. Alberti KGMM, Eckel RH, Grundy SM. 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 atherosclerosis society; and international association for the study of obesity. *Circulation*. 2009;120(16):1640-5.

25. Grassi G, Dell'Oro R, Quarti-Trevano F, Scopelliti F, Seravalle G, Paleari F, et al. Neuroadrenergic and reflex abnormalities in patients with metabolic syndrome. *Diabetologia*. 2005;48:1359-65.
26. Kingsley JD, Hochgesang S, Brewer A, Buxton E, Martinson M, Heidner G. Autonomic modulation in resistance-trained individuals after acute resistance exercise. *International journal of sports medicine*. 2014;35(10):851-6.
27. P. A. Brill. Exercise your independence: functional fitness for older adults. *Journal of Aging and Physical Activity*. 2008: S88-S89.
28. Pacheco MM, Teixeira LAC, Franchini E, Takito MY. Functional vs. strength training in adults: specific needs define the best intervention. *International journal of sports physical therapy*. 2013; 8(1): 34-43.
29. R. Barbosa MPC, 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. *Clinical Physiology and Functional Imaging*, 2015.
30. Pollock BA, Franklin GJ, Balady BL, Chaitman J L, Fleg B, Fletcher B, et al. Resistance exercise in individuals with and without cardiovascular disease benefits, rationale, safety, and prescription an advisory from the committee on exercise, rehabilitation, and prevention, council on clinical cardiology, American Heart Association. *Circulation*. 2000; 101: 828-833.
31. Tureck LV. Síndrome metabólica: investigação da associação entre seus fatores de risco isolados e polimorfismos genéticos. Tese de mestrado, UFPR. 2015.
32. Sociedade Brasileira de Hipertensão, Sociedade Brasileira de Cardiologia, Sociedade Brasileira de Endocrinologia e Metabologia, Sociedade Brasileira de Diabetes,

- Associação Brasileira para Estudos da Obesidade. I diretriz brasileira de diagnóstico e tratamento da síndrome metabólica. *Arq Bras Cardiol.* 2005;84(Supl 1):3-28.
33. Sociedade Brasileira de Cardiologia / Sociedade Brasileira de Hipertensão / Sociedade Brasileira de Nefrologia. VI Diretrizes Brasileiras de Hipertensão. *Arq Bras Cardiol* 2010; 95(1 supl.1): 1-51
34. Taranto G, editor. Modificações na prescrição de exercício para pacientes cardíacos In: Diretrizes do ACSM para os testes de esforços e sua prescrição, American College of SPORTS Medicine. 7a ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2007
35. Okano AH, Cyrino ES, Nakamura FY, Guariglia DA, Nascimento MA, Avelar A, et al. Behavior of the muscle strength and arm muscle area during 24 weeks of weight training. *Brazilian Journal of Kinanthropometry and Human Performance.* 2008; 10: 379-385.
36. Vanderlei LCM, Silva RA, Pastre CM, Azevedo FM, Godoy MF. Comparison of the Polar S810i monitor and the ECG for the analysis of heart rate variability in the time and frequency domains. *Braz J Med Biol Res.* 2008; 41: 854-9.
37. Wajnsztein R, De Carvalho TD, Garner DM, Vanderlei LCM, Godoy MF, Raimundo RD, et al . Heart rate variability analysis by chaotic global techniques in children with attention deficit hyperactivity disorder. *Complexity.* 2015.
38. Molnar M, Skinner JE, Csepe V, Winkler I, Karmos G. Correlation dimension changes accompanying the occurrence of the mismatch negativity and the P3 event-related potential component. *Electroencephalogr.Clin.Neurophysiol.* 1995; 95: 118-126.
39. Accardo A, Affinito M, Carrozzi M, Bouquet G. Use of the fractal dimension for the analysis of electroencephalographic time series. *Biological cybernetics.* 1997; 77: 339-350, 1997.

40. Ferenets R, Lipping T, Anier A, Jantti V, Melto S, Hovilehto S. Comparison of entropy and complexity measures for the assessment of depth of sedation. *IEEE Trans.Biomed.Eng.* 2006; 53:1067-1077.
41. Doyle TL, Dugan EL, Humphries B, Newton RU. Discriminating between elderly and young using a fractal dimension analysis of centre of pressure. *International journal of medical sciences.*2004; 1(1): 11-20.
42. Acharya R, Bhat PS, Kannathal N, Rao A, Lim CM. Analysis of cardiac health using fractal dimension and wavelet transformation. *ITBM-RBM.* 2005;26:133-139.
43. Khoa TQD, Ha VQ, Toi VV. Higuchi fractal properties of onset epilepsy electroencephalogram. *Computational and mathematical methods in medicine.* 2012 (2012):1-6.
44. Royston P. Approximating the Shapiro-Wilk W-Test for non-normality. *Statistics and Computing.* 1992; 2: 117-119.
45. Razali NM and Wah YB. Power comparisons of shapiro-wilk, kolmogorov-smirnov, lilliefors and anderson-darling tests. *Journal of Statistical Modeling and Analytics.* 2011; 2: 21-33.
46. Sassi R, Cerutti S, Lombardi F, Malik M, Huikuri HV, Peng CK, et al., Advances in heart rate variability signal analysis: joint position statement by the e-Cardiology ESC Working Group and the European Heart Rhythm Association co-endorsed by the Asia Pacific Heart Rhythm Society. *Europace.* 2015;17(9):1341-53.
47. Naylor LH, George K., O'Driscoll G, Green DJ. The Athlete's Heart. A contemporary appraisal of the "Morganroth Hypothesis". *Sports Med.* 2008;38(1):69-90.
48. Haykowsky MJF, Tomczak CR. LV hypertrophy in resistance or endurance trained athletes: the Morganroth hypothesis is obsolete, most of the time. *Heart* 2014;100:1225-1226.

49. Heffernan KS, Fahs CA, Iwamoto GA, Jae SY, Wilund KR, Woods JA, et al. Resistance exercise training reduces central blood pressure and improves microvascular function in African American and white men. *Atherosclerosis*. 2009; 207: 220-226.
50. Anton MM, Cortez-Cooper MY, DeVan AE, Neidre DB, Cook JN, Tanaka H. *Journal of Applied Physiology*. 2006; 101(5): 1351-1355.
51. Collier SR, Kanaley JA, Carhart Jr R, Frechette V, Tobin MM, Hall AK, et al. Effect of 4 weeks of aerobic or resistance exercise training on arterial stiffness, blood flow and blood pressure in pre- and stage-1 hypertensives. *Journal of Human Hypertension*. 2008; 22: 678–686.
52. Nicolini P, Ciulla MM, ASMUNDIS CD, Magrini F, Brugada P. The prognostic value of heart rate variability in the elderly, changing the perspective: from sympathovagal balance to chaos theory. *Pacing and Clinical Electrophysiology*. 2012; 35: 621-637.
53. Weiss T, Kreitinger J, Wilde H, Wiora G, Steege M, Dalleck L, et al. Effect of functional resistance training on muscular fitness outcomes in young adults. *Journal of Exercise Science & Fitness*. 2010; 8: 113-122.
54. Wolf A, Swift JB, Swinney HL, Vastano JA. Determining Lyapunov Exponents from A Time-Series. *Physica D*. 1985; 3:285-317.
55. Matheson GO, Klügl M, Dvorak J, Engebretsen L, Meeuwisse LH, Schwellnus M, et al. Responsibility of sport and exercise medicine in preventing and managing chronic disease: applying our knowledge and skill is overdue. *British journal of sports medicine*. 2011;45(16):122-1282.

Conclusões

Conclui-se a partir dos achados que:

- Tanto o TRC quanto TRF periodizados, ao longo de 30 sessões de treinamento, promovem incremento de força muscular e podem ser utilizados para esta finalidade. Entretanto, o TRF destacou-se como melhor alternativa terapêutica no tratamento de indivíduos com SM, por também evidenciar reduções em PA além de promover melhores respostas da modulação autonômica, desempenhando assim um papel cardio protetor nestes indivíduos, sendo estas alterações visualizadas por meio de índices lineares de variabilidade da frequência cardíaca.
- Tanto o TRC quanto TRF mostram melhoras na análise de modulação autonômica no domínio do caos, evidenciando que em termos de complexidade ambos os protocolos periodizados geram tal benefício.

Referências

1. 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 actividade física. *Rev Port Cien Desp.* 2009;9(2-3):231–244.
2. Penalva D. Síndrome Metabólica: diagnóstico e tratamento. *Rev Med (São Paulo).*2008;87(4):245-50.
3. Luna RL. Síndrome metabólica. *Arq Bras Cardiol.* 2007;88(5): e124-e 126.
4. Sociedade Brasileira de Cardiologia: I Diretriz Brasileira de Diagnóstico e Tratamento da Síndrome Metabólica. *Arq Bras Cardiol.* Abril.2004;84, suplemento I.
5. Deepa M, Mohan Z. El síndrome metabólico. *Diabetes Voice.* 2006; 5 (especial): 15-17.
6. Zhang W, H Xue P, Yao MY, Chang HM, Wu Y, Zhang L. Prevalence of Metabolic Syndrome and Its Relationship with Physical Activity in Suburban Beijing, China. *Ann Nutr Metab.*2013;63:298-304.
7. Nakazone MA, Pinheiro A, Braile MCVB, Pinhel MAS, Sousa GF, Júnior SP, Brandão AC, et al. *Rev Assoc Med Bras.* 2007; 53(5): 407-13.
8. Black RE, Singhal A, Uauy R. International Nutrition: Achieving Millennium Goals and Beyond. Nestlé Nutr Inst Workshop Ser. Nestec Ltd. Vevey/S. Karger AG Basel. 2014;78:133-140.
9. Leon MM, Stefanachi E, Cobzaru R, Mitu F. . Impact of metabolic syndrome on the development of cardiovascular disease. *Rev Med Chir Soc Med Nat Iasi.* 2013;117(3):635-40.
10. Pereira JC, Barreto SM, Passos VMA. Perfil de risco cardiovascular e autoavaliação da saúde no Brasil: estudo de base populacional. *Rev Panam Salud Publica.* 2009;25(6):491–8.

11. Barbosa JB, Silva AAM, Barbosa FF, Júnior FCM, Figueiredo Neto JÁ, Nina VJS, et al. Síndrome Metabólica em Ambulatório Cardiológico. *Arq Bras Cardiol.* 2010;94(1): 46-54.
12. Siqueira AFA, Abdalla DSP, Ferreira, SRG. LDL: da síndrome metabólica à instabilização da placa aterosclerótica. *Arq Bras Endocrinol Metab* [online]. 2006, 50(2): 334-343.
13. Lopes HF e Egan BM. Desequilíbrio autonômico e síndrome metabólica: parceiros patológicos em uma pandemia global emergente. *Arq. Bras. Cardiol.* [online]. 2006; 87(4): 538-547.
14. Tentolouris N, Argyrakopoulou G, Katsilambros N. Perturbed Autonomic Nervous System Function in Metabolic Syndrome. *Neuromol Med.* 2008; 10:169–178.
15. Lich CMM, Geus EJC, Penninx BWJH. Dysregulation of the Autonomic Nervous System Predicts the Development of the Metabolic Syndrome. *J Clin Endocrinol Metab.* 2013;98(6):2484–2493.
16. Ciolac EG, Guimaraes GV. Exercício físico e síndrome metabólica. *Rev Bras Med Esporte* [online]. 2004;10(4):319-324.
17. Steward AD, Rolland C, Gryka A, Findlay S, Smith S, Jones J, Davidson IM. Morphological and health-related changes associated with a 12-week self-guided exercise programme in overweight adults: a pilot study. *J Sports Sci* . 2014; 32(2): 164-171.
18. Ericksen L, Curtis T, Gronbaek M, Helge JW, Tolstrup JS. The association between physical activity, cardiorespiratory fitness and self-rated health. *Preventive Medicine.* 2013;57(6):900-902.

19. Fink JT. O exercício físico moderado e sua influência no controle da ferritina, hiperglicemia, hipertrigliceridemia, dislipidemia e hipertensão arterial, efeitos na síndrome metabólica. *RBONE*. 2012; 6(36): 364-375.
20. Paula CC, Cunha RM, Tufamin AT. Análise do impacto do treinamento resistido no perfil lipídico de idosos. *R Bras Ci e Mov*. 2014; 22(1): 150-156.
21. Vecchio FDB, Galliano LM, Coswig VS. Aplicações do exercício intermitente de alta intensidade na síndrome metabólica. *Rev Bras Ativ Fis Saúde*. 2014; 18(6):669-687.
22. Povia TIR, Jardim PCBV, Souza ALL, Jardim TSV, Barroso WKR, Jardim LSV. Treinamento aeróbio e resistido, qualidade de vida e capacidade funcional de hipertensas. *Rev Bras Med Esporte*. 2014;20(1)2014:36-40.
23. Maragon AFC, Welker AF. Otimizando a perda de gordura corporal durante os exercícios. *Universitas Ciências da Saúde*. 2008;1(2):363-376.
24. Vasconcelos FVA, Kraemer-Aguiar LG, Lima AFPS, Paschoalino TMPF, Monteiro WD. Exercício físico e síndrome metabólica. *Revista HUPE, Rio de Janeiro*, 2013;12(4):78-88.
25. Radhakrishnan J, Swaminathan N, Pereira N, Henderson K, Brodie D. Effect of an IT-supported home-based exercise programme on metabolic syndrome in India. *J Telemed Telecare*. 2014.
26. Jurca R, Lamonte MJ, Barlow CE, Kampert JB, Church TS, Blair SN. Association of muscular strength with incidence of metabolic syndrome in men. *Medicine & Science in sports & exercise*. 2005;37(11):1849 – 1855.
27. Abad CCC, Silva RS, Mostarda C, Silva ICM, Irigoyen MC. Efeito do exercício aeróbico e resistido no controle autonômico e nas variáveis hemodinâmicas de jovens saudáveis. *Rev bras Educ Fís Esporte*. 2010;24 (4):535-44.

28. Williams MA, Haskell WL, Ades PA, Amsterdam EA, Bittner V, Franklin BA, et al. Resistance Exercise in Individuals With and Without Cardiovascular Disease Circulation. 2000;101:828-833.
29. Tibana RA, Boulosa 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. ClinPhysiolFunct Imaging .2013;33: 364–372
30. 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. Med Sci Sports Exerc. 2014; Jul46(7):1293-301.
31. Gutierrez APM, Marins JCB. Os efeitos do treinamento de força sobre os fatores de risco da síndrome metabólica. Rev Bras Epidemiol.2008; 11(1): 147-58.
32. Heffernan KS, Fahs CA, Shinsako KK, Jae SY, Fernhall B. Heart rate recovery and heart rate complexity following resistance exercise training and detraining in young men. Am J Physiol Heart Circ Physiol.2007;293: H3180–H3186.
33. Peate WF, Bates G, Lunda K, Francis S, Bellamy K. Core strength: a new model for injury prediction and prevention. J Occup Med Toxicol. 2007; 2(3):1-9.
34. Pereira PC, Medeiros RD, Santos AA, Oliveira LS, Aniceto RR, Junior JÁ, et al. Efeitos do treinamento funcional com cargas sobre a composição corporal: um estudo experimental em mulheres fisicamente inativas. Motricidade. 2012;8(1): 42-52.
35. Leetun DT, Ireland ML, Willson JD, Ballantyne BT, Davis IM: Core stability measures as risk factors for lower extremity injury in athletes. Med Sci Sports Exerc. 2004; 36(6):926-34.

36. Pacheco MM, Teixeira LAC, Franchini E, Takito MY. Functional vs. Strength training in adults: Specific needs define the best intervention. *Int J Sports Phys Ther.*2013;8(1):34-43.

37. Kibele A, Behm DG. Seven weeks of instability and traditional Resistance training effects on strength, Balance and functional performance. *J Strength Cond Res.*2009; 23(9): 2443-50.