
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DO MOVIMENTO

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO

“BIODINÂMICA DO MOVIMENTO, REABILITAÇÃO E EDUCAÇÃO”

LETÍCIA TRINDADE CYRINO

**ANÁLISE DE VETORES DE IMPEDÂNCIA BIOELÉTRICA DE MULHERES IDOSAS
ENVOLVIDAS EM PROGRAMAS DE TREINAMENTO RESISTIDO: ADAPTAÇÕES
AGUDAS E CRÔNICAS**

**ANÁLISE DE VETORES DE IMPEDÂNCIA BIOELÉTRICA DE MULHERES IDOSAS
ENVOLVIDAS EM PROGRAMAS DE TREINAMENTO RESISTIDO: ADAPTAÇÕES
AGUDAS E CRÔNICAS**

LETÍCIA TRINDADE CYRINO

Tese apresentada à Faculdade de Ciências e Tecnologia do Campus de Presidente Prudente, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", como requisito parcial para a obtenção do título de Doutora no Programa de Pós-Graduação em Ciências do Movimento – Interunidades.

Orientador: Prof. Dr. Luís Alberto Gobbo

Presidente Prudente – SP

2023

C997a	Cyrino, Letícia Trindade Análise de vetores de impedância bioelétrica de mulheres idosas envolvidas em programas de treinamento resistido: adaptações agudas e crônicas / Letícia Trindade Cyrino. -- Presidente Prudente, 2023 112 f. : il., tabs. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente Orientador: Luís Alberto Gobbo 1. Treinamento de força. 2. Bioimpedância. 3. Saúde celular. 4. Idosos. I. Título.
-------	---

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

IMPACTO POTENCIAL DESTA PESQUISA

O envelhecimento é um processo dinâmico e progressivo que acarreta modificações em variáveis neuromusculares, morfológicas, fisiológicas, metabólicas, cognitivas e comportamentais. Tais mudanças podem promover aumento da vulnerabilidade e, conseqüentemente, elevação dos fatores de risco ao desenvolvimento de disfunções e doenças metabólicas e osteomioarticulares, comprometendo a saúde, autonomia, qualidade de vida e, conseqüentemente, a longevidade. Portanto, o estabelecimento de estratégias que possam atenuar ou, até mesmo, reverter as mudanças associadas ao envelhecimento tem sido um grande desafio de pesquisadores e profissionais da área de saúde, uma vez que tais mudanças podem resultar em benefícios científicos, sociais e econômicos relevantes.

Nesse sentido, a presente investigação buscou analisar os efeitos agudos e crônicos do treinamento resistido sobre indicadores de saúde em mulheres idosas, com ênfase em duas variáveis produzidas pelo método de impedância bioelétrica, nomeadamente o ângulo de fase e os vetores de impedância bioelétrica. Os resultados encontrados permitiram o avanço do conhecimento científico na área do treinamento resistido em idosos, visto a inexistência de estudos até o presente momento que se propuseram a analisar o comportamento de tais variáveis ao longo de uma única sessão de treinamento e durante 24 semanas de intervenção, por meio de estudos bem delineados e controlados, com a presença de grupo controle puro.

A presente investigação além de gerar produtos importantes como esta tese de doutorado e seus respectivos artigos, fortalecendo a produção intelectual do nosso grupo de estudo e pesquisa, proporcionou informações de grande aplicação prática, confirmando a importância do treinamento resistido progressivo para idosos e do uso dos valores brutos e do ângulo de fase obtidos pelo método de impedância bioelétrica para monitorar os ajustes e as adaptações promovidas por este tipo de exercício físico. Além disso, as informações produzidas nesta investigação forneceram diversas questões a serem respondidas em novos estudos, tais como quais seriam os mecanismos envolvidos em muitas das respostas encontradas em mulheres idosas e se tais respostas seriam semelhantes ou não em outras populações como homens idosos ou mulheres frágeis, entre tantas outras.

Considerando que a prática de exercícios físicos em ambientes coletivos favorece a interação social e promove amplos benefícios associados a melhoria da saúde, autonomia e

qualidade de vida, nossa investigação teve uma conotação social importante, uma vez que integrou um conjunto de mulheres idosas proporcionando trocas de experiências, acolhimento, orientações, sensações de prazer e bem-estar. Nesse sentido, já está bem estabelecido na literatura que o afastamento físico e a ausência de interação social guarda estreita relação com sintomas de ansiedade e depressão, bastante comuns em idosos, cujos efeitos sobre a saúde mental podem ser catastróficos, principalmente, no que tange ao desenvolvimento de demências e mortalidade precoce.

Nosso estudo revelou, ainda, que a prática do treinamento resistido, particularmente em mulheres idosas, deve ser encorajada não somente pelos benefícios a essa população mas, também, para a sustentabilidade do sistema público de saúde, uma vez que os aumentos de força muscular, melhoria da hidratação, ganhos de massa muscular, redução da gordura corporal, melhoria da aptidão funcional e do comportamento metabólico, com destaque para o aumento da HDL-c e redução de triglicerídeos, colesterol total, LDL-c e PCR, respostas adaptativas encontradas na presente investigação e que estão diretamente associadas com a melhoria da saúde, qualidade de vida e autonomia funcional. Portanto, a prática do treinamento resistido pode favorecer sobremaneira a redução dos custos com a saúde em idosos, por meio da redução do número de consultas médicas, diminuição do uso de medicamentos, atenuação do número de internações e de cirurgias de urgência. Nossos resultados são promissores para a prevenção e tratamento, sobretudo, de sarcopenia, obesidade, diabetes e dislipidemia.

Por fim, as informações apresentadas anteriormente demonstram o grande impacto científico, social e econômico deste estudo, atendendo as características exigidas nas Áreas de Tecnologias Prioritárias do Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC), em função de possuir aderência a área V, do artigo 2º, da Portaria MCTIC nº 1.122, publicada em 19 de março de 2020, denominada de Qualidade de Vida. Desse modo, esta tese de doutorado se encaixa na área da “Saúde e Bem-Estar”, um dos 17 objetivos de desenvolvimento sustentável (ODS).

POTENTIAL IMPACT OF THIS RESEARCH

Aging is a dynamic and progressive process that leads to changes in neuromuscular, morphological, physiological, metabolic, cognitive, and behavioral variables. Such changes can promote increased vulnerability and, consequently, increase risk factors for the development of metabolic and osteomyoarticular dysfunctions and diseases, compromising health, autonomy, quality of life, and, consequently, longevity. Therefore, the establishment of strategies that can mitigate or even reverse the changes associated with aging has been a major challenge for researchers and health professionals since such changes can result in relevant scientific, social, and economic benefits.

In this regard, the present investigation sought to analyze the acute and chronic effects of resistance training on health indicators in older women, emphasizing two variables produced by the bioelectrical impedance method: the phase angle and the bioelectrical impedance vectors. The results found allowed the advancement of scientific knowledge in the area of resistance training in older adults, given the lack of studies to date that have proposed to analyze the behavior of such variables over a single training session and over 24 weeks of intervention through well-designed and controlled studies with the presence of a pure control group.

The present investigation, in addition to generating essential products such as this doctoral thesis and its respective articles, strengthening the intellectual production of our study and research group, provided information of great practical application, corroborated the importance of progressive resistance training for older women and the use of the raw values and the phase angle obtained by the bioelectrical impedance method to monitor the adjustments and adaptations promoted by this type of physical exercise. In addition, the information produced in this investigation provided several questions to be answered in new studies, such as what would be the mechanisms involved in many of the responses found in older women and whether or not such changes would be similar in other populations such as older men or frail women, among many others.

Considering that the practice of physical exercises in collective environments favors social interaction and promotes broad benefits associated with improved health, autonomy, and quality of life, our investigation had a critical social connotation since it integrated a group of older women providing exchanges of experiences, welcoming, orientations, sensations of

pleasure and well-being. In this regard, it is already well established in the literature that physical distancing and the absence of social interaction are closely related to symptoms of anxiety and depression, quite common in older adults, whose effects on mental health can be catastrophic, especially concerning the development of dementia and early mortality.

Our study also revealed that the practice of resistance training, particularly in older women, should be encouraged not only for the benefits to this population but also for the sustainability of the public health system since increases in muscle strength, improved hydration, gains in muscle mass, reduction in body fat, improvement in functional fitness and metabolic behavior, with emphasis on the increase in HDL-c and decrease in triglycerides, total cholesterol, LDL-c and CRP, adaptive responses found in the present investigation and which are directly associated with improved health, quality of life and functional autonomy. Therefore, the practice of resistance training can significantly favor the reduction of health costs in older adults through the decrease in the number of medical consultations, reduction of the use of medications, and attenuation of the number of hospitalizations and emergency surgeries. Our results are promising for the prevention and treatment of sarcopenia, obesity, diabetes, and dyslipidemia.

Finally, the information presented above demonstrates the significant scientific, social, and economic impact of this study, meeting the characteristics required in the Priority Technologies Areas of the Ministry of Science, Technology, Innovations, and Communications (MCTIC) due to having adherence to area V, of article 2, of MCTIC Ordinance No. 1,122, published on March 19, 2020, called Quality of Life. Thus, this doctoral thesis fits into the area of Health and Wellness, one of the 17 sustainable development goals (SDGs).

ATA DA DEFESA PÚBLICA DA TESE DE DOUTORADO DE LETÍCIA TRINDADE CYRINO, DISCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DO MOVIMENTO, DA FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA - CÂMPUS DE PRESIDENTE PRUDENTE.

Aos 01 dias do mês de setembro do ano de 2023, às 14:00 horas, por meio de Videoconferência, realizou-se a defesa de TESE DE DOUTORADO de LETÍCIA TRINDADE CYRINO, intitulada **ANÁLISE DE VETORES DE IMPEDÂNCIA BIOELÉTRICA EM MULHERES IDOSAS ENVOLVIDAS EM PROGRAMAS DE TREINAMENTO RESISTIDO: ADAPTAÇÕES AGUDAS E CRÔNICAS**. A Comissão Examinadora foi constituída pelos seguintes membros: Prof. Dr. EMMANUEL GOMES CIOLAC (Participação Virtual) do(a) Faculdade de Ciências - UNESP Bauru/SP, Profa. Dra. ANALIZA MÔNICA SILVA (Participação Virtual) do(a) Universidade de Lisboa - Faculdade de Motricidade Humana, Prof. Dr. FÁBIO LERA ORSATTI (Participação Virtual) do(a) Universidade Federal do Triângulo Mineiro, Educação Física, Departamento de Ciências do Esporte., Prof. Dr. EDUARDO LUSA CADORE (Participação Virtual) do(a) ESEFID / Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Prof. Dr. EZEQUIEL MOREIRA GONÇALVES (Participação Virtual) do(a) Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Ciências Médicas, Centro de Investigação em Pediatria. / Doutor em Saúde da Criança e do Adolescente - UNICAMP. Após a exposição pela doutoranda e arguição pelos membros da Comissão Examinadora que participaram do ato, de forma presencial e/ou virtual, a discente recebeu o conceito final: APROVA-DA. Nada mais havendo, foi lavrada a presente ata, que após lida e aprovada, foi assinada pelo(a) Presidente(a) da Comissão Examinadora.

Prof. Dr. EMMANUEL GOMES CIOLAC

Aos meus pais Edilson e Márcia, meu esposo Altair, meu filho Miguel, meu irmão Felipe e ao meu padrinho Amilton Amorim (in memoriam). Com muito amor e carinho.

AGRADECIMENTOS

Caro leitor, peço licença para utilizar este espaço para tentar expressar com palavras, os sentimentos que permearam o processo de construção dessa obra, sendo o principal deles: a gratidão. Agradeço inicialmente à Deus, por me conduzir ao longo de toda minha trajetória acadêmica, permitindo que com saúde e resiliência eu conseguisse passar pelas dificuldades, alegrias e conquistas que marcaram as diferentes etapas. Certamente ele foi meu principal refúgio, confidente, protetor, consolador e incentivador, ao longo de minha vida. Sou grata a Deus também, por ter unido propósitos e permitido que no caminho eu encontrasse pessoas que foram fundamentais para que, direta ou indiretamente, eu conseguisse completar este trabalho.

Agradeço a oportunidade concedida através do Programa de Pós-Graduação em Ciências do Movimento para a realização do curso de doutorado e, sabendo que um programa é constituído principalmente por pessoas, agradeço especialmente, o corpo docente, pela formação e conhecimento compartilhados comigo no decorrer desses anos. Também agradeço ao suporte fornecido pela seção técnica de pós-graduação, especialmente ao Lincoln, Gustavo e Ivana por auxiliarem nas dúvidas e aflições que surgiram no decorrer da caminhada. Finalmente, agradeço aos colegas discentes que partilharam suas experiências e conhecimentos por meio do nosso canal de comunicação, ou ainda, em disciplinas cursadas, fornecendo apoio e colaboração para que eu conseguisse completar as diferentes etapas do processo.

Neste cenário, uma figura muito especial teve fundamental importância para que eu conseguisse trilhar o caminho do doutorado: meu orientador, ou melhor, “pai” acadêmico Luís Alberto Gobbo. Antes mesmo que eu tivesse a certeza de que deveria tentar cursar o doutoramento, já sabia quem eu gostaria que me orientasse nesse processo. Nele enxerguei qualidades e virtudes que admiro e busco desenvolver para ser melhor em minha atuação profissional mas, sobretudo, no âmbito pessoal. O “professor Gobbo” transborda acolhimento, serenidade, educação, perseverança, amor pela profissão, respeito e consegue enxergar alegria, mesmo nas pequenas coisas. Com ele pude adquirir a base dos conhecimentos descritos nesse trabalho, compreender os diferentes processos, tirar inúmeras dúvidas que apareceram pelo caminho e aprender sobre diferentes áreas do conhecimento. Baseado no seu exemplo de vida, percebi que é possível mudar de rota, se reinventar e que, com muito trabalho duro, dedicação e resiliência conseguimos alcançar os objetivos traçados e realizar os sonhos almejados. O meu sentimento é de profunda gratidão pela oportunidade, por todo o apoio, suporte e ensinamentos.

Agradeço também aos professores doutores que compõem a banca avaliadora deste trabalho: Analisa Mônica Silva, Fábio Lera Orsatti e Emmanuel Gomes Ciolac, que participaram

dos processos de avaliação de qualificação e defesa, bem como aos professores Eduardo Lusa Cadore e Ezequiel Moreira Gonçalves que aceitaram participar do processo de defesa. Agradeço-vos por doarem seu tempo, energia e conhecimento para a minha formação e para a construção deste documento. A escolha por fazer o convite a cada um não foi ao acaso, tenho grande admiração pelo trabalho, trajetória, representatividade e legado construído por todos, para a área da Educação Física.

Tenho o privilégio de dizer que em minha trajetória acadêmica participei de grupos de estudos, especialmente do Laboratório de Avaliação do Sistema Musculoesquelético (LABSIM) e do Grupo de Estudo e Pesquisa em Metabolismo, Nutrição e Exercício (GPEMENE). A partir das vivências por eles proporcionadas, pude aprender muito, tanto na esfera acadêmica como sobre o trabalho coletivo e, verdadeiramente, cooperativo. Agradeço aos coordenadores Luís Gobbo e Edilson Cyrino pela oportunidade, pela formação e, agradeço também aos amigos que fiz nos anos de convivência. Alguns deles, mesmo com a distância física, deram suporte e acolhimento: Camila, Vitor, Vanessa, Melissa e Paolo, muito obrigada.

Especialmente, agradeço aos amigos queridos que compartilharam do desafio de conduzir o projeto que deu origem aos dados aqui apresentados: Daniella, Witalo, Gabriel, Pâmela, Jarlisson, Felipe, Natã, Marcelo, Ian, Aline, Luís, Edilaine e Nelson. A dedicação de todos foi fundamental para que conseguíssemos seguir com o trabalho, afinal, foram semanas “sem fim” de coletas, dias inteiros na universidade, formações complementares, outros projetos em paralelo, enfim, grandes desafios cuja finalização só foi possível graças ao trabalho em equipe. Sou grata pela companhia, risadas, brincadeiras e confraternizações, que de alguma maneira deixaram o processo “mais leve”, tenho um carinho imenso por essa minha família, “unidos somos fortes”.

Esta investigação só foi possível, também, graças ao voluntariado, dedicação e participação das mulheres que fazem parte do projeto “Envelhecimento Ativo”, minhas amadas “vovós”. Apreendi e aprendo muito com cada uma delas. Admiro suas histórias de vida e toda carga emocional que carregam. Agradeço pelos inúmeros conselhos e por compartilharem comigo suas experiências de vida e, principalmente, a sabedoria que adquiriram nas suas diferentes trajetórias. Gratidão imensa pelo carinho, suporte, incentivo e compreensão que recebi de cada uma. A participação assídua, dedicação e confiança no nosso trabalho foram fundamentais para que concluíssemos esta investigação.

O caminho para desenvolver, executar e concluir uma pesquisa é complexo e bastante desafiador e, ao percorrê-lo, percebemos que os auxílios que recebemos são essenciais.

Certamente o apoio familiar que tenho é diferenciado, uma benção, e um enorme privilégio. A admiração pelo processo educacional e a estima pela carreira acadêmica permeiam minha história e meu crescimento, graças a figuras com quem tive e tenho a oportunidade de conviver “dentro de casa”. Meus avós, tios, primos, sogros, cunhados, irmão, padrinhos e pais são meus grandes exemplos profissionais (e pessoais), que transmitiram conhecimentos preciosos para persistir em tal caminho e para que eu pudesse desfrutá-lo da melhor maneira possível. Sou imensamente grata a eles pelo exemplo, conselhos, suporte e carinho, e assim deixar aqui registrado meu amor por cada um.

É imprescindível ressaltar que meus pais Edilson e Márcia exerceram papéis fundamentais para meu ingresso no doutorado, durante a execução e conclusão do mesmo. Através de sua experiência e sabedoria, me aconselharam e orientaram sobre as diferentes etapas do curso, tomadas de decisões e por quais caminhos percorrer. Eles lutaram para que eu não desistisse, me fortaleceram quando esmoreci, encorajaram-me para que eu fizesse o meu melhor e forneceram as melhores condições possíveis para que esta investigação fosse desenvolvida. Edilson e Márcia, juntamente com meu irmão Felipe me abasteceram de amor e são minhas preciosidades. Palavras não são suficientes para agradecê-los e expressar tudo que sinto por eles.

Agradeço também aos meus grandes amores, meu marido Altair e meu filho Miguel. Todo o incentivo que eles me deram ao longo desses anos, foi o diferencial para que eu pudesse concluir esta obra. Eles mantiveram-se compreensivos com minhas ausências, foram pacientes na espera pela minha presença, resilientes nas dificuldades que encontramos pelo caminho e, especialmente, nos momentos em que a minha companhia não era tão agradável assim. Altair e Miguel são meus grandes encorajadores e em muitos momentos acreditaram e confiaram mais em mim do que eu mesma. Torceram por mim e pelo meu trabalho, e com os melhores abraços me confortaram e recarregaram minhas energias. Eles são meu combustível diário, as razões pela quais busco ser melhor e conquistar novos objetivos e, sem dúvidas, transformam a minha vida para melhor.

Finalmente, agradeço ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo fomento e bolsa concedidos. O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código do Financiamento 001.

CYRINO, Letícia Trindade. **Análise de vetores de impedância bioelétrica de mulheres idosas envolvidas em programas de treinamento resistido: adaptações agudas e crônicas**. 2023. 112f. Tese (Doutorado em Ciências do Movimento) – Faculdade de Ciências e Tecnologia. Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Presidente Prudente, SP, Brasil, 2023.

A análise de impedância bioelétrica (BIA) tem sido amplamente utilizada para avaliação da composição corporal. Entretanto, os valores de resistência e reatância produzidos permitem informações complementares importantes, incluindo abordagens baseadas na análise de vetores de impedância bioelétrica (BIVA) e do ângulo de fase (AnF). Tais informações podem contribuir, sobretudo, para análise do quadro clínico de idosos. Dois experimentos foram conduzidos para análise dos efeitos agudos e crônicos do treinamento resistido (TR) sobre a BIVA e AnF em mulheres idosas. O primeiro experimento foi conduzido de forma aguda, ou seja, a partir da análise do comportamento dos dados brutos de BIA em uma única sessão de TR. As medidas foram coletadas em 34 mulheres idosas treinadas, em diferentes momentos, a saber: linha de base, imediatamente após a sessão de TR, 15, 30, 45 e 60 min após o término da sessão e, ainda, após 48 h. Os parâmetros brutos analisados foram resistência (R), reatância (Xc), impedância (Z), bem como os valores ajustados pela estatura (E). No segundo experimento, 103 participantes foram aleatorizadas em grupo controle (GC = 51) e grupo treinamento (GT = 52). Em ambos os experimentos o programa de TR foi composto por oito exercícios para os diferentes segmentos corporais (membros superiores, tronco e membros inferiores), os quais foram executados a uma frequência de três sessões semanais, em dias alternados. No primeiro experimento os exercícios foram executados em três séries de 8-12 repetições máximas (RM), enquanto no segundo os exercícios foram executados em três séries de 10-15 RM na primeira etapa e 8-12 RM na segunda. O AnF e a BIVA foram adotados como desfechos primários. Adicionalmente, a força muscular, composição corporal, aptidão funcional e comportamento metabólico foram os desfechos secundários analisados na linha de base, após 12 e 24 semanas de intervenção no segundo experimento. No primeiro experimento, de acordo com a BIA de corpo inteiro, reduções significantes ($P < 0,05$) nos valores de R, R/E e Z de corpo inteiro foram encontradas imediatamente após a sessão de treino (R = -3,5%; R/E = -3,4%; Z = -3,4%). Valores similares aos revelados em repouso foram identificados após 30 min do encerramento da sessão de TR ($P > 0,05$). Já para a BIA localizada (L-BIA), os valores de RL e ZL reduziram ($P < 0,05$) imediatamente após a sessão de TR (RL = -6,6%; ZL = -6,8%) e permaneceram reduzidos mesmo após 60 min. Os parâmetros XcL e AnFL não sofreram alterações significantes após a sessão de TR ($P > 0,05$). Todos os parâmetros da L-BIA na avaliação após 48 h foram similares aos valores em repouso, na linha de base ($P > 0,05$). Já no segundo experimento, alterações no AnF ($P < 0,001$) foram reveladas já no final de 12 semanas de TR e essas modificações foram continuadas até ao final de 24 semanas (AnF: GC = $4,82 \pm 0,59$ vs. GT = $5,61 \pm 0,65$; TE = -2,99). Diferenças significantes nos vetores médios de impedância foram encontradas em ambos os grupos ($P < 0,001$), com deslocamento à esquerda somente no GT (GC: T2 = 70,6 vs. GT: T2 = 275,5). As modificações no AnF foram correlacionadas ($P < 0,001$) com a massa muscular esquelética (MME) ($r = 0,50$), força muscular ($r = 0,79$), teste de sentar-e-levantar ($r = -0,58$), agilidade ($r = -0,65$) aptidão aeróbia ($r = 0,66$), LDL-c ($r = -0,26$) e proteína C-reativa ($r = -0,33$). Os resultados sugerem que os parâmetros de R e Z são modificados ao longo de uma sessão de TR. Entretanto, os valores de R e Z obtidos pela BIA de corpo inteiro retornam aos valores similares à condição em repouso 45 min após o término da sessão de treinamento. Por outro lado, o TR pode acarretar melhoria do AnF e dos parâmetros brutos de BIA. Além disso, aumentos de força muscular, ganhos de MME, melhoria da aptidão funcional e do perfil metabólico foram correlacionados com aumentos no AnF.

Palavras-chave: treinamento de força, saúde celular, resistência, reatância, impedância, idosos.

CYRINO, Letícia Trindade. **Analysis of bioelectrical impedance vectors of older women involved in resistance training programs: acute and chronic adaptations**. 2023. 112f. Dissertation (Doctorate in Movement Sciences) – Faculty of Sciences and Technology. São Paulo State University Júlio de Mesquita Filho, Presidente Prudente, SP, Brazil, 2023.

Bioelectrical impedance analysis (BIA) has been widely used to assess body composition. However, the resistance and reactance values produced provide crucial complementary information, including approaches based on bioelectrical impedance vector analysis (BIVA) and phase angle analysis (PhA). Above all, this information can contribute to analyzing older adults' clinical condition. Two experiments were conducted to investigate the acute and chronic effects of resistance training (RT) on BIVA and PhA in older women. The first experiment was conducted acutely, i.e., by analyzing the behavior of raw BIA data in a single RT session. The measurements were collected from 34 trained older women at different times, namely: baseline, immediately after the RT session, 15, 30, 45, and 60 min after the end of the session, and also after 48 hours. The raw parameters analyzed were resistance (R), reactance (Xc), and impedance (Z), as well as the values normalized by height (H). In the second experiment, 103 participants were randomized into a control group (CG = 51) and a training group (GT = 52). In both experiments, the RT program consisted of eight exercises for the different body segments (upper limbs, trunk, and lower limbs), which were performed at a frequency of three sessions a week on alternate days. In the first experiment, the exercises were performed in three sets of 8-12 repetitions maximum (RM), while in the second, the exercises were performed in three sets of 10-15 RM in the first stage and 8-12 RM in the second. AnF and BIVA were adopted as the primary outcomes in both experiments. In addition, muscular strength, body composition, functional fitness, and metabolic behavior were the secondary outcomes analyzed at baseline after 12 and 24 weeks of intervention in the second experiment. In the first experiment, according to whole-body BIA, significant reductions ($P < 0.05$) in whole-body R, R/H, and Z values were found immediately after the training session ($R = -3.5\%$; $R/H = -3.4\%$; $Z = -3.4\%$). Values similar to those revealed at rest were identified 30 min after the end of the RT session ($P > 0.05$). As for localized BIA (L-BIA), RL and ZL values decreased ($P < 0.05$) immediately after the RT session ($RL = -6.6\%$; $ZL = -6.8\%$) and remained reduced even after 60 min. The parameters XcL and PhA did not change significantly after the RT session ($P > 0.05$). All the L-BIA parameters assessed after 48 h were similar to those at rest, at baseline, and before the RT session ($P > 0.05$). In the second experiment, changes in PhA ($P < 0.001$) were revealed at the end of 12 weeks of RT, and these changes continued until the end of 24 weeks (PhA: GC = 4.82 ± 0.59 vs. GT = 5.61 ± 0.65 ; TE = -2.99). Significant differences in the mean impedance vectors were found in both groups ($P < 0.001$), with a shift to the left only in the TG (CG: T2 = 70.6 vs. TG: T2 = 275.5). Changes in PhA were correlated ($P < 0.001$) with skeletal muscle mass (SMM) ($r = 0.50$), muscular strength ($r = 0.79$), sit-and-stand test ($r = -0.58$), agility ($r = -0.65$) aerobic fitness ($r = 0.66$), LDL-c ($r = -0.26$) and C-reactive protein ($r = -0.33$). The results suggest that the parameters of R and Z are modified throughout an RT session. However, the R and Z values obtained by whole-body BIA return to values similar to the resting condition 45 min after the end of the training session. In contrast, RT can lead to an improvement in PhA and raw BIA parameters. In addition, increases in muscular strength, gains in SMM, improved functional fitness, and metabolic profile were correlated with increases in PhA.

Key-words: strength training, cellular health, resistance, reactance, impedance, older adults.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Classificação da hidratação e estado celular usando o ângulo de fase e comprimento e posição do vetor no gráfico R-Xc, adaptado de Lukaski e Talluri (2023).....	23
Figura 2 -	Avaliação de impedância bioelétrica.....	35
ARTIGO 1		
Figura 1 -	Posicionamento dos eletrodos para a avaliação de impedância bioelétrica localizada.....	49
Figura 2 -	Parâmetros de BIA de corpo inteiro do grupo controle (GC) e do grupo treinamento (GT) nos diferentes momentos. *Diferença em relação ao pré-do GT ($P < 0,05$). †Diferença em relação ao GT no momento 1h ($P < 0,05$). Os dados são apresentados em valores médios e intervalo de confiança de 95%. Uma interação grupo vs. tempo foi encontrada para a R (Painel A) e Z (Painel C).....	52
Figura 3 -	Parâmetros de L-BIA do grupo controle (GC) e do grupo treinamento (GT) nos diferentes momentos. Os dados são apresentados em valores médios e intervalo de confiança de 95%.....	53
ARTIGO 2		
Figura 1 -	Fluxograma do estudo.....	71
Figura 2 -	Vetores médios de impedância com elipses de confiança de 95% para os diferentes grupos ao longo do tempo: linha de base (Painel A), após 12 semanas (Painel B) e após 24 semanas (Painel C).....	77
Figura 3 -	Deslocamento dos vetores médios das diferenças entre 24 semanas e a linha de base, com elipses de confiança de 95%, para o grupo controle (vermelho) e grupo treinamento (azul).....	78
Figura 4 -	Correlações entre o ângulo de fase (AnF) e desfechos de massa muscular esquelética (MME), carga total levantada (CTL), triglicerídeos, LDL-c, proteína C-reativa (PCR), sentar-e-levantar, timed-up-go (TUG) e caminhada de 6-minutos. Dados grupo controle (vermelho) e grupo treinamento (azul).....	87

LISTA DE TABELAS

ARTIGO 1

Tabela 1 -	Características gerais das participantes do grupo controle (GC) e grupo treinamento (GT).....	50
Tabela 2 -	Parâmetros da impedância bioelétrica de corpo inteiro e localizada obtidos antes e após uma sessão de treinamento resistido.....	51

ARTIGO 2

Tabela 1 -	Características gerais das participantes no pré-treinamento.....	72
Tabela 2 -	Ingestão energética e de macronutrientes relativa a massa corporal por dia dos grupos controle (GC) e treinamento resistido (GT), nas diferentes semanas da intervenção.....	73
Tabela 3 -	Parâmetros de impedância bioelétrica dos grupos controle (GC) e treinamento resistido (GT) nos momentos pré, após 12 e 24 semanas.....	75
Tabela 4 -	Componentes da composição corporal dos grupos controle (GC) e treinamento resistido (GT) nos momentos pré, após 12 e 24 semanas.....	79
Tabela 5 -	Força muscular dinâmica dos grupos controle (GC) e treinamento resistido (GT) em diferentes exercícios, a partir de testes de uma repetição máxima (1-RM), nos momentos pré, após 12 e 24 semanas.....	81
Tabela 6 -	Desempenho dos grupos controle (GC) e treinamento resistido (GT) em testes funcionais, nos momentos pré, após 12 e 24 semanas.....	83
Tabela 7 -	Biomarcadores metabólicos dos grupos controle (GC) e treinamento resistido (GT) nos momentos pré, após 12 e 24 semanas.....	85

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ACT	Água corporal total
AEC	Água extracelular
AIC	Água intracelular
AnF	Ângulo de fase
AnFL	Ângulo de fase localizado
AST	Área de secção transversa
BIA	Impedância bioelétrica
BIVA	Análise de vetores de impedância bioelétrica
CT	Colesterol total
CTL	Carga total levantada
DXA	Absortometria radiológica de dupla energia
E	Estatura
HDL	Lipoproteína de alta densidade
IMC	Índice de massa corporal
L-BIA	Impedância bioelétrica localizada
LDL	Lipoproteína de baixa densidade
MME	Massa muscular esquelética
MIGO-T	Massa isenta de gordura e osso total
MIGO-AP	Massa isenta de gordura e osso apendicular
PCR	Proteína C-reativa
R	Resistência
R/E	Resistência ajustada pela estatura
RL	Resistência localizada
RM	Repetições máximas
1-RM	Uma repetição máxima

SeL	Sentar-e-levantar
TG	Triglicerídeos
TR	Treinamento resistido
TUG	<i>Timed-up-go</i>
Xc	Reatância
Xc/E	Reatância ajustada pela estatura
XcL	Reatância localizada
Z	Impedância
ZL	Impedância localizada
VLDL	Lipoproteína de muito baixa densidade

SUMÁRIO

1 REFERENCIAL TEÓRICO	20
1.1 Impedância bioelétrica.....	20
1.1.1 Parâmetros brutos de impedância bioelétrica	21
1.1.2 Ângulo de fase	25
1.2 Treinamento resistido e parâmetros de impedância bioelétrica em idosos	27
2 OBJETIVOS	30
3 HIPÓTESES.....	31
4 MÉTODOS.....	32
4.1 Delineamento do estudo	32
4.2 Participantes.....	33
4.3 Antropometria.....	33
4.4 Composição Corporal	34
4.5 Ângulo de fase e análise dos vetores de bioimpedância.....	34
4.6 Aptidão Funcional	36
4.7 Força muscular	36
4.8 Biomarcadores metabólicos.....	37
4.9 Ingestão nutricional	38
4.10 Treinamento resistido	38
4.11 Tratamento estatístico.....	39
5 RESULTADOS	41
5.1 Artigo 1.....	42
5.2 Artigo 2.....	57
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	94
REFERÊNCIAS.....	98
APÊNDICE ..	105
Apêndice A.....	105
ANEXOS	108
Anexo A.....	108
Anexo B.....	109
Anexo C.....	110

1 REFERENCIAL TEÓRICO

1.1 Impedância bioelétrica

A análise da impedância bioelétrica (BIA) tem sido amplamente utilizada nas últimas décadas, especialmente para a avaliação da composição corporal, uma vez que emprega equipamento portátil, de custo operacional relativamente acessível, de fácil manuseio e por ser um método que pode ser aplicável em diferentes populações, com as informações sendo obtidas de forma rápida, segura e não-invasiva (BARBOSA-SILVA et al., 2005; LUKASKI, 2013; GONZALEZ et al., 2016). Além disso, o método de BIA apresenta uma relação custo-benefício bastante favorável, particularmente, quando comparado aos principais métodos de avaliação da composição corporal, tais como ressonância nuclear magnética, tomografia computadorizada, absorptometria radiológica de dupla energia (DXA) e ultrassonografia, que apresentam custo operacional elevado e exigem treinamento técnico especializado (MARINI et al., 2013; BARBOSA-SILVA et al., 2005; LUKASKI, 2013; GONZALEZ et al., 2016; LUKASKI; KYLE; KONDRUP, 2017). Com base nessas informações o método de BIA tem se destacado tanto para a pesquisa quanto no ambiente de prática (academias, clubes, clínicas e hospitais).

Do ponto de vista biofísico, a impedância bioelétrica (Z) é o parâmetro que define a oposição que qualquer elemento oferece ao fluxo de corrente (SARDINHA, 2018). A resistência (R), por sua vez, é a oposição oferecida por um condutor biológico ao fluxo de uma corrente elétrica alternada, sendo inversamente relacionada à água e ao conteúdo de eletrólitos do tecido, enquanto a reatância (X_c) é o efeito resistivo devido à capacitância (capacidade de um sistema ou circuito de armazenar uma corrente elétrica) produzida por interfaces de tecidos e membranas celulares, de modo que variações podem ocorrer dependendo da sua integridade, função e composição (BAUMGARTNER, CHUMLEA e ROCHE, 1988). Assim, a Z é equivalente a raiz quadrada da soma dos quadrados da R e da X_c , sendo dependente da frequência (BAUMGARTNER; CHUMLEA; ROCHE, 1988).

O pressuposto teórico que sustenta o método de BIA é que o corpo nada mais é do que uma rede de resistores e capacitores, onde os fluidos fisiológicos comportam-se como resistores e as membranas celulares agem como capacitores (LUKASKI et al., 2019). Ainda, o corpo se assemelharia a um cilindro perfeito onde para um dado comprimento, estatura (E), a área de secção transversa (AST) é constante. Desse modo, a R é diretamente proporcional

ao comprimento e inversamente proporcional a AST (KYLE et al., 2004). Entretanto, uma vez que o corpo não é um cilindro uniforme e sua condutividade não é constante, uma relação empírica é estabelecida entre o quociente de impedância (E^2/R) e o volume de água, que contém eletrólitos que conduzem a corrente elétrica ao longo do corpo (KYLE et al., 2004). Nesse sentido, o tecido muscular, composto predominantemente por água e eletrólitos, é um bom condutor elétrico, enquanto a membrana celular, a gordura corporal e os ossos são compostos por materiais anidros com condutibilidade reduzida (LUKASKI et al. 2019).

Apesar da sua ampla utilização, a avaliação da composição corporal por meio de BIA requer bastante atenção, sobretudo, com relação aos procedimentos a serem adotados pelo avaliado anteriormente ao exame, uma vez que manutenção de uma hidratação adequada é fundamental para uma análise consistente do comportamento da R e Xc. Adicionalmente, a escolha de equações preditivas para a determinação da massa livre de gordura deve ser estabelecida com base em diversos critérios, tais como sexo, idade, nível de aptidão física, entre outros (BARBOSA-SILVA et al., 2005; GONZALEZ et al., 2016).

Desse modo, abordagens alternativas, baseadas na análise do comportamento de parâmetros brutos da BIA (R e Xc), serão discutidas a seguir, visto que vêm sendo defendidas já há algum tempo por especialistas, na tentativa de oferecer uma interpretação complementar das informações produzidas pelo método de BIA (PICCOLI et al., 1994; BUFFA; FLORIS; MARINI, 2003; MARINI et al., 2013).

1.1.1 Parâmetros brutos de impedância bioelétrica

O corpo oferece dois tipos de resistência à passagem de uma corrente elétrica, denominadas de resistiva (simplesmente chamada de R) e capacitiva (Xc). A capacitância é oferecida pelas membranas celulares e a R por fluidos intra- e extracelulares (KYLE et al., 2004). A utilização desses parâmetros brutos de BIA possibilita a obtenção de informações sobre o estado de hidratação e a massa celular corporal, sem a necessidade do uso de algoritmos ou, ainda, de assumir como verdadeiro o pressuposto de que a hidratação dos tecidos é constante.

Tais parâmetros têm sido adotados para a análise dos vetores de impedância bioelétrica (BIVA), ou seja, avaliação simultânea dos parâmetros brutos (R e Xc), os quais são plotados como vetor dentro de um gráfico (PICCOLI et al., 1994). Com base na BIVA é possível avaliar o estado de hidratação e a massa livre de gordura, fornecendo importantes

informações, tanto sobre a composição corporal quanto sobre a saúde e integridade celular (BUFFA; FLORIS; MARINI, 2003).

A primeira abordagem referente a BIVA, denominada de clássica, foi baseada na análise semi-quantitativa de dois componentes do vetor de bioimpedância (R e Xc), ajustados pela estatura. Essas informações são representadas em um gráfico R-Xc, onde avalia-se simultaneamente a magnitude do vetor de impedância e o ângulo de fase (AnF), parâmetro obtido pela transformação angular geométrica da razão entre a Xc e a R, possibilitando uma avaliação mais detalhada da composição corporal (PICCOLI et al., 1994). De fato, grupos caracterizados por AnF similares, mas que apresentem comprimentos de vetores diferentes, possuem diferentes quantidades de fluidos corporais ou percentual de massa gorda distintos (MARINI; TOSELLI, 2021).

Os componentes R e Xc apresentam correlação positiva e significativa em humanos, em todas as idades e em diferentes condições clínicas, indicando uma ligação das soluções iônicas contidas nas estruturas dos tecidos. Assim, os padrões de BIA devem considerar as mudanças combinadas tanto no componente de R como de Xc. O ajuste dos vetores pela estatura do sujeito controla os diferentes comprimentos do condutor. O valor de Z é proporcional ao comprimento do condutor, enquanto a estatura é um substituto para o comprimento do condutor do corpo humano, da mão ao pé (PICCOLI, 2002). A variabilidade inter-sujeitos do valor Z é adequadamente representada com a distribuição normal bivariada, com regiões de probabilidade elíptica no plano R-Xc, denominadas de elipses de confiança e tolerância para vetores médios e individuais, respectivamente. Um vetor individual pode ser comparado com a referência 50%, 75% e 95% em uma elipse de tolerância calculada para uma população saudável de mesma etnia, sexo, índice de massa corporal (IMC) e classe etária (PICCOLI, 2002).

A partir de estudos de validação em adultos, vetores que saem da elipse de tolerância de 75% indicam um valor Z anormal do tecido, que deve ser interpretado e classificado da seguinte forma: 1) deslocamento paralelo dos vetores para o maior eixo da elipse de tolerância indicando mudanças progressivas na hidratação, ou seja, desidratação com vetores longos, fora do polo superior, e hiper-hidratação com edema em vetores curtos, fora do polo inferior; e 2) vetores encontrados acima (esquerda) ou abaixo (direita) do maior eixo de tolerância da elipse indicando mais ou menos massa celular, respectivamente. Diferentes trajetórias indicam mudanças combinadas na hidratação e massa celular, como ilustrado na Figura 1. Portanto, a BIVA clássica permite a avaliação de massa livre de gordura por meio de padrões

baseados em percentis de suas propriedades elétricas sem conhecimento prévio do peso corporal (PICCOLI, 2002).

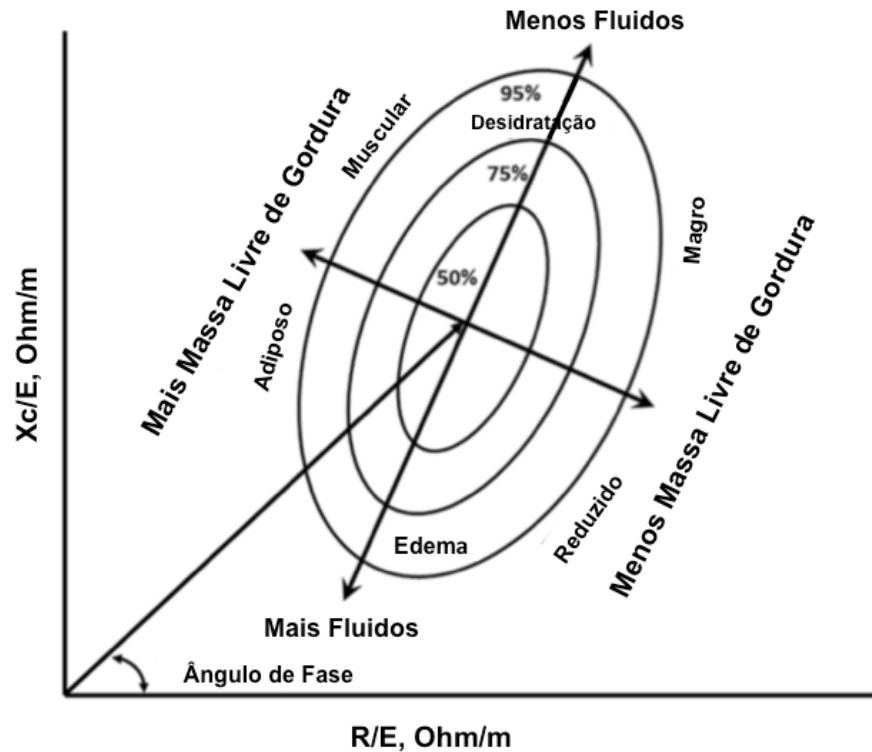


Figura 1 – Classificação da hidratação e estado celular usando o ângulo de fase e comprimento e posição do vetor no gráfico R-Xc, adaptado de Lukaski e Talluri (2023).

Posteriormente, a abordagem de BIVA clássica passou a ser questionada, uma vez que os resultados poderiam ser afetados pelo “efeito geométrico” da AST do corpo. Considerando que, de acordo com a lei de Ohm’s, a R é diretamente proporcional ao comprimento do condutor e inversamente proporcional à AST, além de depender da propriedade intrínseca do condutor, que é a resistividade ou resistência específica (MARINI e TOSELLI, 2021), a padronização apenas pela estatura usada na BIVA clássica não eliminaria completamente o efeito do volume.

Considerando que os vetores curtos, na elipse de tolerância da BIVA clássica, se associam com grandes circunferências, característica típica de indivíduos em sobrepeso ou obesidade, é possível que atletas de algumas modalidades sejam classificados de forma equivocada como se estivessem em sobrepeso ou obesidade, quando na verdade possuem grandes circunferências em virtude de possuírem massa livre de gordura elevada e, consequentemente, grandes circunferências (MARINI e TOSELLI, 2021).

Afim de reduzir a influência do tamanho e formato corporal, bem como aumentar a sensibilidade dos valores bioelétricos específicos das propriedades dos tecidos, uma nova abordagem metodológica foi proposta, denominada de BIVA específica. Embora a BIVA específica utilize uma abordagem similar a BIVA clássica, nessa nova abordagem os valores bioelétricos são normalizados pelo comprimento do condutor e áreas transversais. Além disso, diferente da BIVA clássica, na BIVA específica o maior eixo das elipses de tolerância específica refere-se às variações da quantidade relativa de massa gorda, com os valores mais altos sendo encontrados no polo superior direito. Esse padrão é consistente com o pressuposto teórico de que há uma menor condutividade no tecido adiposo. Entretanto, a informação fornecida pelo eixo menor é semelhante à BIVA clássica, de modo que a área superior esquerda indica valores elevados de massa celular corporal, particularmente massa livre de gordura, e da razão entre a água intracelular (AIC) e a água extracelular (AEC). Considerando que o eixo menor, em ambas abordagens, é determinado, sobretudo, por variações no AnF, a similaridade entre elas não é nenhuma surpresa (MARINI e TOSELLI, 2021).

As elipses de referência, por sua vez, começaram a ser desenvolvidas em diferentes populações e o comportamento da BIVA passou a ser analisado em diversas amostras. Nesse sentido, Buffa et al. (2003), ao analisarem uma amostra composta por 104 mulheres de 60-89 anos, revelaram que os parâmetros de BIA se alteram com a idade, com a migração do vetor médio de Z especialmente entre as faixas de 70-79 anos e 80-89 anos. Desse modo, um aumento da R/E e uma redução de X_c/E e do AnF foi encontrado. Tais modificações parecem ocorrer em virtude de alterações nas propriedades elétricas dos tecidos, em particular da massa celular corporal, devido ao reduzido número de células musculoesqueléticas dos membros.

Vale destacar que ambas abordagens da BIVA foram validadas a partir da avaliação da composição corporal por DXA, embora este método não seja considerado um método de referência para a avaliação da gordura corporal. Marini et al. (2013), ao analisarem uma amostra composta por 207 idosos italiano, demonstraram a capacidade da BIVA específica em distinguir indivíduos com diferentes percentuais de massa gorda. Além disso, a BIVA específica demonstrou capacidade de discriminar diferenças entre não-sarcopênicos e sarcopênicos (MARINI et al., 2012) e entre sarcopênicos e obesos sarcopênicos (MARINI et al., 2012).

Em um estudo específico, envolvendo TR em mulheres idosas, tanto a BIVA clássica quanto a específica demonstraram deslocamento dos vetores provenientes da melhora da

integridade celular, demonstrada pelo aumento da Xc e AnF após 24 semanas de intervenção (FUKUDA et al., 2016). Osco et al. (2021), investigaram 12 semanas intervenções com TR e tubos elásticos em mulheres idosas e verificaram que apenas o grupo que praticou o TR apresentou deslocamento do vetor da direta para a esquerda no gráfico R-Xc.

Outro parâmetro que tem recebido especial atenção da comunidade científica nas últimas décadas é o ângulo de fase (AnF) (BAUMGARTNER CHUMLEA e ROCHE, 1988; BARBOSA-SILVA et al., 2005; LUKASKI, 2013; GONZALEZ et al., 2016), o qual abordaremos na sequência.

1.1.2 Ângulo de fase

O AnF é um parâmetro que guarda estreita relação com a integridade das membranas celulares, tamanho celular, massa celular e, em particular, com a razão de distribuição da água corporal total (ACT), em suas frações AIC e AEC (GENTON et al., 2017; GONZALEZ et al., 2016; NORMAN et al., 2012). O AnF pode ser fornecido diretamente por aparelhos de BIA fase-sensitivos, ou ainda, calculado a partir da seguinte equação: $AnF = \arctan(Xc/R) \times (180/\pi)$.

Entre os principais determinantes do AnF podemos destacar a idade e o sexo, além da distribuição de fluidos, massa livre de gordura e IMC (GONZALEZ et al., 2016). Nesse sentido, o AnF tende a diminuir com o aumento da idade, devido à redução na Xc, um fenômeno paralelo ao declínio da massa livre de gordura e aumento da R, em virtude, particularmente, do declínio na proporção de fluidos corporais e aumento da massa gorda, alterações típicas decorrentes do envelhecimento (NORMAN et al., 2012). Assim, valores reduzidos de AnF indicam a incapacidade das células em estocar energia, sendo um indicativo de quebra na permeabilidade seletiva das membranas celulares. Por outro lado, valores elevados refletem maior massa celular e melhor integridade das membranas celulares. Portanto, as modificações na composição corporal humana decorrentes do envelhecimento podem reduzir os valores de AnF (NORMAN et al., 2012).

Com relação ao sexo, os homens tendem a apresentar maiores valores de AnF do que às mulheres ao longo da vida, com comportamento semelhante entre os sexos onde os valores aumentam progressivamente da infância para adolescência, estabilizando durante a fase adulta e sofrendo um declínio gradual com o envelhecimento (BARBOSA-SILVA et al., 2005; MATTIELLO et al., 2020). Além disso, ao longo da última década, os valores de AnF têm sido associados ao estado funcional e qualidade muscular (TOMELERI et al., 2020), a

sarcopenia e obesidade sarcopênica (MARINI et al., 2012), ao estado nutricional (ZHANG et al., 2014), a fragilidade (WILHELM-LEEN et al., 2014), ao perfil lipídico (DORNA et al., 2013), a taxa metabólica basal (MARRA et al., 2005), a qualidade de vida (NORMAN et al., 2015), a biomarcadores inflamatórios e de estresse oxidativo (TOMELERI et al., 2018), entre outros desfechos relevantes relacionados à saúde e a doença.

Desse modo, o AnF pode ser uma importante ferramenta não somente para o diagnóstico mas, também, para o acompanhamento de condições clínicas, especialmente em idosos, uma população mais suscetível à mudanças nos componentes da composição corporal, tais como redução da massa muscular (CRUZ-JENTOFT et al., 2019), aumento da gordura visceral (CHANG et al., 2012) e intramuscular (YOSHIKO et al., 2017), diminuição do conteúdo e densidade mineral óssea (EDWARDS et al., 2015) e modificações na relação entre hidratação intra e extracelular (BUFFA et al., 2011), além de sofrerem maiores reduções na força muscular e na aptidão funcional, em decorrência do envelhecimento (VIANNA, OLIVEIRA e ARAUJO, 2007; NEWMAN et al., 2006; CRUZ-JENTOFT et al., 2019).

Todo este conjunto de modificações que acompanham o envelhecimento pode ter importantes repercussões para o quadro clínico de idosos, uma vez que sarcopenia, osteopenia, obesidade e desidratação são condições que favorecem o desenvolvimento de inúmeras doenças que afetam a qualidade de vida e a longevidade dessa população (CHEN et al., 2015). Considerando que a melhoria do quadro clínico é fundamental para um envelhecimento bem-sucedido, a prática regular de exercícios físicos sistematizados pode ocupar um papel de destaque nesse processo ao agir como um fator de proteção para à saúde (ACSM, 2009), proporcionando um melhor funcionamento dos diversos sistemas biológicos.

Nesse sentido, a crescente produção do conhecimento na área de treinamento resistido (TR) tem demonstrado que esta é uma intervenção poderosa para combater o declínio da força muscular, redução de massa muscular, aumento da vulnerabilidade fisiológica e suas consequências debilitantes no funcionamento físico, com impacto bastante positivo sobre a mobilidade, a independência funcional, o bem-estar psicológico e a qualidade de vida (FRAGALA et al., 2019). Com base nessas informações, abordaremos na sequência as principais informações disponíveis na literatura até o presente momento sobre o impacto do TR sobre parâmetros de BIA em idosos.

1.2 Treinamento resistido e parâmetros de impedância bioelétrica em idosos

O exercício físico induz mudanças moleculares, celulares e teciduais de natureza aguda, com impacto nas adaptações crônicas que tendem a melhorar as condições de saúde (SARDINHA, 2018). Desse modo, o TR tem sido amplamente recomendado para a população idosa, sobretudo, pelos benefícios revelados sobre a força e massa muscular (TOMELERI et al. 2020, CUNHA et al., 2018, CUNHA et al., 2020, RIBEIRO et al. 2017), qualidade muscular (CUNHA et al., 2018b), funcionalidade (JADCZAK et al., 2018), perfil lipídico (YANG et al., 2014) e glicêmico (CONSITT et al., 2019), biomarcadores inflamatórios (STRASSER et al., 2012) e de estresse oxidativo (RIBEIRO et al., 2017b). Entretanto, somente nos últimos anos é que a análise do comportamento dos parâmetros de impedância bioelétrica tem atraído a atenção de investigações na área do TR (DOS SANTOS et al., 2016; FUKUDA et al., 2016; SOUZA et al., 2017; RIBEIRO et al., 2017; TOMELERI et al., 2018c; NUNES et al., 2019; NABUCO et al., 2019).

Nesse sentido, Dos Santos et al. (2016) analisaram o efeito de oito semanas de TR, 12 de destreino e oito de retreino em mulheres idosas não-treinadas, em uma investigação sem a presença de grupo controle. Os resultados indicaram que o período de oito semanas de treino foi suficiente para aumentar o AnF (~3,4%). Por outro lado, 12 semanas de destreino fizeram com que as respostas adaptativas alcançadas fossem totalmente revertidas. A seguir, oito semanas de retreino não foram suficientes para recuperar totalmente as perdas induzidas pelo destreino (~1,7%). Vale destacar que as modificações encontradas no AnF ocorreram apesar do volume reduzido de TR que foi aplicado (apenas uma série de 10-15 RM em oito exercícios para os diferentes segmentos corporais).

Estudo conduzido com uma amostra de 20 mulheres idosas por Fukuda et al. (2016) indicou um aumento no AnF (5,2%) após 24 semanas de TR supervisionado, com modificações estatisticamente significantes sendo encontradas somente entre as semanas 12 e 24 (~3,3%). O mesmo comportamento foi verificado para a BIVA específica e clássica, com uma significativa migração do vetor. Além disso, a força muscular (5RM) foi correlacionada positivamente como AnF ($r = 0,48-0,56$).

Posteriormente, Souza et al. (2017), em um ensaio clínico randomizado e controlado, reportaram aumentos no AnF (6,5%) em idosas não-treinadas, submetidas a um protocolo de maior volume (três séries) e duração (12 semanas), com 10-15 RM por série em oito exercícios. O programa de TR foi composto por exercícios para os diferentes segmentos corporais. Adicionalmente, Ribeiro et al. (2017) conduziram um ensaio clínico randomizado e

controlado com idosas não-treinadas e revelaram que oito semanas de TR executado em diferentes sistemas de treinamento (tradicional e piramidal) promoveu aumentos significantes no AnF (2,9% a 4,1%) quando comparados ao grupo controle. Um aumento significativo no AnF (7,4%) foi correlacionado com uma redução nas concentrações do fator de necrose tumoral alfa, proteína C-reativa, proteína de oxidação avançada e aumento da catalase, após 12 semanas de TR em idosas não-treinadas (TOMELERI et al., 2018c).

Mais recentemente, Nunes et al. (2019) reportaram uma melhoria na qualidade muscular associada com o aumento no AnF (4,7%) após 12 semanas de um programa progressivo de TR em idosas treinadas. Por fim, Nabuco et al. (2019) revelaram que o aumento do AnF em idosas treinadas submetidas a 12 semanas de TR não parece ser influenciado pela suplementação de *whey protein* antes (7,6%) ou após (8,8%) a sessão de treinamento. Todavia, a magnitude do aumento no AnF foi superior ao reportado nos estudos anteriores.

Embora informações relevantes tenham sido reveladas pelos estudos citados anteriormente, exceto no estudo de Fukuda et al. (2016), as análises têm sido limitadas a avaliação do AnF de forma isolada, sem a inclusão da análise do comportamento dos vetores. Considerando que os valores de AnF são obtidos a partir da relação entre os vetores de X_c e R , é possível que duas pessoas tenham valores semelhantes, contudo, com comprimentos de vetores diferentes. Nesse sentido, tanto a posição quanto o comprimento dos vetores fornecem informações sobre hidratação, massa e integridade celular (NORMAN et al., 2012).

Portanto, para que exista a diferenciação, por exemplo, entre obesos (AnF alto, vetor curto) e atletas (AnF alto e vetor longo) ou entre indivíduos caquéticos (AnF baixo e vetor longo) e magros (AnF normal e vetor longo) faz-se necessário o uso da BIVA. Desse modo, a análise combinada das informações produzidas pelos valores de AnF e BIVA são de fundamental importância para uma melhor interpretação de diferentes condições (NORMAN et al., 2012).

Considerando que o TR pode aumentar a massa muscular e, também, a hidratação intracelular, a inclusão da BIVA pode gerar importantes informações, sobretudo, nos estudos de duração mais longa, visto que muitas das respostas adaptativas ao TR parecem ser tempo dependentes (CYRINO, 2016). Nesse sentido, embora existam fortes indicativos da aplicação do AnF para o diagnóstico e prognóstico de indicadores de saúde e de doença, a maioria dos estudos publicados até o presente momento com análise desta variável tem adotado

delineamentos transversais ou longitudinais com duração relativamente curta (quatro, oito ou 12 semanas), o que limita uma análise mais consistente dos resultados encontrados.

Vale destacar que nenhum estudo até o presente momento buscou analisar o comportamento do AnF e BIVA durante uma sessão de TR. O simples monitoramento das alterações induzidas por uma sessão de TR sobre essas variáveis pode fornecer importantes informações para análise das micro lesões induzidas pelos exercícios durante o treino e determinação do tempo necessário de recuperação entre as sessões de treinamento, de modo que o desempenho não seja comprometido, pelo menos em parte, afetando negativamente as respostas adaptativas crônicas que podem ser geradas a partir desse modelo de exercício.

2 OBJETIVOS

Considerando que a presente tese foi estruturada de acordo com o modelo escandinavo, no qual a contextualização do problema dá origem ao estabelecimento de diferentes objetivos que, por sua vez, são analisados a partir da redação de artigos científicos, os propósitos desta investigação foram:

- Analisar o comportamento dos parâmetros da impedância bioelétrica antes e após uma sessão de TR e no final de 48 h de recuperação (Artigo 1);
- Analisar as adaptações induzidas por 24 semanas de TR progressivo sobre parâmetros de impedância bioelétrica e sua relação com força muscular, composição corporal, aptidão funcional e biomarcadores metabólicos em mulheres idosas (Artigo 2).

3 HIPÓTESES

- Com relação ao efeito de uma sessão de TR é esperado redução da R, Xc e AnF. Na sequência, o comportamento dessas variáveis deve retornar aos valores de linha de base em até 48 h após o encerramento da sessão de treinamento;
- Com relação ao efeito crônico espera-se que o TR promova aumento nos valores de AnF e mudanças no comprimento dos vetores (redução da R e aumento da Xc). Além disso, o deslocamento das elipses de confiança deve migrar para esquerda e para cima, com aumento do vetor médio de impedância. Por fim, o aumento do AnF deve ser associado aos ganhos de força, massa muscular, melhoria da aptidão funcional e do comportamento metabólico.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Delineamento do Estudo

Dois experimentos foram conduzidos a partir do “*Active Aging Longitudinal Study*”, um projeto iniciado em 2012 e que tem como principal propósito analisar a eficácia e a eficiência de programas de TR sobre adaptações morfológicas, neuromusculares, fisiológicas, metabólicas, cognitivas e comportamentais, em mulheres idosas.

O primeiro experimento foi conduzido de forma aguda, ou seja, a partir da análise do comportamento dos dados brutos de BIA em uma única sessão de TR. As medidas foram coletadas em diferentes momentos, a saber: linha de base, imediatamente após a sessão de TR, 15, 30, 45 e 60 min após o término da sessão e, ainda, após 48 h. Uma sessão controle foi realizada com parte da amostra, com as participantes sendo monitoradas em três momentos: linha de base, após 60 e 120 min. As avaliações incluíram medidas de BIA de corpo inteiro e localizada.

No segundo experimento as participantes foram aleatorizadas em dois grupos: grupo controle (GC), que não realizou nenhum tipo de intervenção, e grupo treinamento (GT) que realizou a intervenção com TR ao longo de 24 semanas. Um pesquisador não envolvido no estudo foi responsável por gerar uma sequência de números aleatórios (random.org) para alocação nos grupos. Este ensaio clínico randomizado, teve duração total de 33 semanas, das quais as semanas 1-3, 16-18 e 31-33 foram destinadas à aplicação de testes, medidas e avaliações. A intervenção com TR ocorreu em duas etapas, ao longo das semanas 4-15 e 19-30. Em cada uma das duas etapas um programa de TR progressivo e supervisionado, foi executado em três sessões semanais, em dias alternados.

Medidas antropométricas (massa corporal e estatura), de composição corporal (BIA e DXA), força muscular (testes de 1-RM) e aptidão funcional (testes sentar-e-levantar da cadeira, *timed-up-go* e caminhada de 6-min), bem como exames de sangue para análise do comportamento de biomarcadores metabólicos foram obtidas na linha de base, após 12 e 24 semanas de TR. Recordatórios alimentares de 24 h foram empregados para o monitoramento da ingestão nutricional nas primeiras e nas últimas duas semanas de TR, em cada etapa da intervenção.

4.2 Participantes

As participantes foram recrutadas mediante anúncios em jornais, rádio e mídias sociais (*facebook* e *instagram*). A amostra foi selecionada preliminarmente por meio de entrevista individual e anamnese clínica. Os seguintes critérios de inclusão foram adotados na presente investigação: (1) possuir idade igual ou superior a 60 anos; (2) ser do sexo feminino e fisicamente independente; (3) não possuir limitações cardiovasculares, musculoesqueléticas, articulares ou metabólicas que impedissem a prática de exercícios físicos ou a execução de testes motores; (4) não receber terapia hormonal; (5) não possuir implante médico eletrônico, como marca-passo; (6) não possuir doença renal crônica; (7) não estar envolvida com a prática de exercícios físicos por mais do que uma vez por semana, nos últimos três meses anteriores ao início do estudo. Adicionalmente, as participantes não deveriam apresentar nenhum tipo de restrição para a prática de TR atestada por médico cardiologista.

A frequência às sessões de treinamento inferior a 85% foi adotada como critério de exclusão, bem como a ausência nas avaliações. As análises foram realizadas a partir dos dados obtidos em uma amostra de 103 mulheres, que finalizaram o estudo (idade = $69,8 \pm 5,5$ anos; massa corporal = $68,3 \pm 13,7$ kg; estatura = $155,3 \pm 6,3$ cm; índice de massa corporal = $28,2 \pm 4,6$ kg/m²). O cálculo do tamanho da amostra foi estabelecido com base em um poder estatístico (probabilidade de erro de $1-\beta$) de 0,80, um tamanho de efeito a partir dos valores de F (interação grupo vs. tempo) de 0,25 para o ângulo de fase, e um nível geral de α de 0,05. O cálculo a priori indicou um tamanho amostral mínimo de grupo de 24 indivíduos por grupo experimental. Após serem esclarecidas sobre a proposta do estudo e procedimentos aos quais seriam submetidas as participantes assinaram um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (APÊNDICE A). Este estudo faz parte de um projeto de pesquisa mais amplo aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da Universidade Estadual de Londrina – UEL/Londrina - PR (9544.2019.84) (ANEXO A).

4.3 Antropometria

A massa corporal foi mensurada em uma balança de leitura digital (Balmak, modelo Classe III, Labstore, Curitiba, PR, Brasil), com escala de 0,1 kg e a E foi determinada por meio de um estadiômetro acoplado à mesma, com escala de 0,1 cm. A partir dessas medidas calculou-se o IMC, por meio da razão entre a massa corporal e o quadrado da estatura, sendo a massa corporal expressa em quilogramas (kg) e a estatura em metros (m).

4.4 Composição Corporal

Exames de DXA foram realizados para a determinação da massa livre de gordura e osso total (MIGO-T) e apendicular (MIGO-AP), gordura corporal absoluta e relativa, e para o cálculo da massa muscular esquelética (MME). A MME foi estimada a partir da seguinte equação (KIM et al., 2002): $MME (kg) = [(MIGO-AP * 1,18) - (idade * 0,03) - 0,14]$, sendo a idade em anos. As medidas de DXA foram obtidas por um equipamento Lunar Prodigy, modelo NRL 41990 (GE Lunar, Chicago, IL, USA), mediante escaneamento de corpo inteiro. A calibragem do equipamento seguiu as recomendações do fabricante. Tanto a calibragem quanto as análises foram realizadas por um técnico do laboratório com experiência nesse tipo de avaliação. As participantes estavam descalças e não portavam qualquer objeto metálico móvel ou outro acessório junto ao corpo. Elas permaneceram deitadas e imóveis sobre a mesa do equipamento, até a finalização da medida, em decúbito dorsal, com pés unidos e braços levemente afastados do tronco, à lateral do corpo. As informações foram tratadas em um software específico que permitiu que os membros fossem demarcados e separados do tronco e da cabeça por linhas-padrão geradas pelo próprio equipamento. As linhas foram ajustadas por um técnico em radiologia, considerando pontos anatômicos específicos, determinados pelo fabricante. O erro típico da medida (ETM) e o coeficiente de correlação intraclass (CCI) foi determinado para MIGO-T (ETM = 0,38 kg e CCI = 0,996), MIGO-AP (ETM = 0,19 kg e CCI = 0,995), MME (ETM = 0,24 kg e CCI = 0,995), gordura corporal absoluta (ETM = 0,10 kg e CCI = 0,999), e relativa (ETM = 0,25% e CCI = 0,999).

4.5 Ângulo de fase e análise de vetores de bioimpedância

Os dados brutos de R, Xc, Z e AnF foram obtidos por meio de um analisador BIA AnalyzerTM, fase-sensitivo, com frequência de 50 kHz (*The Nutritional Solutions Corporation*, Harrisville, MI, USA). A calibração do equipamento foi realizada seguindo as recomendações do fabricante. A ACT e suas frações AIC e AEC foram estimadas por equações preditivas (SUN et al., 2003). Para tentar assegurar um estado de hidratação adequado cada participante foi questionada sobre a coloração da urina matinal por meio da utilização de uma escala numerada, com as cores urina variando de amarelo muito claro (número 1) até verde acastanhado (número 8) (Urine Color Chart®). Para ser considerada euhidratada, a cor da urina matinal deveria estar entre 1 e 4 (ARMSTRONG et al., 2010). Todas as participantes foram medidas no período da manhã, em decúbito dorsal, em uma maca isolada de condutores elétricos, com os braços separados do tronco as pernas abduzidas.

Após a limpeza da pele com álcool e a secagem da superfície, quatro eletrodos descartáveis, tamanho 44 x 32 mm, para eletrocardiograma em gel (Ag/AgCl) (modelo MSGST-06, Solidor) foram posicionados na mão e no pé direito, sendo um eletrodo colocado entre os processos estilóides da ulna e do carpo e outro à 5 cm distal (região do terceiro metacarpo), um na linha média entre os maléolos medial e lateral, e outro a 5 cm distal a ele (região do terceiro metatarso) (KYLE et al., 2004), como ilustrado na Figura 2. Para as avaliações de BIA localizada (L-BIA), outros dois pares de eletrodos foram colados na coxa direita, sendo dois eletrodos de injeção de corrente e dois sensíveis a voltagem. O primeiro eletrodo foi colocado à um centímetro da borda superior da patela, identificada por palpação, na linha medial, e o segundo à dois centímetros de distância do centro do primeiro eletrodo. Já o terceiro eletrodo foi alocado à 10 cm de distância, entre a sua borda externa e a borda do eletrodo, e o quarto eletrodo foi posicionado à dois centímetros de distância do centro do eletrodo (NESCOLARDE et al., 2023).

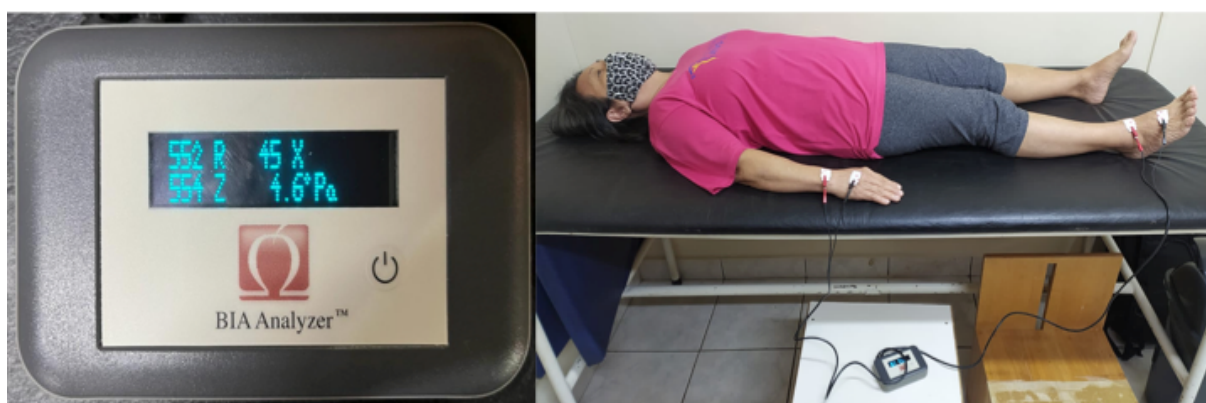


Figura 2 – Avaliação de impedância bioelétrica.

Na tentativa de minimizar possíveis erros de estimativa, as participantes foram orientadas a urinar cerca de 30 min antes da realização das medidas, não portar nenhum objeto de metal, abster-se da ingestão de alimentos ou bebidas nas últimas quatro horas anteriores às avaliações crônicas e abster-se da ingestão de alimentos ou bebidas nas duas horas anteriores às avaliações realizadas no experimento agudo. As participantes também foram orientadas a evitar a prática de exercícios físicos por pelo menos oito horas e abster-se do consumo de álcool e bebidas cafeinadas por 48 h (KYLE et al. 2004). Ainda, todas permaneceram deitadas por cinco minutos antes da realização das medidas, afim de que houvesse a homogeneidade de distribuição dos fluidos corporais. Para a BIVA, as elipses de confiança foram construídas em software específico (BIVA software 2002, BIVAconfidence

file, Padova, Itália). Valores para BIVA clássica foram obtidos através da razão de R pela estatura ($R/E = R/[estatura*1,1]$) e da razão da Xc pela estatura ($Xc/E = Xc/[estatura*1,1]$). O ETM e o CCI foi determinado para R (ETM = 17,86 ohm e CCI = 0,903), Xc (ETM = 2,20 ohm e CCI = 0,871), AnF (ETM = 0,13° e CCI = 0,939), ACT (ETM = 0,71 L e CCI = 0,967), AEC (ETM = 0,42 L e CCI = 0,937) e AIC (ETM = 0,48 L e CCI = 0,965).

4.6 Aptidão Funcional

Para avaliação da aptidão funcional os testes conduzidos foram: sentar e levantar da cadeira (SeL), *timed-up-go* (TUG) e teste de caminhada de 6-min. Para o teste de SeL utilizou-se uma cadeira com encosto reto, apoiado na parede. As participantes iniciaram o teste sentadas na cadeira, com as costas alinhadas, pés totalmente em contato com o solo, braços cruzados sobre o tórax com o dedo médio tocando o acrômio. Ao sinal do avaliador, cada participante foi orientada a se levantar, até ficar completamente na posição ereta, e retornar à posição inicial, repetindo esse movimento o máximo de vezes durante um período de 30 s. A quantidade total de movimentos completos foi registrada (RIKLI; JONES, 1999). Além disso, o tempo para realizar cinco repetições completas também foi registrado. Para o TUG, as participantes, também, foram posicionadas inicialmente sentadas em uma cadeira, sem apoio dos braços. O teste consistiu em levantar-se de uma cadeira, sem a ajuda dos braços, e caminhar, em ritmo confortável e seguro, uma distância de três metros até um cone, contorná-lo e fazer o trajeto inverso até a posição inicial (PODSIADLO; RICHARDSON, 1991). Por fim, o teste de caminhada de 6-min foi realizado em uma quadra poliesportiva. As participantes foram orientadas a caminhar em um ritmo confortável por um corredor de 20 m, demarcado por dois cones, sendo que cada volta completa (ida e volta) no percurso era registrada pelo avaliador. Ao final do tempo estabelecido para o teste, a distância total percorrida foi registrada (ATS, 2002).

4.7 Força muscular

A força muscular foi avaliada mediante testes de uma repetição máxima (1-RM) nos exercícios supino vertical, cadeira extensora e rosca direta, respectivamente. As participantes foram instruídas previamente sobre todos os procedimentos e técnicas a serem exigidas em cada exercício. Em cada momento de avaliação (semanas 1-3, 16-18 e 31-33) três sessões de testes foram realizadas sempre no período da manhã, com intervalo de 48-72 h entre cada sessão (AMARANTE DO NASCIMENTO et al., 2013). Em cada sessão de testagem, as

participantes realizaram um aquecimento específico antes de cada exercício, que consistiu da execução de 10 a 15 repetições com aproximadamente 50% do total da carga a ser utilizada na primeira tentativa. As cargas utilizadas em cada exercício, na primeira tentativa da primeira sessão de testes, foi selecionada com base na experiência dos avaliadores e na percepção da dificuldade que as participantes tiveram para executar o aquecimento. A primeira tentativa em cada exercício ocorreu após dois minutos de encerramento do aquecimento. O intervalo de recuperação entre as tentativas foi de três a cinco minutos, enquanto o intervalo de transição entre os exercícios foi de cinco minutos. As participantes foram orientadas e encorajadas verbalmente a realizarem duas repetições em cada uma das tentativas. O aumento da carga para a próxima tentativa ocorreu quando a participante executou adequadamente uma ou duas repetições. Por outro lado, nas situações onde sequer uma repetição foi realizada a carga foi reduzida para a próxima tentativa. O aumento ou a redução das cargas empregadas em cada tentativa ocorreu na ordem de 3-10%, de acordo com o grau de facilidade ou dificuldade observada para cada participante. A maior carga mobilizada em cada exercício, em uma única ação muscular voluntária máxima foi adotada como 1-RM. Em cada exercício, dois avaliadores com experiência na aplicação de testes de 1-RM conduziram as testagens, nos diferentes momentos do estudo. A forma e a técnica de execução de cada exercício foram padronizadas e continuamente monitoradas, na tentativa de se garantir a segurança e qualidade de execução. A somatória das cargas máximas levantadas nos três exercícios (1-RM) foi adotada com um indicador de força geral. Os coeficientes de reprodutibilidade para essas medidas foram: ETM = 0,46 kg e CCI = 0,97 para o supino vertical; ETM = 1,67 kg e CCI = 0,91 para a cadeira extensora; e ETM = 0,93 kg e CCI = 0,93 para a rosca *scott*.

4.8 Biomarcadores metabólicos

Coletas de sangue venoso (14 mL) foram realizadas na porção antecubital, no período matutino, após jejum de 12 h, por um experiente técnico de laboratório, em sala adaptada para este fim, para a determinação dos seguintes biomarcadores: glicose, HDL-c, LDL-c, VLDL-c, triglicerídeos (TG), colesterol total (CT) e proteína C-reativa ultrasensível (PCR). As dosagens foram realizadas no Laboratório de Bioquímica Clínica, no Hospital Universitário, da Universidade Estadual de Londrina. Para a coleta de sangue, as participantes permaneceram sentadas em uma cadeira, com o antebraço apoiado sobre um suporte, localizado aproximadamente na altura dos ombros. Após o braço ser garroteado no ponto médio do úmero foi realizada a assepsia com algodão embebido em álcool 70%. A punção foi

realizada com agulha descartável de 25 X 8 mm no referido local. O sangue venoso foi aspirado em quatro tubos de coleta a vácuo (dois tubos com gel separador, um tubo com de sódio e EDTA e um tubo com EDTA com anticoagulantes e conservantes). As agulhas foram descartadas, seguindo o disposto nos procedimentos operacionais padrão do laboratório clínico, assim como todos os outros materiais descartáveis contaminados, tanto no procedimento de coleta, quanto nas análises sanguíneas. As amostras foram centrifugadas por 10 min a 3.000 rpm para separação do soro e/ou plasma. Imediatamente após a coleta, foram determinadas as concentrações de triglicerídeos, colesterol total e sua fração HDL-c, proteína PCR e glicose em um auto-analisador bioquímico Dimension RxL Max (Siemens Healthcare Diagnostics, Malvern, PA, USA) de acordo com métodos consagrados na literatura especializada, seguindo os protocolos recomendados pelos fabricantes, utilizando-se kits Siemens. Para a determinação de LDL-c foi utilizada a seguinte equação (FRIEDEWALD et al., 1972): $LDL-c = CT - (VLDL-c + HDL-c)$, sendo $VLDL-c = TG/5$.

4.9 Ingestão nutricional

O consumo alimentar foi avaliado por meio de recordatório de 24 h. As entrevistas foram realizadas em três dias, considerando a ingestão alimentar em dois dias não consecutivos durante a semana e um dia do final de semana. Para auxiliar as entrevistas foi utilizado um registro fotográfico padronizado (MONEGO et al., 2013) contendo fotos com imagens dos alimentos e porções. Os alimentos consumidos foram registrados na ordem relatada pela participante, de acordo com o tipo, quantidade consumida e forma de preparação. As quantidades dos alimentos consumidos em medidas caseiras foram convertidas em gramas ou mililitros e analisados por meio do software Virtual Nutri®. Para a análise da ingestão de macronutrientes (proteínas, carboidratos e lipídios) foi utilizada a Ingestão Dietética de Referência (DRI) do *Institute of Medicine/Food and Nutrition Board* (TRUMBO et al., 2002). Todas participantes foram orientadas a manter seus hábitos alimentares durante todo o período do estudo.

4.10 Treinamento resistido

As participantes foram submetidas, em cada uma das duas etapas deste estudo, a um programa de TR com duração total de 12 semanas, em uma frequência de três sessões semanais, em dias alternados (segundas, quartas e sextas-feiras), no período da manhã. Todas as participantes foram supervisionadas individualmente por profissionais de Educação Física

com experiência em TR, na tentativa de manter a qualidade de execução dos exercícios e garantir a segurança das participantes.

Para ambas as etapas o programa de TR foi executado em máquinas e pesos livres e incluiu oito exercícios para os diferentes segmentos corporais (braços, pernas e tronco). Os exercícios foram: supino vertical, *leg-press* horizontal, remada baixa, cadeira extensora, tríceps no *pulley*, cadeira flexora, rosca direta e panturrilha sentada. Durante a primeira etapa todas as participantes alocadas no GT realizaram três séries de 10-15 repetições máximas (RM) com intensidade de 50-60% de 1-RM em cada exercício, de acordo com o sistema de treinamento tradicional. Na segunda etapa (semanas de 19-30), as participantes executaram três séries de 8-12 RM com intensidade de 60-70% de 1-RM (ACSM, 2009). Elas foram instruídas a inspirarem durante a fase excêntrica e expirarem durante a fase concêntrica do exercício, mantendo a velocidade de movimentos na razão de 1:2 (ação muscular concêntrica e excêntrica, respectivamente). O intervalo de descanso entre as séries foi de um a dois minutos, ao passo que o intervalo entre os exercícios foi de dois a três minutos.

As cargas foram ajustadas individualmente, em cada exercício, durante todo o período de treinamento quando as participantes completaram o limite superior de repetições em duas sessões consecutivas. A carga foi aumentada de 2-5% para os exercícios para os membros superiores e 5-10% para os exercícios para os membros inferiores para a próxima sessão, seguindo os procedimentos propostos pelo Colégio Americano de Medicina do Esporte (2009), na tentativa de proporcionar um aumento progressivo da sobrecarga, mantendo a intensidade relativa durante todo o período do experimento. Todas as participantes foram orientadas a não participarem de nenhum outro tipo de programa de treinamento durante o período do estudo, de modo que o impacto do TR pudesse ser avaliado de forma isolada.

4.11 Tratamento estatístico

Inicialmente, o teste de Shapiro-Wilk foi utilizado para a análise da distribuição dos dados. Para a caracterização da amostra dados são apresentados em média e desvio-padrão e o teste-t de Student foi utilizado para comparações entre os grupos. Para as variáveis categóricas, utilizou-se o teste de Qui-quadrado para a comparação dos grupos. A homogeneidade das variâncias foi verificada a partir do teste de Levene. Análise de variância para medidas repetidas foi utilizada para comparação dos resultados obtidos através da impedância bioelétrica de corpo inteiro e localizada, nos diferentes momentos (artigo 1). Para a comparação dos resultados obtidos pela BIA (artigo 1) bem como para a comparação dos

hábitos nutricionais, adotou-se a análise de variância (ANOVA) de medidas repetidas com dois fatores fixos (tempo e grupo) e interação (tempo x grupo). Para a comparação dos efeitos do grupo (GC vs. GT) nas variáveis dependentes, foi utilizada a análise de covariância (ANCOVA) com os valores pré incluídos como covariável na comparação “pré vs. pós 12 semanas” e “pré vs. 24 semanas” e valores de 12 semanas incluídos como covariável na comparação “12 semanas vs. 24 semanas”. As variáveis dependentes foram incluídas no modelo estatístico em valores de delta absoluto. A interpretação dos dados foi baseada no intervalo de confiança de 95% (IC 95%) do delta absoluto entre grupos (isto é, houve uma diferença significativa quando os limites inferior e superior do IC 95% não continham o zero). Os resultados são apresentados intra e entre grupos, em diferença média e seus respectivos IC 95%. O tamanho de efeito (TE) foi calculado como a diferença média do GC menos a diferença média do GT dividido pelo desvio padrão agrupado das diferenças médias (COHEN, 1988). Sua classificação foi caracterizada com valores de 0,20-0,49 sendo considerados de pequeno efeito, 0,50-0,79 de efeito moderado e $\geq 0,80$ de grande efeito. Em adição, foi calculado o coeficiente de Pearson (r) entre as mudanças absolutas do pré para pós 24 semanas no AnF e nas variáveis MME, CT, TG, LDL-c, PCR, SeL, TUG e caminhada de 6-min. Para todas as análises, a significância foi estabelecida em $P < 0,05$. Os vetores de impedância média dos grupos estabelecidos para as elipses de confiança foram comparados por meio do teste T^2 de Hotelling's, em software específico da BIVA. Os dados foram estocados e analisados usando o software Jeffreys's Amazing Statistics Program (JASP), version 0.16.4 (University of Amsterdam, Amsterdam, NL).

5 RESULTADOS

Os resultados do presente estudo foram organizados a partir da redação de dois artigos originais.

5.1 Artigo original 1

EFEITO DE UMA ÚNICA SESSÃO DE TREINAMENTO RESISTIDO SOBRE OS PARÂMETROS DE IMPEDÂNCIA BIOELÉTRICA EM MULHERES IDOSAS: UM ESTUDO EXPLORATÓRIO

RESUMO

A análise da impedância bioelétrica (BIA) tem sido utilizada para a avaliação da composição corporal e pode ser empregada, também, para o acompanhamento do processo de recuperação a esforços físicos. Assim, esta investigação examinou o comportamento dos parâmetros brutos de BIA de corpo inteiro e localizada (L-BIA) antes e após uma sessão de treinamento resistido (TR) em mulheres idosas. Trinta e quatro mulheres idosas (> 60 anos), fisicamente independentes, com experiência em TR foram recrutadas voluntariamente para participarem do estudo. Avaliações de BIA foram realizadas em três diferentes condições: i) em repouso, anterior ao TR; ii) imediatamente após a sessão de TR (duração de aproximadamente uma hora) e nos minutos 15, 30, 45 e 60 subsequentes, em repouso; iii) após 48 h do final da sessão de TR. Os parâmetros brutos analisados foram resistência (R), reatância (Xc), impedância (Z), bem como os valores ajustados pela estatura (E). O protocolo de TR foi composto por oito exercícios (supino vertical, *leg-press* horizontal, remada baixa, cadeira extensora, tríceps *pulley*, cadeira flexora, rosca direta e panturrilha sentada). Todos os exercícios foram executados em três séries de 8-12 RM, com intervalo de 1-2 min entre as séries e de 2-3 min entre os exercícios. Reduções significantes ($P < 0,05$) nos valores de R, R/E e Z de corpo inteiro foram encontradas imediatamente após a sessão de treino (R = -3,5%; R/E = -3,4%; Z = -3,4%). Valores similares aos revelados em repouso foram identificados após 30 min do encerramento da sessão de TR ($P > 0,05$). Já para a L-BIA, os valores de RL e ZL reduziram ($P < 0,05$) imediatamente após a sessão de TR (RL = -6,6%; ZL = -6,8%) e permaneceram reduzidos mesmo após 60 min. Os parâmetros XcL e AnFL não sofreram alterações significantes após a sessão de TR ($P > 0,05$). Todos os parâmetros da L-BIA na avaliação após 48 h foram similares aos valores em repouso, na linha de base, anterior a sessão de TR ($P > 0,05$). Os resultados sugerem que os parâmetros de R e Z são modificados ao longo de uma sessão de TR. Entretanto, os valores de R e Z obtidos pela BIA de corpo inteiro retornam aos valores similares à condição em repouso 45 min após o término da sessão de treinamento. Portanto, parece que intervalos de acompanhamento superiores a esse podem ser desnecessários para o acompanhamento dos parâmetros brutos de BIA em mulheres idosas após uma sessão de TR.

Palavras-chave: treinamento de força, saúde celular, resistência, reatância, impedância, idosos.

ABSTRACT

Bioelectrical impedance analysis (BIA) has been used to assess body composition and can also be used to monitor the recovery process from physical exertion. Therefore, this investigation examined the behavior of the raw parameters of whole-body and localized BIA (L-BIA) before and after a resistance training (RT) session in older women. Thirty-four physically independent women (> 60 years) with experience in RT were voluntarily recruited to participate in the study. BIA assessments were carried out in three different conditions: i) at rest, before RT; ii) immediately after the RT session (lasting approximately one hour) and in the 15th, 30th, 45th, and 60th minutes afterward, at rest; iii) 48 hours after the end of the RT session. The raw parameters analyzed were resistance (R), reactance (Xc), and impedance (Z), as well as the values normalized by height (H). The RT protocol consisted of eight exercises (chest press, horizontal leg press, seated row, knee extension, triceps pushdown, leg curl, preacher curl, and seated calf raise). All exercises were performed in three sets of 8-12 RM, with an interval of 1-2 min between sets and 2-3 min between exercises. Significant reductions ($P < 0.05$) in whole-body R, R/H, and Z values were found immediately after the training session (R = -3.5%; R/H = -3.4%; Z = -3.4%). Values similar to those revealed at rest were identified 30 min after the end of the RT session ($P > 0.05$). As for L-BIA, RL and ZL values decreased ($P < 0.05$) immediately after the RT session (RL = -6.6%; ZL = -6.8%) and remained reduced even after 60 min. The parameters XcL and PhAL did not change significantly after the RT session ($P > 0.05$). All L-BIA parameters assessed after 48 h were similar to the values at rest, at baseline, and before the RT session ($P > 0.05$). The results suggest that the parameters of R and Z are modified throughout an RT session. However, the R and Z values obtained by whole-body BIA return to values similar to the resting condition 45 min after the end of the training session. Therefore, follow-up intervals longer than this may be unnecessary for monitoring raw BIA parameters in older women after an RT session.

Key-words: strength training, cellular health, resistance, reactance, impedance, older adults.

INTRODUÇÃO

A análise da impedância bioelétrica (BIA) tem sido amplamente utilizada nas últimas décadas, especialmente para a avaliação da composição corporal, uma vez que emprega um equipamento portátil, com um custo operacional relativamente acessível, é aplicável à diferentes populações, além de ser considerado um método seguro e não-invasivo (LUKASKI; TALLURI, 2023). A BIA consiste da aplicação de uma corrente elétrica alternada, baseando-se na premissa de que o corpo humano pode ser considerado como uma rede de condutores (fluidos e eletrólitos) e capacitores (membranas celulares e interface dos tecidos) (SARDINHA & ROSA, 2023). Desse modo, oposição a corrente é mensurada pela resistência (R), enquanto o atraso da corrente, devido ao conceito de capacitância da membrana celular, resulta na reatância (X_c) (KYLE et al., 2004).

A partir dos parâmetros de R e X_c pode-se obter também o ângulo de fase (AnF), que tem sido utilizado como uma importante ferramenta, não invasiva, que permite uma caracterização da saúde celular e os fluidos intra- e extracelulares (LUKASKI; TALLURI, 2023). Enquanto a BIA de corpo inteiro pode fornecer informações importantes sobre a composição corporal, uma forma de análise regional vem atraindo a atenção da comunidade científica sendo denominada de BIA localizada (L-BIA), um procedimento que permite, por exemplo, a análise de lesões ou o acompanhamento do processo de recuperação a esforços físicos (NESCOLARDE et al., 2023). Mediante o posicionamento dos eletrodos em pontos anatômicos da região de interesse é possível obter informações daquela estrutura anatômica e de seu estado fisiológico (NESCOLARDE et al., 2023).

A investigação de lesões e seu respectivo processo de recuperação utilizando a L-BIA tem sido relatada em atletas de futebol e hóquei no gelo (NESCOLARDE et al., 2013; CEBRIÁN-PONCE et al., 2022). Nesse sentido, Nescolarde et al. (2013) encontraram reduções nos valores de R , X_c e AnF nas regiões lesionadas, quando comparados aos valores do membro contralateral sem lesão. Além disso, as reduções percentuais nos parâmetros supracitados foram maiores, de acordo com a severidade da lesão. Adicionalmente, a elevação dos valores de R , X_c e AnF , nos dias subsequentes a lesão, foram compatíveis com o processo de recuperação até o retorno ao jogo.

Embora tais informações sejam bastante relevantes, ainda não se sabe se BIA de corpo inteiro e a L-BIA seriam capazes de monitorar alterações induzidas por sessões agudas de treinamento resistido (TR), uma modalidade de exercício físico amplamente praticada, por diferentes populações, especialmente pelos inúmeros benefícios que podem ser produzidos,

dentre os quais destacam-se o aumento da força e a hipertrofia muscular. Durante a prática do TR uma série de alterações metabólicas podem ser observadas, tais como aumento nas concentrações de íons de hidrogênio, fosfato inorgânico e lactato, produção de espécies reativas de oxigênio, aumento na liberação de alguns hormônios anabólicos, liberação de miocinas, resultando em inchaço celular e microlesões (SCHOENFELD, 2013). Além disso, a fadiga muscular induzida pelo TR pode persistir por várias horas ou mesmo dias após a sessão de exercício e isso pode impactar no desempenho em sessões subsequentes (PAREJA-BLANCO; RODRIGUEZ-ROSELL; GONZÁLEZ-BADILLO, 2019).

O TR pode promover mudanças na compartimentalização dos fluidos, em virtude da vasodilatação decorrente do estresse gerado, especialmente nas extremidades do corpo (PLOUTZ-SNYDER; CONVERTINO; DUDLEY, 1995). Todavia, ainda não está bem estabelecido na literatura se tais mudanças são suficientes ou não para alterar as estimativas dos parâmetros brutos da BIA. Em caso positivo, resta saber por quanto tempo tais alterações seriam mantidas ou, ainda, qual seria o tempo necessário para o restabelecimento das condições pré-exercício. Portanto, o simples monitoramento das alterações induzidas por uma sessão de TR por meio de BIA poderia fornecer importantes informações para análise das microlesões induzidas pelos exercícios e determinação do tempo necessário de recuperação entre as sessões de treinamento, de modo que o desempenho não fosse comprometido. Assim, um intervalo de recuperação insuficiente poderia afetar negativamente, pelo menos em parte, as respostas adaptativas promovidas por esse tipo de treinamento.

Desse modo, esta investigação examinou o comportamento dos parâmetros brutos de BIA antes e após uma sessão de TR em mulheres idosas. Nossas hipóteses são de que após uma sessão de TR haverá reduções nos parâmetros de R, Xc e AnF, tanto na BIA de corpo inteiro quanto na L-BIA em comparação a uma condição controle. Além disso, acreditamos que um intervalo de 48 h seja suficiente para reestabelecer os parâmetros da BIA.

MÉTODOS

Delineamento experimental

A presente investigação analisou os efeitos agudos de uma única sessão de TR sobre parâmetros de BIA de corpo inteiro. Para tanto, uma amostra de 34 mulheres idosas, praticantes de TR foi submetida a avaliações de BIA em três diferentes condições: i) em repouso, anterior ao TR; ii) imediatamente após a sessão de TR (duração de aproximadamente uma hora) e nos minutos 15, 30, 45 e 60 subsequentes, em repouso; iii) após 48 h do final da

sessão de TR. Vale destacar que antes da sessão de TR as participantes estavam sem prática de exercícios físicos ou esforços intensos por 48 h e não realizaram nenhuma ingestão de alimentos nas duas horas precedentes ao início do protocolo experimental. Uma sub-amostra de oito mulheres, analisadas na sessão de TR, participou de uma sessão controle, que não envolveu a prática de exercícios, sendo avaliadas em repouso, nos minutos 0, 60 e 120, com base nos mesmos critérios estabelecidos para a sessão de TR, com pelo menos sete dias de intervalo entre as sessões.

Participantes

Trinta e quatro mulheres idosas (> 60 anos), fisicamente independentes, participantes do *Active Aging Longitudinal Study* foram recrutadas voluntariamente para participarem deste estudo. Nenhuma das participantes era portadora de aparelho de marca-passo. Na triagem inicial, para participação no estudo principal, as participantes foram entrevistadas e responderam questionários que incluíam questões relativas ao histórico de saúde (presença ou ausência de dores, lesões e doenças). Além disso, as participantes selecionadas foram avaliadas por um médico cardiologista que as liberou, sem restrições, para a prática de exercícios físicos. As participantes se encontravam em fase de TR, com frequência de três sessões semanais, há oito semanas consecutivas. Todas as participantes, após receberem orientações sobre as finalidades do estudo, riscos e benefícios da participação e sobre os procedimentos aos quais seriam submetidas, assinaram de um termo de consentimento livre e esclarecido. O projeto que deu origem a esse experimento foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da Universidade Estadual de Londrina.

Protocolo de medidas

Medidas de massa corporal e estatura foram obtidas, previamente ao início da sessão de TR. A massa corporal foi mensurada em uma balança de leitura digital (Balmak, modelo Classe III, Labstore, Curitiba, PR, Brasil), com escala de 0,1 kg e a estatura (E) foi determinada por meio de um estadiômetro acoplado à mesma, com escala de 0,1 cm. Na sequência, as participantes foram submetidas a medidas de BIA em um ambiente com temperatura controlada, por meio de um analisador de BIA, fase-sensitivo, com frequência de 50 kHz (BIA AnalyzerTM, The Nutritional Solutions Corporation, Harrisville, MI, USA). Para tentar assegurar um estado de hidratação adequado cada participante foi questionada sobre a coloração da urina matinal por meio da utilização de uma escala numerada, com as cores

urina variando de amarelo muito claro (número 1) até verde acastanhado (número 8) (Urine Color Chart®). Para ser considerada euhidratada, a cor da urina matinal deveria estar entre 1 e 4 (ARMSTRONG et al., 2010). As participantes foram avaliadas sem portar objetos ou roupas com detalhes metálicos. No momento da medida as participantes foram posicionadas em decúbito dorsal em uma maca isolada de condutores, por pelo menos cinco minutos, com as mãos em posição prononada, com os braços separados do tronco e as pernas abduzidas. Após a limpeza da pele com álcool e a secagem da superfície, quatro eletrodos descartáveis, tamanho 44 x 32 mm, para eletrocardiograma em gel (Ag/AgCl) (modelo MSGST-06, Solidor) foram posicionados na mão e no pé direito, separados por cinco centímetros entre eles (KYLE et al., 2004). Outros dois pares de eletrodos foram colados na coxa direita, como ilustrado na Figura 1, sendo dois eletrodos de injeção de corrente (i) e dois sensíveis a voltagem (V). O primeiro eletrodo (I) foi colocado à um centímetro da borda superior da patela, identificada por palpação, na linha medial, e o segundo (II) à dois centímetros de distância do centro do primeiro eletrodo. Já o terceiro (III) eletrodo foi alocado à 10 cm de distância, entre a sua borda externa e a borda do eletrodo (II), e o quarto (IV) eletrodo foi posicionado à dois centímetros de distância do centro do eletrodo (III) (NESCOLARDE et al., 2023). Na tentativa de reduzir possíveis erros para avaliação da reprodutibilidade da L-BIA, as bordas dos eletrodos foram demarcadas com um marcador permanente. A partir das avaliações de BIA de corpo inteiro e de L-BIA foram registrados os valores de R, Xc, Z e AnF.

Após completarem as medidas, as participantes do grupo treinamento (GT) realizaram uma sessão de TR em oito exercícios, supervisionados por profissionais de educação física com experiência em TR, para os diferentes segmentos corporais, na seguinte ordem: supino vertical, *leg-press* horizontal, remada baixa, cadeira extensora, tríceps *pulley*, cadeira flexora, rosca direta e panturrilha sentada. Para todos os exercícios as participantes realizaram três séries de 8-12 RM, com intervalo de 1-2 min entre as séries e de 2-3 min entre os exercícios. A sessão teve uma duração de aproximadamente 60 min. Ao final da sessão de TR as participantes foram posicionadas novamente na maca, realizou-se a limpeza da pele com o álcool e na superfície seca, foram novamente alocados os eletrodos. Então, medidas de BIA de corpo inteiro e L-BIA ocorreram imediatamente após o exercício, 15 min, 30 min, 45 min e 60 min. Adicionalmente, foram realizadas também avaliações, em repouso, 48 h após a sessão de TR. As mulheres que participaram do grupo controle (GC) retornaram ao

laboratório para uma sessão controle, com o monitoramento dos parâmetros brutos de BIA de corpo inteiro e de L-BIA, em repouso, na linha de base, após 60 e 120 min.

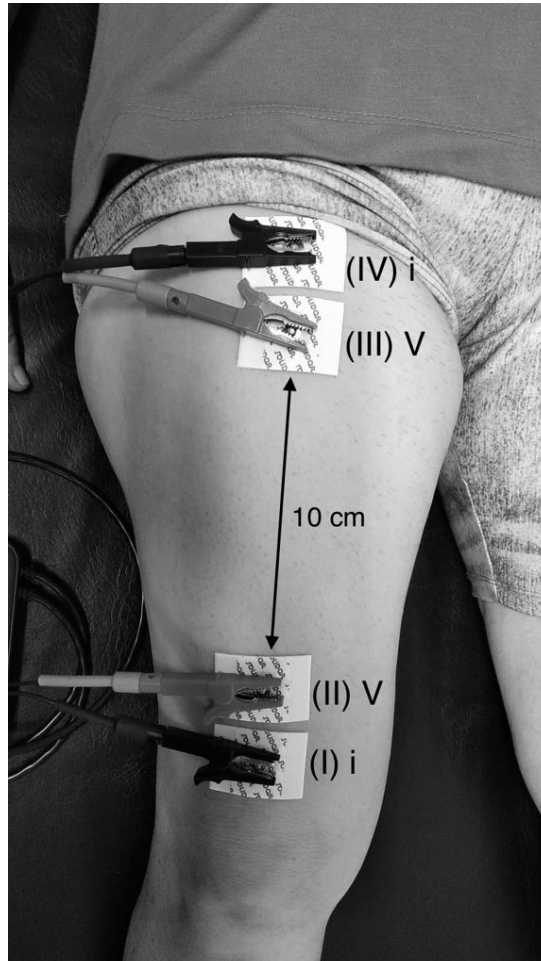


Figura 1 – Posicionamento dos eletrodos para a avaliação de impedância bioelétrica localizada.

Tratamento estatístico

A distribuição dos dados foi analisada por meio do teste de Shapiro-Wilk. O teste de Levene foi adotado para análise da homogeneidade das variâncias. O teste t de student para amostras independentes foi utilizado para as comparações das características gerais dos grupos. A esfericidade foi analisada pelo teste de Mauchly. Quando o pressuposto de esfericidade foi violado a correção de Greenhouse-Geisser foi aplicada. Análise de variância (ANOVA) para medidas repetidas foi empregada para análise do comportamento dos parâmetros de BIA de corpo inteiro e localizada ao longo do tempo. Para as comparações entre as diferentes

condições experimentais (controle vs. treino) ANOVA para medidas repetidas para dois fatores (tempo e condição) foi utilizada. O teste *post hoc* de Bonferroni foi adotado para a localização das diferenças. Para todas as análises, a significância foi estabelecida em $P < 0,05$. Os dados foram estocados e analisados usando o software Jeffreys's Amazing Statistics Program (JASP), version 0.16.4 (University of Amsterdam, Amsterdam, NL).

RESULTADOS

As características gerais da amostra são apresentadas na Tabela 1. A idade, massa corporal, estatura e o índice de massa corporal foram similares nos dois grupos ($P > 0,05$).

Tabela 1 – Características gerais das participantes do grupo controle (GC) e grupo treinamento (GT).

Variáveis	GC (n = 8)	GT (n = 34)	P
Idade (anos)	70,1 ± 5,1	68,4 ± 4,9	0,367
Massa corporal (kg)	68,7 ± 8,3	70,1 ± 12,4	0,759
Estatura (cm)	155,2 ± 7,0	155,7 ± 6,5	0,837
IMC (kg/m ²)	28,5 ± 2,6	28,8 ± 4,5	0,836

Notas. IMC = índice de massa corporal. Dados expressos em média ± desvio-padrão.

A Tabela 2 apresenta os parâmetros da BIA de corpo inteiro e L-BIA em repouso, anteriores à sessão de TR, imediatamente após a sessão, durante a recuperação nos minutos 15, 30, 45 e 60 subsequentes e, finalmente, após 48 h da sessão de TR. Reduções significantes ($P < 0,05$) nos valores de R, R/E e Z de corpo inteiro foram encontradas imediatamente após a sessão de treino (R = -3,5%; R/E = -3,4%; Z = -3,4%). Valores similares aos revelados em repouso foram identificados após 30 min do encerramento da sessão de TR ($P > 0,05$). Os valores de Xc, Xc/E e AnF de corpo inteiro não sofreram alterações significantes após a sessão de TR ($P > 0,05$). Após 48 h todos os parâmetros da BIA de corpo inteiro foram semelhantes aos valores em repouso, na linha de base, anterior a sessão de TR ($P > 0,05$).

Já para a L- BIA, os valores de RL e ZL reduziram ($P < 0,05$) imediatamente após a sessão de TR (RL = -6,6%; ZL = -6,8%) e permaneceram reduzidos mesmo após 60 min. Os parâmetros Xc e AnFL não sofreram alterações significantes após a sessão de TR ($P > 0,05$). Todos os parâmetros da L-BIA na avaliação após 48 h foram similares aos valores em repouso, na linha de base, anterior a sessão de TR ($P > 0,05$).

Tabela 2. Parâmetros da impedância bioelétrica de corpo inteiro e localizada obtidos antes e após uma sessão de treinamento resistido.

Variáveis	Pré	Pós	Pós-15min	Pós-30min	Pós-45min	Pós-60min	Pós-48h
R (Ohm)	578,6 ± 55,7	558,6 ± 55,0 ^a	564,8 ± 57,6 ^a	570,2 ± 59,4 ^{b,c}	574,0 ± 59,3 ^{b,c}	578,7 ± 61,0 ^{b,c,d,e}	578,7 ± 63,8 ^{b,c}
R/E (Ohm/m)	338,2 ± 34,9	326,6 ± 35,1 ^a	330,1 ± 35,6 ^a	333,3 ± 36,9 ^{b,c}	335,5 ± 36,6 ^{b,c}	338,3 ± 38,1 ^{b,c,d,e}	337,5 ± 39,9 ^{b,c}
Xc (Ohm)	56,3 ± 9,0	53,0 ± 9,7	53,1 ± 8,3	53,6 ± 8,9	54,0 ± 9,7	53,8 ± 10,5	57,0 ± 11,0 ^{b,c,d,e}
Xc/E (Ohm/m)	32,9 ± 5,6	30,9 ± 5,8	31,0 ± 4,8	31,3 ± 5,3	31,5 ± 5,9	31,4 ± 6,0	33,2 ± 6,5 ^{b,c,d,e}
Z (Ohm)	581,4 ± 56,4	561,4 ± 54,6 ^a	566,8 ± 58,2 ^a	572,9 ± 59,6 ^{b,c}	576,7 ± 59,5 ^{b,c}	581,1 ± 61,4 ^{b,c,d,e}	579,9 ± 63,9 ^{b,c}
AnF (°)	5,5 ± 0,7	5,4 ± 0,7	5,3 ± 0,6	5,3 ± 0,6	5,3 ± 0,7	5,3 ± 0,8	5,5 ± 0,7
RL (Ohm)	93,6 ± 21,0	87,4 ± 17,6 ^a	86,6 ± 17,6 ^a	87,0 ± 17,6 ^a	87,3 ± 17,4 ^a	87,8 ± 17,2 ^a	89,8 ± 17,8
XcL (Ohm)	3,6 ± 3,6	3,0 ± 2,6	2,9 ± 2,3	2,9 ± 2,4	2,9 ± 2,7	3,1 ± 2,2	3,5 ± 2,6
ZL (Ohm)	93,9 ± 21,1	87,5 ± 17,5 ^a	86,7 ± 17,6 ^a	87,0 ± 17,6 ^a	87,5 ± 17,3 ^a	88,0 ± 17,2 ^a	90,0 ± 17,8
AnFL (°)	2,7 ± 1,8	2,3 ± 1,7	2,2 ± 1,7	2,1 ± 1,8	2,1 ± 2,1	2,3 ± 1,9	2,6 ± 1,5

Notas. R = resistência; R/E = resistência ajustada pela estatura; Xc = reatância; Xc/E = reatância ajustada pela estatura; Z = impedância; AnF = ângulo de fase; RL = resistência localizada; XcL = reatância localizada; ZL = impedância localizada; AnFL = ângulo de fase localizado. a = diferente do pré; b = diferente do pós; c = diferente do pós-15min; d = diferente do pós-30min; e = diferente do pós-45min; f = diferente de pós-60min. Todas as diferenças significantes com $P < 0,05$.

A Figura 2 apresenta a comparação dos parâmetros de BIA de corpo inteiro entre o GC e o GT, nas condições de repouso, após 60 min e 120 min. Uma interação grupo vs. tempo foi revelada para os valores de R e Z, com um declínio significativo no GT nos momentos 60 min (imediatamente após a sessão de treinamento) em comparação com os valores do GC ($P < 0,05$). Um efeito principal do tempo foi encontrado nas comparações pré e após 60 min, com redução nos valores de R e Z somente no GT, seguida por um aumento nos valores de R e Z de 60 a 120 min ($P < 0,05$). Nenhuma alteração significativa intra ou inter-grupos foi encontrada nos valores de Xc e AnF ao longo do período de acompanhamento ($P > 0,05$).

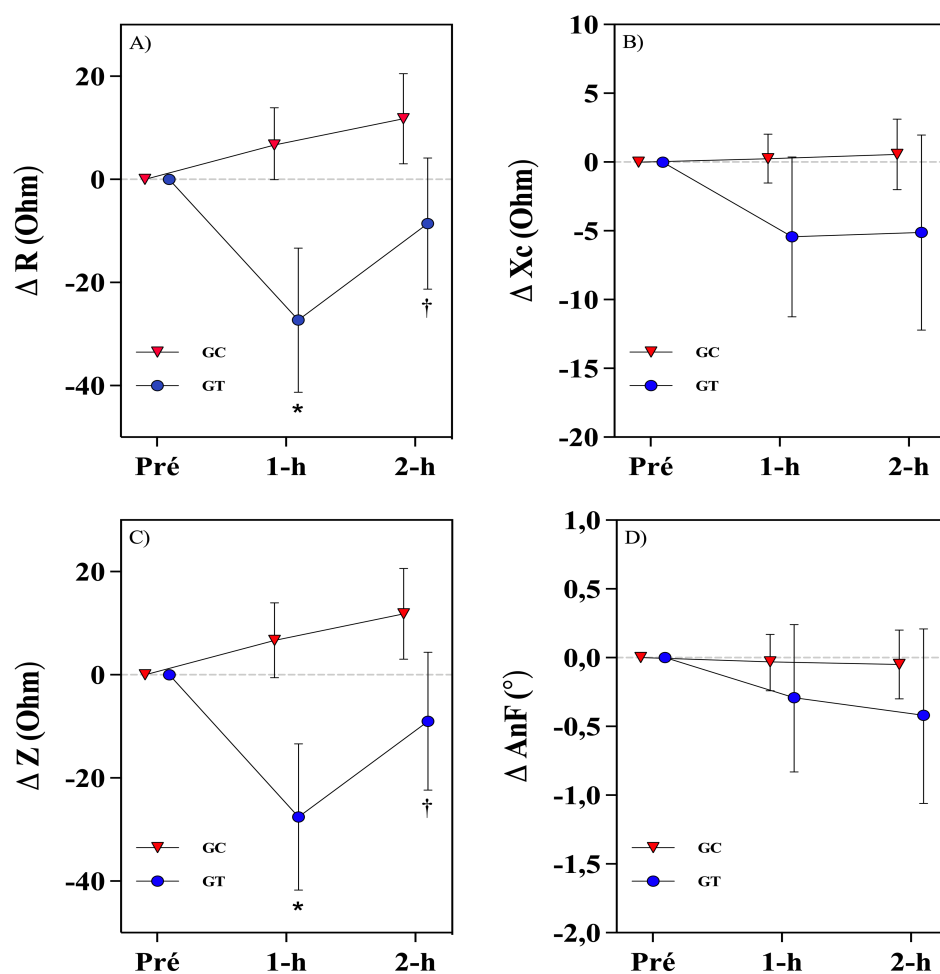


Figura 2 – Parâmetros de BIA de corpo inteiro do grupo controle (GC) e do grupo treinamento (GT) nos diferentes momentos. *Diferença em relação ao pré- do GT ($P < 0,05$). †Diferença em relação ao GT no momento 1h ($P < 0,05$). Os dados são apresentados em valores médios e intervalo de confiança de 95%. Uma interação grupo vs. tempo foi encontrada para a R (Painel A) e Z (Painel C).

Nenhuma alteração significativa foi revelada nos valores de R, Xc, Z e AnF a partir da L-BIA em ambos os grupos. Portanto, o comportamento dos dados não resultou em interação grupo vs. tempo e nem mesmo um efeito isolado do grupo ou do tempo foi identificado para essas variáveis ($P > 0,05$).

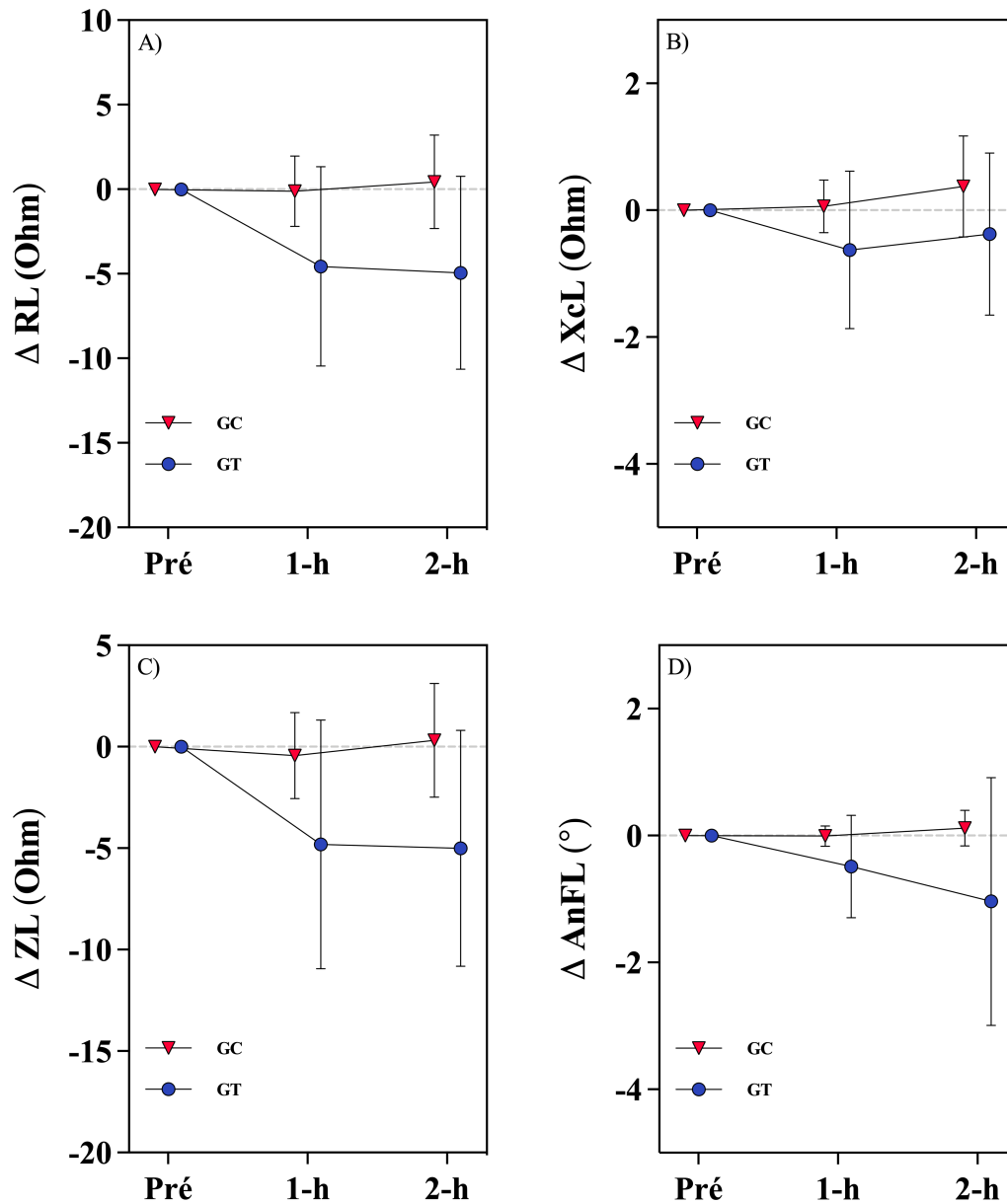


Figura 3 - Parâmetros de L-BIA do grupo controle (GC) e do grupo treinamento (GT) nos diferentes momentos. Os dados são apresentados em valores médios e intervalo de confiança de 95%

DISCUSSÃO

Os principais achados deste estudo foram que uma sessão de TR resultou em reduções nos parâmetros de R e Z, sem alterações para Xc e AnF, obtidos por meio de BIA de corpo inteiro e L-BIA, em mulheres idosas previamente treinadas. Entretanto, tais alterações retornaram as condições de linha de base após 48 h do encerramento da sessão de TR. Quando analisadas as condições treino (GT) e controle (GC), mais especificamente nos momentos de linha de base, 60 min (imediatamente após a sessão de treinamento) e 120 min (uma hora após o encerramento da sessão de treinamento), nenhuma diferença foi encontrada na comparação entre os grupos para a L-BIA, somente para BIA de corpo inteiro. De acordo com o nosso conhecimento, esta é a primeira investigação que se propôs a analisar os ajustes nos parâmetros brutos de BIA de corpo inteiro e L-BIA decorrentes de uma sessão de TR.

As reduções nos valores de R, R/E, Z, RL e ZL verificadas imediatamente após o encerramento da sessão de TR parecem estar relacionadas ao aumento nos fluidos extracelulares acarretados, provavelmente, pela redistribuição do fluxo sanguíneo, da circulação para o tecido alvo, estimulado em cada exercício do programa de treinamento. Considerando que em repouso o tecido muscular recebe um aporte de aproximadamente 20% do fluxo sanguíneo, tal demanda pode ser aumentada acentuadamente ao longo da sessão de treinamento, de acordo com a elevação da intensidade do esforço e, conseqüentemente, a fadiga residual promovida por esforços repetitivos (NICKERSON et al., 2018).

Nesse sentido, Liang e Norris (1993) reportaram redução de 3,2% nos valores de R, imediatamente após uma sessão de 30 min de exercício aeróbio. Tal alteração foi acompanhada de aumento de aproximadamente 300% no fluxo sanguíneo da coxa e de corpo inteiro, medido por doppler, quando comparado aos valores pré-exercício, com retorno aos valores de linha de base após 60 min do encerramento do protocolo experimental. Apesar das diferenças entre os modelos de exercício físico (aeróbico e resistido) e duração do protocolo experimental (30 e 60 min para aeróbico e resistido, respectivamente), a redução nos valores de R foram similares as encontradas em nosso estudo (3,5%). Infelizmente, o fluxo sanguíneo não foi controlado nesta investigação, dificultando a extrapolação dos resultados.

Ainda, Taniguchi et al. (2020) encontraram aumento no somatório da espessura dos músculos do quadríceps, medida por ultrassonografia, após a execução de séries múltiplas na cadeira extensora, quando comparadas às medidas em repouso, em homens jovens. Tais modificações foram acompanhadas por um aumento de 6,6% na AEC, sem alterações significantes da AIC. De forma similar, os valores de AEC, também, foram aumentados em

nosso estudo em uma magnitude de 2,4% (dados não apresentados). Os potenciais mecanismos envolvidos, particularmente para o aumento da AEC seriam a alteração dos fluidos das células musculares para o espaço intersticial, a hiperemia do exercício e o aumento do fluxo sanguíneo.

Tais mecanismos envolvidos no aumento da AEC parecem guardar estreita relação com nossos resultados, visto que o aumento de fluxo discutido anteriormente e a hiperemia são alterações importantes no que tange a oferta de nutrientes e oxigênio para os músculos em atividade, especialmente, nas sessões de TR (SCHOENFELD, 2021). Vale destacar que aumentos na temperatura corporal provocam reduções na impedância (GUDIVAKA; SCHOELLER; KUSHNER, 1996), possivelmente, devido ao aumento do fluxo sanguíneo para a pele afim de regular a temperatura corporal, o que pode influenciar os valores obtidos por BIA (KUSHNER; GUDIVAKA; SCHOELLER, 1996).

Embora, a temperatura corporal não tenha sido avaliada no presente estudo, existem evidências suficientes de que essa temperatura seja elevada, sobretudo, em esforços moderados ou intensos como aqueles realizados na presente investigação (LIANG; NORRIS, 1993). Logo, acreditamos que esse fenômeno possa estar associado, pelo menos em parte, as reduções observadas na Z, tanto pela BIA de corpo inteiro quanto L-BIA em nossa investigação.

Uma vez que a Xc é sensível para indicar o dano gradual da membrana celular e assim afetar o AnF (NESCOLARDE et al., 2023), é possível especularmos que a sessão de treinamento não tenha gerado danos significativos às células musculares, com base nos resultados revelados a partir da avaliação de corpo inteiro e, especificamente, no segmento da coxa. Damas et al. (2017) sugerem que o dano muscular induzido pelo exercício é atenuado com o avançar das sessões de treinamento, o que vai ao encontro dos achados observados em nosso estudo, uma vez que as mulheres estavam treinando há oito semanas consecutivas no momento das medidas.

Esta investigação possui algumas limitações que não devem ser desprezadas. As avaliações de BIA não foram obtidas conjuntamente com outros métodos considerados de referência para investigação do dano muscular, como ressonância magnética, ultrassonografia (ex: análise de intensidade do eco), biópsia muscular e biomarcadores metabólicos como a creatina quinase, aspartato aminotransferase e lactato desidrogenase. Essas medidas poderiam conferir informações mais robustas para a análise dos resultados encontrados. Além disso, a temperatura corporal durante a sessão de TR não foi monitorada, o que pode limitar, pelo

menos em parte, a análise da Z. Ainda, o número reduzido de participantes do grupo controle pode ter diminuído o poder das análises nas comparações entre os grupos, incorrendo em erro do tipo II. Tal fato pode ter limitado a observação de diferenças nas avaliações L-BIA, uma vez que foi possível verificar reduções persistentes na R e Z após a sessão de TR, que não foram confirmadas estatisticamente na comparação entre os grupos.

Por outro lado, nosso estudo apresenta pontos fortes que merecem ser destacados. Este é o primeiro estudo que se propôs a acompanhar possíveis alterações nos parâmetros de BIA de corpo inteiro e L-BIA promovidos por uma sessão de TR em mulheres idosas. As informações produzidas abrem espaço para novas investigações que possam analisar os diferentes mecanismos envolvidos nas alterações observadas. O fato das participantes serem previamente treinadas, por sua vez, atenua possíveis fatores de confusão associados a falta de experiência com esse tipo de treinamento, tais como dificuldade de ajustar a intensidade ao volume de treinamento, baixa qualidade dos movimentos e fadiga precoce, em virtude da eficiência metabólica reduzida, condições comumente encontradas nas primeiras sessões de TR, as quais poderiam resultar em respostas agudas de diferentes magnitudes pela ausência de maior adaptação ao treinamento. Além disso, o protocolo de treinamento empregado seguiu as recomendações para TR na população idosa, com exercícios para os diferentes segmentos corporais, em séries múltiplas de 8-12 RM (ACSM, 2009; FRAGALA et al., 2019), fornecendo maior validade ecológica aos nossos achados. Ainda, a sessão de TR foi supervisionada individualmente para a manutenção da qualidade dos movimentos, segurança das participantes e de uma intensidade adequada. A importância da supervisão do TR em pessoas idosas tem sido demonstrada na literatura (LACROIX et al., 2017).

CONCLUSÃO

Os resultados sugerem que os parâmetros de R e Z são modificados ao longo de uma sessão de treinamento resistido. Essas alterações permanecem por um período de tempo relativamente curto, uma vez que os valores de R e Z obtidos pela BIA de corpo inteiro retornam aos valores similares à condição em repouso 45 min após o término da sessão de treinamento. Desse modo, parece que intervalos de acompanhamento superiores a esse parecem ser desnecessários para o acompanhamento dos parâmetros brutos de BIA em mulheres idosas após uma sessão de TR. Novos estudos são necessários para desvendar os possíveis mecanismos associados as alterações observadas nesta investigação.

6.2 Artigo original 2

ADAPTAÇÕES INDUZIDAS POR 24 SEMANAS DE TREINAMENTO RESISTIDO PROGRESSIVO SOBRE OS VETORES DE IMPEDÂNCIA BIOELÉTRICA E O ÂNGULO DE FASE E SUA RELAÇÃO COM FORÇA MUSCULAR, COMPOSIÇÃO CORPORAL, APTIDÃO FUNCIONAL E BIOMARCADORES METABÓLICOS EM MULHERES IDOSAS: UM ENSAIO CLÍNICO ALEATORIZADO E CONTROLADO

RESUMO

A utilização da análise de impedância bioelétrica (BIA) e, em especial, das informações relativas ao ângulo de fase (AnF) e a análise de vetores de impedância bioelétrica (BIVA) em idosos pode ser bastante útil, sobretudo, para a análise da eficácia, eficiência e efetividade de protocolos de intervenção baseados em mudanças no estilo de vida, com destaque para a prática de exercícios físicos. Nesse sentido, este estudo examinou o efeito de 24 semanas de treinamento resistido (TR) sobre o AnF e a BIVA em mulheres idosas. Adicionalmente, as possíveis associações entre o AnF e indicadores de força muscular, composição corporal, aptidão funcional e biomarcadores metabólicos foram analisadas de acordo com as mudanças acarretadas pelo TR. Cento e três mulheres idosas (> 60 anos) fisicamente ativas foram divididas em dois grupos, a saber: grupo controle (GC, $n = 51$) e grupo treinamento (GT, $n = 52$). Medidas antropométricas (massa corporal e estatura), de composição corporal (BIA e DXA), força muscular (testes de 1-RM) e aptidão funcional (testes sentar-e-levantar da cadeira, *timed-up-go* e caminhada de 6 min), bem como exames de sangue para análise do comportamento de biomarcadores metabólicos foram obtidas na linha de base, após 12 e 24 semanas de TR. O protocolo de TR foi composto por oito exercícios (supino vertical, *leg-press* horizontal, remada baixa, cadeira extensora, tríceps *pulley*, cadeira flexora, rosca direta e panturrilha sentada). Todos os exercícios foram executados em três séries de 8-12 RM, com intervalo de 1-2 min entre as séries e de 2-3 min entre os exercícios. O TR resultou em alterações no AnF ($P < 0,001$) já com 12 semanas e essas modificações foram continuadas até ao final de 24 semanas (AnF: GC = $4,82 \pm 0,59$ vs. GT = $5,61 \pm 0,65$; TE = -2,99). Diferenças significantes nos vetores médios de impedância foram encontradas em ambos os grupos ($P < 0,001$), com deslocamento à esquerda somente no GT (GC: $T^2 = 70,6$ vs. GT: $T^2 = 275,5$). As modificações no AnF foram correlacionadas ($P < 0,001$) com a massa muscular esquelética (MME) ($r = 0,50$), força muscular ($r = 0,79$), teste de sentar-e-levantar ($r = -0,58$), agilidade ($r = -0,65$) aptidão aeróbia ($r = 0,66$), LDL-c ($r = -0,26$) e proteína C-reativa ($r = -0,33$). Os resultados sugerem que 24 semanas de TR podem acarretar melhoria do AnF e dos parâmetros brutos de BIA. Além disso, aumentos de força muscular, ganhos de MME, melhoria da aptidão funcional e do perfil metabólico foram correlacionados com aumentos no AnF.

Palavras-chave: treinamento de força, saúde celular, resistência, reatância, impedância, idosos.

ABSTRACT

The use of bioelectrical impedance analysis (BIA) and, in particular, information on phase angle (PhA) and bioelectrical impedance vector analysis (BIVA) in older adults can be very useful, especially for analyzing the efficacy, efficiency, and effectiveness of intervention protocols based on lifestyle changes, especially physical exercise. This study examined the effect of 24 weeks of resistance training (RT) on PhA and BIVA in older women. In addition, the possible associations between PhA and indicators of muscular strength, body composition, functional fitness, and metabolic biomarkers were analyzed according to the changes brought about by RT. One hundred and three physically active women (> 60 years) were divided into two groups: the control group (CG, $n = 51$) and the training group (TG, $n = 52$). Anthropometric measurements (body mass and height), body composition (BIA and DXA), muscular strength (1-RM tests), and functional fitness (sit-and-stand, timed-up-go, and 6-min walk tests), as well as blood tests to analyze the behavior of metabolic biomarkers, were obtained at baseline, after 12 and 24 weeks of RT. The RT protocol consisted of eight exercises (chest press, horizontal leg press, seated row, knee extension, triceps pushdown, leg curl, preacher curl, and seated calf raise). All the exercises were performed in three sets of 8-12 RM, with a 1-2 min rest between sets and 2-3 min between exercises. TR resulted in changes in PhA ($P < 0.001$) as early as 12 weeks, and these changes continued until the end of 24 weeks (PhA: CG = 4.82 ± 0.59 vs. TG = 5.61 ± 0.65 ; ES = -2.99). Significant differences in the mean impedance vectors were found in both groups ($P < 0.001$), with a shift to the left only in the TG (CG: $T^2 = 70.6$ vs. TG: $T^2 = 275.5$). Changes in PhA were correlated ($P < 0.001$) with skeletal muscle mass (SMM) ($r = 0.50$), muscular strength ($r = 0.79$), sit-and-stand test ($r = -0.58$), agility ($r = -0.65$) aerobic fitness ($r = 0.66$), LDL-c ($r = -0.26$) and C-reactive protein ($r = -0.33$). The results suggest that 24 weeks of RT can improve PhA and raw BIA parameters. In addition, increases in muscular strength, gains in SMM, improved functional fitness, and metabolic profile were correlated with increases in PhA.

Key-words: strength training, cellular health, resistance, reactance, impedance, older adults.

INTRODUÇÃO

A análise da impedância bioelétrica (BIA), historicamente, tem sido utilizada para avaliação da composição corporal por se tratar de um método eficaz, seguro, de baixo custo operacional e que permite rapidamente a obtenção de importantes informações, com a mínima participação dos avaliados (NORMAN et al., 2012; LUKASKI, 2013). Por este método, a avaliação da composição corporal é estimada por meio de equações preditivas específicas ou generalizadas a partir de uma análise bicompartimental que permite a estimativa da massa corporal magra mediante a combinação de um conjunto de variáveis, tais como idade, estatura, medidas antropométricas, resistência (R), reatância (Xc) (NORMAN et al., 2012). Já o segundo compartimento, ou seja, a massa gorda é determinada pela diferença entre os valores da massa corporal total e massa corporal magra. Entretanto, a escolha da equação a ser utilizada deve ser pautada em diversos fatores como idade, sexo, raça, nível de aptidão física, em virtude de erros inerentes a aplicação de cada modelo matemático ou, ainda, a pressupostos teóricos que devem ser aceitos neste tipo de análise, como a hidratação constante dos tecidos.

Nesse sentido, a análise de vetores de bioimpedância (BIVA) tem sido adotada recentemente em diversos estudos, na tentativa de auxiliar a interpretação dos dados obtidos por meio de BIA, uma vez que permite a análise de mudanças nos fluidos e na massa celular corporal, a partir dos parâmetros de R e Xc plotados em um gráfico R-Xc, considerando o comprimento do vetor e o ângulo de fase (AnF) (TOSELLI et al., 2020). Atualmente, uma atenção especial tem sido dedicada, principalmente, a análise do AnF, uma variável determinada pela transformação angular geométrica da razão entre Xc e R (SARDINHA; ROSA, 2023). Tal interesse se justifica pela valiosa aplicação das informações produzidas pelos valores do AnF para a promoção da saúde, diagnóstico de lesões, prevenção e tratamento de doenças, tais como câncer, insuficiência renal crônica, sarcopenia, obesidade, entre outras (BELLIDO et al., 2023). Considerando que muitas dessas condições clínicas possuem estreita relação com as modificações associadas ao envelhecimento, a utilização da BIA e, em especial, das informações relativas ao AnF e BIVA em idosos pode ser bastante útil, sobretudo, para a análise da eficácia, eficiência e efetividade de protocolos de intervenção baseados em mudanças no estilo de vida, com destaque para a prática de exercícios físicos.

Desse modo, uma extensa literatura tem revelado a importância da prática de exercícios físicos para a população idosa, na perspectiva de reversão ou atenuação de efeitos

deletérios associados ao envelhecimento, principalmente, a prática de exercícios de fortalecimento muscular denominados de exercícios resistidos. Os principais benefícios associados a prática do treinamento resistido (TR) em idosos são o aumento da massa muscular e da força, redução da gordura visceral e intramuscular, melhoria do perfil fisiológico e metabólico e da aptidão funcional (PHILLIPS; WINETT, 2010), respostas adaptativas que influenciam positivamente as condições clínicas, a qualidade de vida e a autonomia (FRAGALA et al., 2019).

Estudos recentes envolvendo a prática de TR têm indicado que muitos dos benefícios promovidos por este tipo de exercício físico na população idosa parecem estar associados às modificações encontradas tanto no AnF quanto na BIVA (FUKUDA et al., 2016; CAMPA; SILVA; TOSELLI, 2018; TOSELLI et al., 2020; OSCO et al., 2021), tendo em vista que esse tipo de treinamento modula características celulares, desencadeando alterações estruturais e funcionais que provocam mudanças na R e na Xc e, conseqüentemente, influenciam os valores do AnF (SARDINHA; ROSA, 2023).

Vale destacar que maiores valores de AnF refletem uma melhor integridade das membranas, maior tamanho e massa celular e melhor distribuição de fluidos, com aumento da razão de distribuição entre água intracelular (AIC) e água extracelular (AEC) (GENTON et al., 2017; GONZALEZ et al., 2016; NORMAN et al., 2012), enquanto menores valores sugerem perda de integridade das membranas e função celular reduzida, estando relacionadas ao prognóstico de doenças, declínio de força e aptidão funcional, redução da massa muscular e qualidade muscular (NORMAN et al., 2012; WILHELM-LEE et al., 2014). Além disso, na população idosa, baixos valores de AnF estão associados à quatro vezes mais chances de desenvolvimento de fragilidade, sobretudo, em mulheres, além do aumento de 2,4 vezes no risco de mortalidade precoce (WILHELM-LEE et al., 2014).

Com base na literatura disponível até o presente momento sobre o comportamento do AnF no TR em mulheres idosas, observa-se que as investigações conduzidas sobre essa temática não têm sido direcionadas a análise do comportamento dos vetores, em conjunto com as informações obtidas sobre o AnF. Além disso, estudos que verificaram a eficácia do TR sobre os parâmetros R, Xc e AnF em idosas têm adotado períodos relativamente curtos de intervenção (≤ 12 semanas), sem a apresentação de informações relativas a BIVA (SOUZA et al., 2017; RIBEIRO et al., 2017; TOMELERI et al., 2018; CUNHA et al., 2018). As poucas investigações que apresentam informações sobre a BIVA, via de regra, possuem importantes limitações metodológicas, tais como: curtos períodos de intervenção, ausência de grupo

controle e de informações relativas ao consumo alimentar ou, até mesmo, desconsideraram a análise de biomarcadores metabólicos importantes para a análise do estado clínico dos participantes (FUKUDA et al., 2016; CAMPA; SILVA; TOSELLI, 2018; TOSELLI et al., 2020; DOS SANTOS et al., 2020; OSCO et al., 2021).

Nesse sentido, este estudo examinou o efeito de 24 semanas de TR sobre o AnF e a BIVA em mulheres idosas. Adicionalmente, as possíveis associações entre o AnF e indicadores de força muscular, composição corporal, aptidão funcional e biomarcadores metabólicos foram analisadas de acordo com as mudanças acarretadas pelo TR. As principais hipóteses seriam que a prática do TR provocaria redução nos valores de R, com concomitante aumento nos valores de Xc e ângulo de fase, desencadeando alterações na BIVA, com deslocamento do vetor médio para a esquerda. Além disso, as mudanças no AnF seriam acompanhadas pelo aumento da massa muscular corporal e força, e melhoria da aptidão funcional e do comportamento de biomarcadores metabólicos.

MÉTODOS

Delineamento do Estudo

Um ensaio clínico aleatorizado controlado foi conduzido durante 24 semanas com mulheres idosas sendo submetidas a programas de TR progressivo supervisionado ou acompanhadas sem nenhuma intervenção. Esta investigação é parte do “*Active Aging Longitudinal Study*”, um projeto iniciado em 2012 e que tem como principal propósito analisar a eficácia e a eficiência de programas de TR sobre adaptações morfológicas, neuromusculares, fisiológicas, metabólicas, cognitivas e comportamentais, em mulheres idosas. O estudo foi realizado do período de fevereiro a novembro de 2022.

Após serem selecionadas para participar desta investigação, com base em um conjunto de critérios de inclusão, as participantes foram aleatorizadas em dois grupos: grupo controle (GC), que não realizou nenhum tipo de intervenção, e grupo treinamento (GT) que realizou a intervenção com TR ao longo de 24 semanas. Um pesquisador não envolvido no estudo foi responsável por gerar uma sequência de números aleatórios (random.org) para alocação nos grupos. Este ensaio clínico randomizado, teve duração total de 33 semanas, das quais as semanas 1-3, 16-18 e 31-33 foram destinadas à aplicação de testes, medidas e avaliações. A intervenção com TR ocorreu em duas etapas, ao longo das semanas 4-15 e 19-30. Em cada

uma das duas etapas um programa de TR progressivo e supervisionado, foi executado em três sessões semanais, em dias alternados.

Medidas antropométricas (massa corporal e estatura), de composição corporal (BIA e DXA), força muscular (testes de 1-RM) e aptidão funcional (testes sentar-e-levantar da cadeira, *timed-up-go* e caminhada de 6 min), bem como exames de sangue para análise do comportamento de biomarcadores metabólicos foram obtidas na linha de base, após 12 e 24 semanas de TR. Recordatórios alimentares de 24 h foram empregados para o monitoramento da ingestão nutricional nas primeiras e nas últimas duas semanas de TR, em cada etapa da intervenção.

Participantes

As participantes foram recrutadas mediante anúncios em jornais, rádio e mídias sociais (*facebook* e *instagram*). A amostra foi selecionada preliminarmente por meio de entrevista individual e anamnese clínica. Os seguintes critérios de inclusão foram adotados na presente investigação: (1) possuir idade igual ou superior a 60 anos; (2) ser do sexo feminino e fisicamente independente; (3) não possuir limitações cardiovasculares, musculoesqueléticas, articulares ou metabólicas que impedissem a prática de exercícios físicos ou a execução de testes motores; (4) não receber terapia hormonal; (5) não possuir implante médico eletrônico, como marca-passo; (6) não possuir doença renal crônica; (7) não estar envolvida com a prática de exercícios físicos por mais do que uma vez por semana, nos últimos três meses anteriores ao início do estudo. Adicionalmente, as participantes não deveriam apresentar nenhum tipo de restrição para a prática de TR atestada por médico cardiologista.

A frequência às sessões de treinamento inferior a 85% foi adotada como critério de exclusão, bem como a ausência nas avaliações. As análises foram realizadas a partir dos dados obtidos em uma amostra de 103 mulheres, que finalizaram o estudo (idade = $69,8 \pm 5,5$ anos; massa corporal = $68,3 \pm 13,7$ kg; estatura = $155,3 \pm 6,3$ cm; índice de massa corporal = $28,2 \pm 4,6$ kg/m²). O cálculo do tamanho da amostra foi estabelecido com base em um poder estatístico (probabilidade de erro de $1-\beta$) de 0,80, um tamanho de efeito a partir dos valores de F (interação grupo vs. tempo) de 0,25 para o ângulo de fase, e um nível geral de α de 0,05. O cálculo a priori indicou um tamanho amostral mínimo de grupo de 24 indivíduos por grupo experimental. Após serem esclarecidas sobre a proposta do estudo e procedimentos aos quais seriam submetidas as participantes assinaram um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. Este estudo faz

parte de um projeto de pesquisa mais amplo aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da Universidade Estadual de Londrina – UEL/Londrina - PR (9544.2019.84).

Antropometria

A massa corporal foi mensurada em uma balança de leitura digital (Balmak, modelo Classe III, Labstore, Curitiba, PR, Brasil), com escala de 0,1 kg e a E foi determinada por meio de um estadiômetro acoplado à mesma, com escala de 0,1 cm. A partir dessas medidas calculou-se o IMC, por meio da razão entre a massa corporal e o quadrado da estatura, sendo a massa corporal expressa em quilogramas (kg) e a estatura em metros (m).

Composição Corporal

Exames de DXA foram realizados para a determinação da massa livre de gordura e osso total (MIGO-T) e apendicular (MIGO –AP), gordura corporal absoluta e relativa, e para o cálculo da massa muscular esquelética (MME). A MME foi estimada a partir da seguinte equação (KIM et al., 2002): $MME (kg) = [(MIGO-AP * 1,18) - (idade * 0,03) - 0,14]$, sendo a idade em anos. As medidas de DXA foram obtidas por um equipamento Lunar Prodigy, modelo NRL 41990 (GE Lunar, Chicago, IL, USA), mediante escaneamento de corpo inteiro. A calibragem do equipamento seguiu as recomendações do fabricante. Tanto a calibragem quanto as análises foram realizadas por um técnico do laboratório com experiência nesse tipo de avaliação. As participantes estavam descalças e não portavam qualquer objeto metálico móvel ou outro acessório junto ao corpo. Elas permaneceram deitadas e imóveis sobre a mesa do equipamento, até a finalização da medida, em decúbito dorsal, com pés unidos e braços levemente afastados do tronco, à lateral do corpo. As informações foram tratadas em um software específico que permitiu que os membros fossem demarcados e separados do tronco e da cabeça por linhas-padrão geradas pelo próprio equipamento. As linhas foram ajustadas por um técnico em radiologia, considerando pontos anatômicos específicos, determinados pelo fabricante. O erro típico da medida (ETM) e o coeficiente de correlação intraclasse (CCI) foi determinado para MIGO-T (ETM = 0,38 kg e CCI = 0,996), MIGO-AP (ETM = 0,19 kg e CCI = 0,995), MME (ETM = 0,24 kg e CCI = 0,995), gordura corporal absoluta (ETM = 0,10 kg e CCI = 0,999), e relativa (ETM = 0,25% e CCI = 0,999).

Ângulo de fase e análise de vetores de bioimpedância

Os dados brutos de R, Xc, Z e AnF foram obtidos por meio de um analisador BIA AnalyzerTM, fase-sensitivo, com frequência de 50 kHz (*The Nutritional Solutions Corporation*, Harrisville, MI, USA). A ACT e suas frações AIC e AEC foram estimadas por equações preditivas (SUN et al., 2003). Para tentar assegurar um estado de hidratação adequado cada participante foi questionada sobre a coloração da urina matinal por meio da utilização de uma escala numerada, com as cores urina variando de amarelo muito claro (número 1) até verde acastanhado (número 8) (Urine Color Chart®). Para ser considerada eu hidratada, a cor da urina matinal deveria estar entre 1 e 4 (ARMSTRONG et al., 2010). Todas as participantes foram medidas no período da manhã, em decúbito dorsal, em uma maca isolada de condutores elétricos, com os braços separados do tronco as pernas abduzidas. Após a limpeza da pele com álcool e a secagem da superfície, quatro eletrodos descartáveis, tamanho 44 x 32 mm, para eletrocardiograma em gel (Ag/AgCl) (modelo MSGST-06, Solidor) foram posicionados na mão e no pé direito, sendo um eletrodo colocado entre os processos estilóides da ulna e do carpo e outro à 5 cm distal (região do terceiro metacarpo), um na linha média entre os maléolos medial e lateral, e outro a 5 cm distal a ele (região do terceiro metatarso) (KYLE et al., 2004).

Na tentativa de minimizar possíveis erros de estimativa, as participantes foram orientadas a urinar cerca de 30 min antes da realização das medidas, não portar nenhum objeto de metal, abster-se da ingestão de alimentos ou bebidas nas últimas quatro horas anteriores às avaliações crônicas e abster-se da ingestão de alimentos ou bebidas nas duas horas anteriores às avaliações realizadas no experimento agudo. As participantes também foram orientadas a evitar a prática de exercícios físicos por pelo menos oito horas e abster-se do consumo de álcool e bebidas cafeinadas por 48 h (KYLE et al. 2004). Ainda, todas permaneceram deitadas por cinco minutos antes da realização das medidas, afim de que houvesse a homogeneidade de distribuição dos fluidos corporais. Para a BIVA, as elipses de confiança foram construídas em software específico (BIVA software 2002, BIVAconfidence file, Padova, Itália). Valores para BIVA clássica foram obtidos através da razão de R pela estatura ($R/E = R/[estatura*1,1]$) e da razão da Xc pela estatura ($Xc/E = Xc/[estatura*1,1]$). O ETM e o CCI foi determinado para R (ETM = 17,86 ohm e CCI = 0,903), Xc (ETM = 2,20 ohm e CCI = 0,871), AnF (ETM = 0,13° e CCI = 0,939), ACT (ETM = 0,71 L e CCI = 0,967), AEC (ETM = 0,42 L e CCI = 0,937) e AIC (ETM = 0,48 L e CCI = 0,965).

Aptidão Funcional

Para avaliação da aptidão funcional os testes conduzidos foram: sentar e levantar da cadeira (SeL), *timed-up-go* (TUG) e teste de caminhada de 6-min. Para o teste de SeL utilizou-se uma cadeira com encosto reto, apoiado na parede. As participantes iniciaram o teste sentadas na cadeira, com as costas alinhadas, pés totalmente em contato com o solo, braços cruzados sobre o tórax com o dedo médio tocando o acrômio. Ao sinal do avaliador, cada participante foi orientada a se levantar, até ficar completamente na posição ereta, e retornar à posição inicial, repetindo esse movimento o máximo de vezes durante um período de 30 s. A quantidade total de movimentos completos foi registrada (RIKLI; JONES, 1999). Além disso, o tempo para realizar cinco repetições completas também foi registrado. Para o TUG, as participantes, também, foram posicionadas inicialmente sentadas em uma cadeira, sem apoio dos braços. O teste consistiu em levantar-se de uma cadeira, sem a ajuda dos braços, e caminhar, em ritmo confortável e seguro, uma distância de três metros até um cone, contorná-lo e fazer o trajeto inverso até a posição inicial (PODSIADLO; RICHARDSON, 1991). Por fim, o teste de caminhada de 6-min foi realizado em uma quadra poliesportiva. As participantes foram orientadas a caminhar em um ritmo confortável por um corredor de 20 m, demarcado por dois cones, sendo que cada volta completa (ida e volta) no percurso era registrada pelo avaliador. Ao final do tempo estabelecido para o teste, a distância total percorrida foi registrada (ATS, 2002).

Força muscular

A força muscular foi avaliada mediante testes de uma repetição máxima (1-RM) nos exercícios supino vertical, cadeira extensora e rosca direta, respectivamente. As participantes foram instruídas previamente sobre todos os procedimentos e técnicas a serem exigidas em cada exercício. Em cada momento de avaliação (semanas 1-3, 16-18 e 31-33) três sessões de testes foram realizadas sempre no período da manhã, com intervalo de 48-72 h entre cada sessão (AMARANTE DO NASCIMENTO et al., 2013). Em cada sessão de testagem, as participantes realizaram um aquecimento específico antes de cada exercício, que consistiu da execução de 10 a 15 repetições com aproximadamente 50% do total da carga a ser utilizada na primeira tentativa. As cargas utilizadas em cada exercício, na primeira tentativa da primeira sessão de testes, foi selecionada com base na experiência dos avaliadores e na percepção da dificuldade que as participantes tiveram para executar o aquecimento. A primeira tentativa em cada exercício ocorreu após dois minutos de encerramento do aquecimento. O intervalo de

recuperação entre as tentativas foi de três a cinco minutos, enquanto o intervalo de transição entre os exercícios foi de cinco minutos. As participantes foram orientadas e encorajadas verbalmente a realizarem duas repetições em cada uma das tentativas. O aumento da carga para a próxima tentativa ocorreu quando a participante executou adequadamente uma ou duas repetições. Por outro lado, nas situações onde sequer uma repetição foi realizada a carga foi reduzida para a próxima tentativa. O aumento ou a redução das cargas empregadas em cada tentativa ocorreu na ordem de 3-10%, de acordo com o grau de facilidade ou dificuldade observada para cada participante. A maior carga mobilizada em cada exercício, em uma única ação muscular voluntária máxima foi adotada como 1-RM. Em cada exercício, dois avaliadores com experiência na aplicação de testes de 1-RM conduziram as testagens, nos diferentes momentos do estudo. A forma e a técnica de execução de cada exercício foram padronizadas e continuamente monitoradas, na tentativa de se garantir a segurança e qualidade de execução. A somatória das cargas máximas levantadas nos três exercícios (1-RM) foi adotada com um indicador de força geral. Os coeficientes de reprodutibilidade para essas medidas foram: ETM = 0,46 kg e CCI = 0,97 para o supino vertical; ETM = 1,67 kg e CCI = 0,91 para a cadeira extensora; e ETM = 0,93 kg e CCI = 0,93 para a rosca *scott*.

Biomarcadores metabólicos

Coletas de sangue venoso (14 mL) foram realizadas na porção antecubital, no período matutino, após jejum de 12 h, por um experiente técnico de laboratório, em sala adaptada para este fim, para a determinação dos seguintes biomarcadores: glicose, HDL-c, LDL-c, VLDL-c, triglicerídeos (TG), colesterol total (CT) e proteína C-reativa ultrassensível (PCR). As dosagens foram realizadas no Laboratório de Bioquímica Clínica, no Hospital Universitário, da Universidade Estadual de Londrina. Para a coleta de sangue, as participantes permaneceram sentadas em uma cadeira, com o antebraço apoiado sobre um suporte, localizado aproximadamente na altura dos ombros. Após o braço ser garroteado no ponto médio do úmero foi realizada a assepsia com algodão embebido em álcool 70%. A punção foi realizada com agulha descartável de 25 X 8 mm no referido local. O sangue venoso foi aspirado em quatro tubos de coleta a vácuo (dois tubos com gel separador, um tubo com de sódio e EDTA e um tubo com EDTA com anticoagulantes e conservantes). As agulhas foram descartadas, seguindo o disposto nos procedimentos operacionais padrão do laboratório clínico, assim como todos os outros materiais descartáveis contaminados, tanto no procedimento de coleta, quanto nas análises sanguíneas. As amostras foram centrifugadas por

10 min a 3.000 rpm para separação do soro e/ou plasma. Imediatamente após a coleta, foram determinadas as concentrações de triglicerídeos, colesterol total e sua fração HDL-c, proteína PCR e glicose em um auto-analisador bioquímico Dimension RxL Max (Siemens Healthcare Diagnostics, Malvern, PA, USA) de acordo com métodos consagrados na literatura especializada, seguindo os protocolos recomendados pelos fabricantes, utilizando-se kits Siemens. Para a determinação de LDL-c foi utilizada a seguinte equação (FRIEDEWALD et al., 1972): $LDL-c = CT - (VLDL-c + HDL-c)$, sendo $VLDL-c = TG/5$.

Ingestão nutricional

O consumo alimentar foi avaliado por meio de recordatório de 24 h. As entrevistas foram realizadas em três dias, considerando a ingestão alimentar em dois dias não consecutivos durante a semana e um dia do final de semana. Para auxiliar as entrevistas foi utilizado um registro fotográfico padronizado (MONEGO et al., 2013) contendo fotos com imagens dos alimentos e porções. Os alimentos consumidos foram registrados na ordem relatada pela participante, de acordo com o tipo, quantidade consumida e forma de preparação. As quantidades dos alimentos consumidos em medidas caseiras foram convertidas em gramas ou mililitros e analisados por meio do software Virtual Nutri®. Para a análise da ingestão de macronutrientes (proteínas, carboidratos e lipídios) foi utilizada a Ingestão Dietética de Referência (DRI) do *Institute of Medicine/Food and Nutrition Board* (TRUMBO et al., 2002). Todas participantes foram orientadas a manter seus hábitos alimentares durante todo o período do estudo.

Treinamento resistido

As participantes foram submetidas, em cada uma das duas etapas deste estudo, a um programa de TR com duração total de 12 semanas, em uma frequência de três sessões semanais, em dias alternados (segundas, quartas e sextas-feiras), no período da manhã. Todas as participantes foram supervisionadas individualmente por profissionais de Educação Física com experiência em TR, na tentativa de manter a qualidade de execução dos exercícios e garantir a segurança das participantes.

Para ambas as etapas o programa de TR foi executado em máquinas e pesos livres e incluiu oito exercícios para os diferentes segmentos corporais (braços, pernas e tronco). Os exercícios foram: supino vertical, *leg-press* horizontal, remada baixa, cadeira extensora, tríceps no *pulley*, cadeira flexora, rosca direta e panturrilha sentada. Durante a primeira etapa todas as participantes alocadas no GT realizaram três séries de 10-15 repetições máximas

(RM) com intensidade de 50-60% de 1-RM em cada exercício, de acordo com o sistema de treinamento tradicional. Na segunda etapa (semanas de 19-30), as participantes executaram três séries de 8-12 RM com intensidade de 60-70% de 1-RM (ACSM, 2009). Elas foram instruídas a inspirarem durante a fase excêntrica e expirarem durante a fase concêntrica do exercício, mantendo a velocidade de movimentos na razão de 1:2 (ação muscular concêntrica e excêntrica, respectivamente). O intervalo de descanso entre as séries foi de um a dois minutos, ao passo que o intervalo entre os exercícios foi de dois a três minutos.

As cargas foram ajustadas individualmente, em cada exercício, durante todo o período de treinamento quando as participantes completaram o limite superior de repetições em duas sessões consecutivas. A carga foi aumentada de 2-5% para os exercícios para os membros superiores e 5-10% para os exercícios para os membros inferiores para a próxima sessão, seguindo os procedimentos propostos pelo Colégio Americano de Medicina do Esporte (2009), na tentativa de proporcionar um aumento progressivo da sobrecarga, mantendo a intensidade relativa durante todo o período do experimento. Todas as participantes foram orientadas a não participarem de nenhum outro tipo de programa de treinamento durante o período do estudo, de modo que o impacto do TR pudesse ser avaliado de forma isolada.

Tratamento estatístico

Inicialmente, o teste de Shapiro-Wilk foi utilizado para a análise da distribuição dos dados. A homogeneidade das variâncias foi verificada a partir do teste de Levene. Para a comparação dos hábitos nutricionais, adotou-se a análise de variância (ANOVA) de medidas repetidas com dois fatores fixos (tempo e grupo) e interação (tempo x grupo). Para a comparação dos efeitos do grupo (GC vs. GT) nas variáveis dependentes, foi utilizada a análise de covariância (ANCOVA) com os valores pré incluídos como covariável na comparação “pré vs. pós 12 semanas” e “pré vs. 24 semanas” e valores de 12 semanas incluídos como covariável na comparação “12 semanas vs. 24 semanas”. As variáveis dependentes foram incluídas no modelo estatístico em valores de delta absoluto. A interpretação dos dados foi baseada no intervalo de confiança de 95% (IC 95%) do delta absoluto entre grupos (isto é, houve uma diferença significativa quando os limites inferior e superior do IC 95% não continham o zero). Os resultados são apresentados intra e entre grupos, em diferença média e seus respectivos IC 95%. O tamanho de efeito (TE) foi calculado como a diferença média do GC menos a diferença média do GT dividido pelo desvio padrão agrupado das diferenças médias (COHEN, 1988). Sua classificação foi caracterizada com valores de 0,20-0,49 sendo considerados de

pequeno efeito, 0,50-0,79 de efeito moderado e $\geq 0,80$ de grande efeito. Em adição, foi calculado o coeficiente de Pearson (r) entre as mudanças absolutas do pré para pós 24 semanas no AnF e nas variáveis MME, CT, TG, LDL-c, PCR-us, SeL, TUG e caminhada de 6-min. Para todas as análises, a significância foi estabelecida em $P < 0,05$. Os vetores de impedância média dos grupos estabelecidos para as elipses foram comparados por meio do teste T^2 de Hotelling's, em software específico da BIVA. Os dados foram estocados e analisados usando o software Jeffreys's Amazing Statistics Program (JASP), version 0.16.4 (University of Amsterdam, Amsterdam, NL).

RESULTADOS

Mortalidade experimental e aderência: A Figura 1 apresenta o fluxograma do estudo. Durante a primeira etapa (12 primeiras semanas) aproximadamente 12% das mulheres do GC abandonaram o experimento e no GT aproximadamente 9%. Já durante a segunda etapa (12 últimas semanas) aproximadamente 10% das mulheres do GC e 11% do GT deixaram o experimento. Portanto, dados de 103 participantes foram considerados para a análise (GC = 51 e GT = 52). A frequência média do GT as sessões de TR nas primeiras 12 semanas foi na ordem de 89%, ao passo que nas últimas 12 semanas foi de 91%.

Características gerais da amostra: Informações relativas à idade, massa corporal, estatura, IMC, prevalência de doenças e uso de fármacos, na linha de base, são apresentadas na Tabela 1. Nenhum diferença estatisticamente significativa foi encontrada na comparação entre os grupos para as variáveis analisadas. As doenças de maior prevalência em ambos os grupos foram hipertensão, dislipidemia e diabetes, sendo que 56,3% das participantes faziam uso contínuo de dois ou mais medicamentos.

Ingestão dietética: Na Tabela 2 são encontradas as informações nutricionais dos grupos nos diferentes momentos do estudo, com base na ingestão dietética ajustada pela massa corporal. Nenhuma interação grupo vs. tempo foi identificada para o consumo de energia e de macronutrientes ($P > 0,05$), indicando que o comportamento se manteve relativamente similar ao longo do tempo, tanto intra quanto intergrupos.

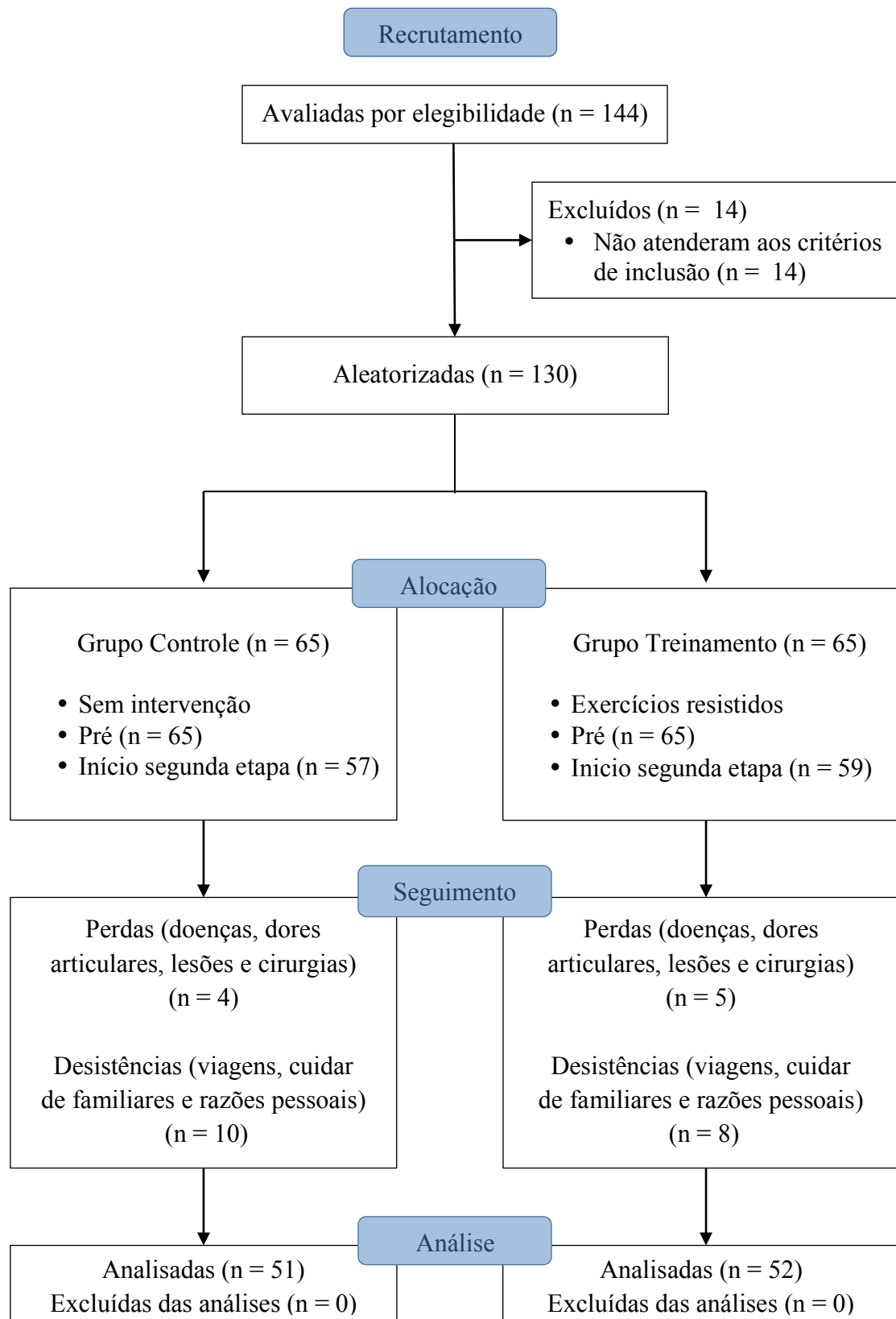


Figura 1 – Fluxograma do estudo.

Tabela 1. Características gerais das participantes no pré-treinamento.

Variáveis	GC (n = 51)	GT (n = 52)	P
Idade (anos)	68,3 ± 4,9	70,0 ± 6,1	0,12
Massa corporal (kg)	67,1 ± 14,9	68,2 ± 12,6	0,66
Estatura (cm)	155,0 ± 6,4	155,0 ± 6,2	0,88
IMC (kg/m ²)	27,7 ± 4,9	28,2 ± 4,5	0,58
Doenças, n (%)			
Hipertensão	28 (54,9)	25 (48,1)	0,49
Dislipidemia	18 (35,3)	19 (36,5)	0,90
Diabetes	9 (17,6)	8 (15,4)	0,76
Outras	22 (43,1)	22 (42,3)	0,93
Medicações, n (%)			
1 medicamento	12 (23,5)	10 (19,2)	0,59
2 medicamentos	11 (21,6)	7 (13,5)	0,28
3 medicamentos	12 (23,5)	9 (17,3)	0,43
≥ 4 medicamentos	7 (13,7)	12 (23,1)	0,22

Nota. GC = grupo controle; GT = grupo treinamento. Os dados são apresentados em média ± desvio-padrão ou frequência relativa (n) e absoluta (%).

Tabela 2. Ingestão energética e de macronutrientes relativa a massa corporal por dia dos grupos controle (GC) e treinamento resistido (GT), nas diferentes semanas da intervenção.

Variáveis	GC (n = 51)	GT (n = 52)	ANOVA	
			Efeitos	P
Energia (g/kg/d)				
Semanas 1-2	25,3 ± 5,5	24,4 ± 7,1	Grupo	0,14
Semanas 13-14	25,6 ± 5,1	23,1 ± 6,2	Tempo	0,38
Semanas 23-24	25,6 ± 5,8	23,7 ± 5,9	Interação	0,08
Carboidratos (g/kg/d)				
Semanas 1-2	3,42 ± 0,84	3,47 ± 1,22	Grupo	0,47
Semanas 13-14	3,51 ± 0,79	3,26 ± 1,19	Tempo	0,66
Semanas 23-24	3,52 ± 0,92	3,28 ± 1,08	Interação	0,13
Proteínas (g/kg/d)				
Semanas 1-2	1,01 ± 0,23	0,99 ± 0,30	Grupo	0,89
Semanas 13-14	1,02 ± 0,22	1,01 ± 0,30	Tempo	0,65
Semanas 23-24	1,02 ± 0,23	1,02 ± 0,35	Interação	0,77
Gorduras (g/kg/d)				
Semanas 1-2	0,83 ± 0,23	0,72 ± 0,28	Grupo	0,01
Semanas 13-14	0,82 ± 0,28	0,66 ± 0,20	Tempo	0,23
Semanas 23-24	0,82 ± 0,22	0,71 ± 0,21	Interação	0,43

Nota. Os dados são apresentados em média e desvio-padrão.

Análise de impedância bioelétrica: Informações obtidas a partir do método de BIA, nos diferentes momentos do estudo, são apresentadas na Tabela 3. Diferenças estatisticamente significantes entre os grupos ($P < 0,001$) foram reveladas na comparações entre os valores de linha de base e após 24 semanas de intervenção para R (GC = +2,8% vs. GT = -1,4%; TE moderado), Xc (GC = -9,9% vs. GT = +8,8%; TE grande), Z (GC = +2,6% vs. GT = -1,3%; TE moderado), AnF (GC = -12,5% vs. GT = +10,9%; TE grande), R/E (GC = +2,9% vs. GT = -1,4%; TE moderado) e Xc/E (GC = -9,8% vs. GT = +8,8%; TE grande). Somente para as variáveis Xc, Xc/E e AnF, as diferenças entre os grupos foram identificadas já nas primeiras 12 semanas, com progressão nas 12 últimas semanas de intervenção. A Figura 2 ilustra o comportamento dos vetores médios dos grupos GC e GT nos diferentes momentos do estudo. O teste T^2 de Hotelling para duas amostras mostrou que na linha de base os vetores médios eram diferentes na comparação entre os grupos ($T^2 = 13,3$; $F = 6,6$; $P = 0,002$; Mahalanobis $D = 0,72$). Entretanto, após 12 semanas tais diferenças deixaram de existir ($T^2 = 0,4$; $F = 0,2$; $P = 0,823$; Mahalanobis $D = 0,12$) (Figura 2). Finalmente, após 24 semanas de intervenção os grupos voltaram a ser diferentes, com o GC apresentando um vetor médio mais alongado e com deslocamento à direita, enquanto o vetor médio do GT deslocou-se para a esquerda ($T^2 = 42,8$; $F = 21,2$; $P < 0,001$; Mahalanobis $D = 1,29$). A Figura 3 apresenta o comportamento dos vetores médios da diferença entre a linha de base e após 24 semanas. O teste T^2 de Hotelling para amostra pareada indicou diferenças significantes nos vetores médios tanto do GC como do GT (GC: $T^2 = 70,6$; $F = 34,6$; $P < 0,001$; Mahalanobis $D = 1,17$ vs. GT: $T^2 = 275,5$; $F = 135,0$; $P < 0,001$; Mahalanobis $D = 2,32$).

Tabela 3. Parâmetros de impedância bioelétrica dos grupos controle (GC) e treinamento resistido (GT) nos momentos pré, após 12 e 24 semanas.

Variáveis	GC (n = 51)	GT (n = 52)	TE	P
Resistência (ohm)				
Pré	570,44 ± 69,52	563,06 ± 63,73		
12	563,30 ± 57,60	557,17 ± 59,54		
24	586,15 ± 62,68	555,08 ± 64,70		
Δ Pré para 12	-6,15 (-19,19;6,89)	-6,86 (-19,78;6,05)	0,01	0,930
Δ Pré para 24	16,86 (2,71;31,01)	-9,11 (-23,13;4,90)	0,58	0,040
Δ 12 para 24	23,43 (11,47;35,39)	-2,66 (-14,50;9,18)	0,69	< 0,001
Reatância (ohm)				
Pré	54,82 ± 7,56	49,95 ± 8,48		
12	51,20 ± 8,30	51,04 ± 7,86		
24	49,37 ± 7,28	54,35 ± 8,85		
Δ Pré para 12	-3,20 (-4,70;-1,70)	0,68 (-0,80;2,16)	-0,84	< 0,001
Δ Pré para 24	-4,86 (-6,60;-3,12)	3,83 (2,10;5,55)	-1,62	< 0,001
Δ 12 para 24	-1,81 (-3,01;-0,62)	3,29 (2,11;4,48)	-1,36	< 0,001
R/E (ohm/m)				
Pré	334,56 ± 43,09	329,99 ± 40,75		
12	330,41 ± 40,81	326,44 ± 37,70		
24	344,20 ± 39,24	325,21 ± 40,51		
Δ Pré para 12	-3,55 (-11,31;4,21)	-4,14 (-11,83;3,54)	0,02	0,902
Δ Pré para 24	10,29 (1,84;18,74)	-5,42 (-13,79;2,94)	0,59	0,030
Δ 12 para 24	14,09 (6,98;21,21)	-1,54 (-8,59;5,49)	0,70	< 0,001
Xc/E (ohm/m)				
Pré	32,14 ± 4,59	29,26 ± 5,12		
12	30,03 ± 4,97	29,90 ± 4,78		
24	28,99 ± 4,45	31,82 ± 5,28		
Δ Pré para 12	-1,86 (-2,76;-0,97)	0,40 (-0,48;1,28)	-0,82	< 0,001
Δ Pré para 24	-2,82 (-3,85;-1,79)	2,23 (1,21;3,25)	-1,59	< 0,001
Δ 12 para 24	-1,03 (-1,72;-0,33)	1,91 (1,22;2,60)	-1,35	< 0,001

Notas. TE = tamanho do efeito; R/E = resistência ajustada pela estatura; Xc/E = reatância ajustada pela estatura. Os dados estão expressos em média ± desvio padrão e intervalos de confiança (IC95%).

Tabela 3. Parâmetros de impedância bioelétrica dos grupos controle (GC) e treinamento resistido (GT) nos momentos pré, após 12 e 24 semanas (*continuação*).

Variáveis	GC (n = 51)	GT (n = 52)	TE	P
Ângulo de fase (graus)				
Pré	5,51 ± 0,62	5,06 ± 0,58		
12	5,19 ± 0,59	5,23 ± 0,57		
24	4,82 ± 0,59	5,61 ± 0,65		
Δ Pré para 12	-0,28 (-0,38;-0,18)	0,13 (0,03;0,23)	-1,37	< 0,001
Δ Pré para 24	-0,65 (-0,78;-0,52)	0,50 (0,38;0,63)	-2,99	< 0,001
Δ 12 para 24	-0,36 (-0,44;-0,29)	0,37 (0,30;0,45)	-3,00	< 0,001
Impedância (ohm)				
Pré	573,10 ± 69,65	565,30 ± 64,04		
12	565,65 ± 67,86	559,52 ± 59,80		
24	588,25 ± 62,82	557,78 ± 64,99		
Δ Pré para 12	-6,40 (-19,50;6,69)	-6,80 (-19,77;6,17)	0,01	0,962
Δ Pré para 24	16,37 (2,17;30,57)	-8,72 (-22,79;5,33)	0,56	0,005
Δ 12 para 24	23,28 (11,19;35,18)	-2,33 (-14,21;9,54)	0,67	< 0,001

Nota. TE = tamanho do efeito. Os dados estão expressos em média ± desvio padrão e intervalos de confiança (IC95%).

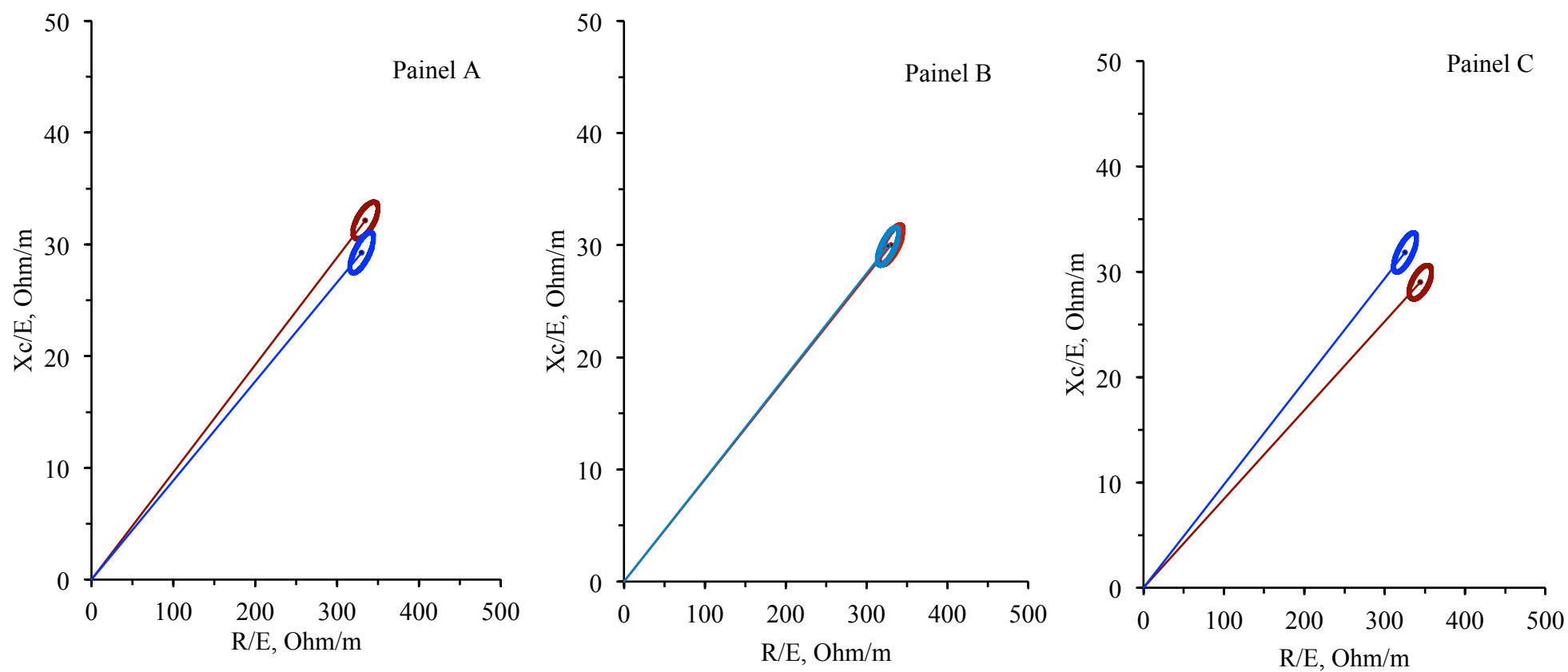


Figura 2. Vetores médios de impedância com elipses de confiança de 95% para os diferentes grupos ao longo do tempo: linha de base (Painel A), após 12 semanas (Painel B) e após 24 semanas (Painel C). Grupo controle em vermelho e grupo treinamento em azul.

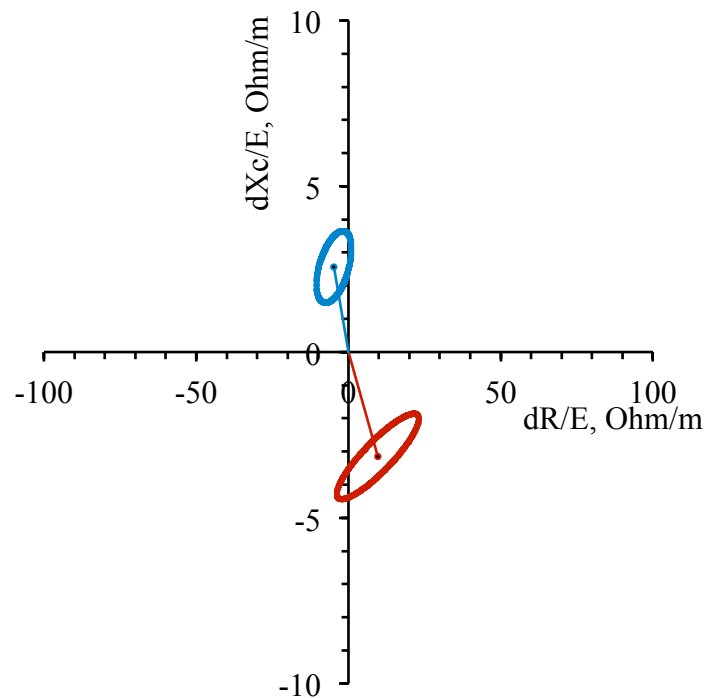


Figura 3. Deslocamento dos vetores médios das diferenças entre 24 semanas e a linha de base, com elipses de confiança de 95%, para o grupo controle (vermelho) e grupo treinamento (azul).

Composição corporal: Na Tabela 4 são encontradas as informações relativas aos diferentes componentes da composição corporal. Diferenças estatisticamente significantes foram identificadas nas comparações entre os grupos para todas as variáveis analisadas após 24 semanas de intervenção. O TR promoveu ganhos ($P < 0,05$) de MIGO-T (GC = +0,4% vs. GT = +2,3%; TE moderado), MIGO-AP (GC = -2,1% vs. GT = +3,4%; TE grande) e MME (GC = -2,3% vs. GT = +3,4%; TE grande), concomitantemente, com melhoria da hidratação, caracterizada por aumentos na ACT (GC = -1,8% vs. GT = +1,0%; TE moderado), AIC (GC = -1,8% vs. GT = +0,8%; TE moderado) e AEC (GC = -1,6% vs. GT = +1,1%; TE moderado). Além disso, o TR contribuiu para a redução ($P < 0,05$) da gordura corporal absoluta (GC = +2,6% vs. GT = -1,5%; TE moderado) e relativa (GC = +1,4% vs. GT = -2,0%; TE grande). Tais diferenças entre os grupos foram identificadas já no final das primeiras 12 semanas de intervenção para todas as variáveis analisadas exceto para a ACT e suas frações AIC e AEC que sofreram modificações somente ao longo das 12 últimas semanas de intervenção.

Tabela 4. Componentes da composição corporal dos grupos controle (GC) e treinamento resistido (GT) nos momentos pré, após 12 e 24 semanas.

Variáveis	GC (n = 51)	GT (n = 52)	TE	P
MIGO-T (kg)				
Pré	38,46 ± 5,24	37,77 ± 5,23		
12	38,19 ± 5,40	38,61 ± 5,16		
24	38,61 ± 5,54	38,63 ± 5,26		
Δ Pré para 12	-0,25 (-0,56;0,05)	0,83 (0,53;1,14)	-1,14	< 0,001
Δ Pré para 24	0,15 (-0,20;0,50)	0,85 (0,50;1,21)	-0,63	0,002
Δ 12 para 24	0,41 (0,09;0,73)	0,01 (-0,30;0,32)	0,40	0,045
MIGO-AP (kg)				
Pré	16,38 ± 2,50	17,00 ± 2,90		
12	16,05 ± 2,44	17,48 ± 2,96		
24	16,03 ± 2,41	17,57 ± 2,89		
Δ Pré para 12	-0,33 (-0,52;-0,15)	0,48 (0,30;0,67)	-1,43	< 0,001
Δ Pré para 24	-0,36 (-0,57;-0,14)	0,58 (0,37;0,79)	-1,42	< 0,001
Δ 12 para 24	-0,04 (-0,22;0,14)	0,11 (-0,06;0,29)	-0,28	0,173
MME (kg)				
Pré	18,12 ± 2,84	18,78 ± 3,30		
12	17,73 ± 2,77	19,32 ± 3,36		
24	17,71 ± 2,75	19,41 ± 3,29		
Δ Pré para 12	-0,39 (-0,59;-0,18)	0,54 (0,34;0,75)	-1,43	< 0,001
Δ Pré para 24	-0,42 (-0,66;-0,18)	0,64 (0,41;0,88)	-1,42	< 0,001
Δ 12 para 24	-0,05 (-0,25;0,15)	0,12 (-0,08;0,32)	-0,27	0,180
ACT (L)				
Pré	30,45 ± 3,96	30,86 ± 4,13		
12	30,65 ± 3,64	31,06 ± 3,90		
24	29,90 ± 3,65	31,16 ± 3,90		
Δ Pré para 12	0,16 (-0,29;0,62)	0,21 (-0,24;0,67)	-0,03	0,869
Δ Pré para 24	-0,56 (-1,06;0,07)	0,33 (-0,16;0,82)	-0,57	0,004
Δ 12 para 24	-0,74 (-1,16;-0,33)	0,11 (-0,29;0,52)	-0,66	< 0,001

Notas. TE = tamanho do efeito; MIGO-T = massa isenta de gordura e osso total; MIGO-AP = massa isenta de gordura e osso apendicular; MME = massa muscular esquelética; ACT = água corporal total. Dados expressos em média ± desvio-padrão e intervalos de confiança (IC95%).

Tabela 4. Componentes da composição corporal dos grupos controle (GC) e treinamento resistido (GT) nos momentos pré, após 12 e 24 semanas (*continuação*).

Variáveis	GC (n = 51)	GT (n = 52)	TE	P
AEC (L)				
Pré	12,48 ± 2,14	12,71 ± 2,19		
12	12,58 ± 1,99	12,80 ± 2,10		
24	12,28 ± 2,04	12,85 ± 2,09		
Δ Pré para 12	0,08 (-0,12;0,29)	0,10 (-0,10;0,31)	-0,04	0,841
Δ Pré para 24	-0,22 (-0,45;0,00)	0,14 (-0,07;0,37)	-0,52	0,009
Δ 12 para 24	-0,31 (-0,50;-0,12)	0,05(-0,12;0,24)	-0,63	0,002
AIC (L)				
Pré	17,95 ± 1,85	18,15 ± 1,94		
12	18,06 ± 1,68	18,24 ± 1,81		
24	17,62 ± 1,65	18,30 ± 1,81		
Δ Pré para 12	0,08 (-0,16;0,33)	0,10 (-0,14;0,35)	-0,02	0,905
Δ Pré para 24	-0,35 (-0,62;-0,08)	0,17 (-0,08;0,44)	-0,63	0,002
Δ 12 para 24	-0,44 (-0,66;-0,21)	0,06 (-0,15;0,28)	-0,71	< 0,001
Gordura (kg)				
Pré	26,40 ± 10,00	28,45 ± 7,83		
12	26,86 ± 9,70	27,85 ± 7,83		
24	27,09 ± 9,87	28,01 ± 7,80		
Δ Pré para 12	0,42 (0,00;0,85)	-0,56 (-0,98;-0,13)	0,74	< 0,001
Δ Pré para 24	0,65 (0,18;1,12)	-0,40 (-0,87;0,05)	0,72	< 0,001
Δ 12 para 24	0,22 (-0,09;0,54)	0,15 (-0,16;0,47)	0,06	0,737
Gordura (%)				
Pré	38,15 ± 6,95	41,05 ± 5,11		
12	38,81 ± 6,85	40,01 ± 5,16		
24	38,69 ± 6,83	40,21 ± 4,98		
Δ Pré para 12	0,61 (0,20;1,02)	-1,00 (-1,40;-0,59)	1,27	< 0,001
Δ Pré para 24	0,46 (-0,00;0,94)	-0,76 (-1,24;-0,29)	0,83	< 0,001
Δ 12 para 24	-0,13 (-0,52;0,26)	0,22 (-0,17;0,61)	-0,28	0,152

Notas. TE = tamanho do efeito; AEC = água extracelular; AIC = água intracelular. Dados expressos em média ± desvio-padrão e intervalos de confiança (IC95%).

Força muscular: O desempenho em testes de força máxima dinâmica (1-RM) nos diferentes segmentos corporais (membros superiores, tronco e membros inferiores) é apresentado na Tabela 5. O TR promoveu aumentos progressivos de força muscular, com diferentes magnitudes, nos três exercícios analisados. Os maiores aumentos no final de 24 semanas de intervenção ($P < 0,001$) foram encontrados, respectivamente, no exercícios supino vertical (GC = -17,1% vs. GT = +37,3%; TE grande), rosca scott (GC = -12,9% vs. GT = +36,5%; TE grande) e cadeira extensora (GC = -10,6% vs. GT = +19,2%; TE grande). Após 24 semanas de intervenção, a CTL nas somatória dos três exercícios foi aumentada na ordem de 28,8% no GT e reduzida em 13,2% no GC, com diferenças significantes ($P < 0,001$) entre os grupos já nas primeiras 12 semanas de TR (GC = -6,0% vs. GT = +18,2%; TE grande).

Tabela 5. Força muscular dinâmica dos grupos controle (GC) e treinamento resistido (GT) em diferentes exercícios, a partir de testes de uma repetição máxima (1-RM), nos momentos pré, após 12 e 24 semanas.

Variáveis	GC (n = 51)	GT (n = 52)	TE	P
Supino vertical (kg)				
Pré	38,33 ± 6,39	34,64 ± 7,54		
12	35,83 ± 6,18	42,39 ± 8,36		
24	31,77 ± 6,74	47,55 ± 8,66		
Δ Pré para 12	-2,46 (-3,33;-1,59)	7,71 (6,85;8,57)	-3,78	< 0,001
Δ Pré para 24	-6,48 (-7,76;-5,19)	12,83 (11,56;14,10)	-4,88	< 0,001
Δ 12 para 24	-4,21 (-5,34;-3,09)	5,31 (4,20;6,43)	-2,83	< 0,001
Cadeira extensora (kg)				
Pré	55,78 ± 12,30	51,46 ± 14,25		
12	52,76 ± 11,21	57,61 ± 14,78		
24	49,88 ± 12,40	61,36 ± 15,22		
Δ Pré para 12	-2,90 (-4,03;-1,77)	6,05 (4,93;7,17)	-2,53	< 0,001
Δ Pré para 24	-5,85 (-7,40;-4,29)	9,89 (8,35;11,43)	-3,25	< 0,001
Δ 12 para 24	-2,81 (-3,93;-1,70)	3,71(2,61;4,82)	-1,88	< 0,001

Notas. TE = tamanho do efeito. Dados expressos em média ± desvio-padrão e intervalos de confiança (IC95%).

Tabela 5. Força muscular dinâmica dos grupos controle (GC) e treinamento resistido (GT) em diferentes exercícios, a partir de testes de uma repetição máxima (1-RM), nos momentos pré, após 12 e 24 semanas (*continuação*).

Rosca scott (kg)				
Pré	27,74 ± 4,23	23,90 ± 5,35		
12	26,00 ± 4,23	30,03 ± 6,61		
24	24,15 ± 4,52	32,63 ± 7,06		
Δ Pré para 12	-1,84 (-2,60;-1,09)	6,23 (5,48;6,98)	-3,55	< 0,001
Δ Pré para 24	-3,85 (-4,61;-3,09)	8,98 (8,23;9,74)	-5,60	< 0,001
Δ 12 para 24	-1,80 (-2,41;-1,20)	2,56 (1,96;3,15)	-2,39	< 0,001
CTL (kg)				
Pré	121,86 ± 19,39	109,89 ± 23,05		
12	114,59 ± 18,10	129,94 ± 24,55		
24	105,81 ± 20,00	141,48 ± 26,08		
Δ Pré para 12	-7,16 (-8,86;-5,46)	19,95(18,26;21,63)	-5,18	< 0,001
Δ Pré para 24	-16,26 (-18,65;-13,88)	31,80 (29,43;34,16)	-6,54	< 0,001
Δ 12 para 24	-8,42 (-10,26;-6,59)	11,18 (9,27;13,00)	-3,51	< 0,001

Notas. TE = tamanho do efeito; CTL = carga total levantada. Dados expressos em média ± desvio-padrão e intervalos de confiança (IC95%).

Aptidão funcional: A Tabela 6 apresenta o desempenho motor de ambos os grupos ao longo dos diferentes momentos do estudo nos testes SeL-30s, SeL-5reps, TUG e caminhada de 6-min. O TR promoveu uma melhoria de desempenho no GT em todos os testes analisados nas comparações com os resultados do GC. As maiores diferenças entre os grupos foram reveladas, respectivamente, nos testes SeL-30s (GC = -11,2% vs. GT = +15,2%; TE grande), SeL-5reps (GC = +8,5% vs. GT = -14,2%; TE grande), TUG (GC = +11,2% vs. GT = -13,8%; TE grande) e caminhada de 6-min (GC = -7,5% vs. GT = +8,1%; TE grande). Tais diferenças associadas a prática do TR já se manifestaram nas primeiras 12 semanas de intervenção, embora a melhoria do desempenho nos testes analisados tenha seguido uma ordem um pouco diferente, a saber: SeL-5reps (GC = +4,4% vs. GT = -8,7%; TE grande), TUG (GC = +2,7% vs. GT = -8,6%; TE grande), SeL-30s (GC = -5,1% vs. GT = +8,3%; TE grande) e caminhada de 6-min (GC = -2,6% vs. GT = +4,5%; TE grande), respectivamente.

Tabela 6. Desempenho dos grupos controle (GC) e treinamento resistido (GT) em testes funcionais, nos momentos pré, após 12 e 24 semanas.

Variáveis	GC (n = 51)	GT (n = 52)	TE	P
Sentar-e-levantar (reps)				
Pré	14,00 ± 2,16	12,28 ± 2,15		
12	13,29 ± 1,87	13,30 ± 2,46		
24	12,43 ± 1,61	14,15 ± 2,83		
Δ Pré para 12	-0,61 (-0,95;-0,28)	0,93 (0,59;1,27)	-1,51	< 0,001
Δ Pré para 24	-1,40 (-1,90;-0,89)	1,70 (1,19;2,20)	-2,01	< 0,001
Δ 12 para 24	-0,78 (-1,11;-0,44)	0,76 (0,43;1,09)	-1,52	< 0,001
Sentar-e-levantar (s)				
Pré	11,16 ± 1,76	12,46 ± 2,10		
12	11,65 ± 1,69	11,38 ± 2,07		
24	12,11 ± 1,78	10,69 ± 2,03		
Δ Pré para 12	0,42 (0,19;0,66)	-1,01 (-1,25;-0,78)	2,00	< 0,001
Δ Pré para 24	0,82 (0,48;1,17)	-1,65 (-1,99;-1,30)	2,34	< 0,001
Δ 12 para 24	0,45 (0,24;0,67)	-0,69 (-0,90;-0,47)	1,67	< 0,001
Time-Up-Go (s)				
Pré	6,74 ± 1,07	8,04 ± 1,51		
12	6,92 ± 1,15	7,35 ± 1,10		
24	7,50 ± 0,99	6,93 ± 0,99		
Δ Pré para 12	0,05 (-0,08;0,19)	-0,56 (-0,69;-0,42)	1,48	< 0,001
Δ Pré para 24	0,53 (0,36;0,70)	-0,88 (-1,05;-0,71)	2,81	< 0,001
Δ 12 para 24	0,53 (0,40;0,67)	-0,37 (-0,51;-0,24)	2,21	< 0,001
Caminhada 6 min (m)				
Pré	507,07 ± 62,37	487,85 ± 57,93		
12	493,98 ± 65,32	509,83 ± 58,75		
24	469,19 ± 56,24	527,43 ± 62,72		
Δ Pré para 12	-12,70 (-20,07;-5,32)	21,58 (14,28;28,89)	-1,49	< 0,001
Δ Pré para 24	-36,73 (-45,41;-28,04)	38,44(29,84;47,04)	-2,77	< 0,001
Δ 12 para 24	-25,58 (-32,12;-19,04)	18,37 (11,90;24,85)	-2,15	< 0,001

Notas. TE = tamanho do efeito. Dados expressos em média ± desvio-padrão e intervalos de confiança (IC95%).

Biomarcadores metabólicos: As respostas metabólicas ao longo de 24 semanas de intervenção são apresentadas na Tabela 7. O IC95% indicou manutenção dos valores de glicose no GT, ao passo que um aumento na ordem de 6% foi encontrado no GC após 24 semanas de intervenção, resultando em diferenças entre os grupos somente nas 12 últimas semanas ($P < 0,001$), com um TE considerado de grande magnitude. Um comportamento inverso entre os grupos foi identificado para os triglicerídeos, colesterol total, LDL, VLDL e PCR com os valores na linha de base sendo reduzidos ao longo das 24 semanas de intervenção no GT e aumentados no GC. Com base nos TE encontrados, tais mudanças foram consideradas de moderada magnitude para triglicerídeos, colesterol total e LDL e de grande magnitude para VLDL e PCR. Por outro lado, HDL foi aumentada no grupo GT e reduzida no GC após 24 semanas de intervenção, com as diferenças entre os grupos sendo de moderada magnitude. Vale destacar que, exceto para a glicose, todas as diferenças encontradas na comparação entre os grupos foram estabelecidas nas primeiras 12 semanas de intervenção, sendo preservadas para as variáveis triglicerídeos, colesterol total e LDL ($P > 0,05$) e aumentadas para VLDL, HDL e PCR, ao longo das últimas 12 semanas de intervenção ($P < 0,05$).

Análises de correlação: A Figura 4 apresenta as correlações entre as mudanças encontradas no AnF com as principais respostas adaptativas encontradas nos indicadores de composição corporal, força muscular, aptidão funcional e comportamento metabólico analisados neste estudo. As mudanças no AnF se correlacionaram positivamente com as mudanças encontradas na MME, CTL e no teste de caminhada de 6-min ($P < 0,001$) e negativamente com as modificações identificadas nos testes SeL-5reps e TUG (resultado obtido em segundos, onde quanto menor o tempo, melhor o desempenho), na LDL e PCR ($P < 0,001$). Por outro lado, as modificações no AnF não se correlacionaram de forma significativa com aquelas encontradas nos triglicerídeos ($P = 0,201$).

Tabela 7. Biomarcadores metabólicos dos grupos controle (GC) e treinamento resistido (GT) nos momentos pré, após 12 e 24 semanas.

Variáveis	GC (n = 51)	GT (n = 52)	TE	P
Glicose (mg/dL)				
Pré	97,53 ± 7,74	96,21 ± 9,99		
12	98,34 ± 7,23	98,91 ± 8,43		
24	103,41 ± 7,17	97,93 ± 8,00		
Δ Pré para 12	1,04 (-0,83;2,91)	2,38 (0,59;4,18)	-0,25	0,239
Δ Pré para 24	6,17 (4,10;8,25)	1,34 (-0,63;3,32)	0,81	< 0,001
Δ 12 para 24	4,97 (3,02;6,91)	0,88 (-2,74;0,97)	1,04	< 0,001
Triglicerídeos (mg/dL)				
Pré	119,44 ± 49,67	123,00 ± 46,84		
12	123,64 ± 46,01	108,19 ± 46,82		
24	124,30 ± 39,36	111,44 ± 50,86		
Δ Pré para 12	5,17 (-4,56;14,90)	-14,29(-23,74;-4,84)	0,65	0,002
Δ Pré para 24	5,04 (-5,15;15,24)	-10,96 (-20,86;-1,06)	0,51	0,012
Δ 12 para 24	2,37 (-8,00;12,75)	0,97 (-9,09;11,04)	0,04	0,828
Colesterol total (mg/dL)				
Pré	197,84 ± 36,29	204,00 ± 36,77		
12	205,00 ± 39,22	196,51 ± 38,35		
24	204,66 ± 34,45	195,87 ± 41,44		
Δ Pré para 12	6,82 (-0,10;13,74)	-7,13 (-14,27;0,01)	0,65	0,002
Δ Pré para 24	6,25 (-1,44;13,96)	-7,53 (-15,47;0,41)	0,57	0,006
Δ 12 para 24	0,56 (-6,88;8,01)	-1,59 (-9,28;6,08)	0,09	0,648
VLDL-c (mg/dL)				
Pré	23,73 ± 9,91	23,99 ± 8,86		
12	24,59 ± 9,31	21,19 ± 9,60		
24	24,98 ± 7,97	20,48 ± 8,48		
Δ Pré para 12	0,74 (-1,28;2,77)	-2,76 (-4,85;-0,67)	0,56	0,007
Δ Pré para 24	1,12 (-0,66;2,92)	-3,46 (-5,31;-1,61)	0,83	< 0,001
Δ 12 para 24	0,91 (-0,77;2,61)	-1,26 (-3,01;0,48)	0,42	0,046

Notas. TE = tamanho do efeito; VLDL = lipoproteína de muito baixa densidade colesterol. Dados expressos em média ± desvio-padrão e intervalos de confiança (IC95%).

Tabela 7. Biomarcadores metabólicos dos grupos controle (GC) e treinamento resistido (GT) nos momentos pré, após 12 e 24 semanas (*continuação*).

Variáveis	GC (n = 51)	GT (n = 52)	TE	P
LDL-c (mg/dL)				
Pré	116,70 ± 36,83	121,72 ± 35,25		
12	124,16 ± 37,40	116,34 ± 38,43		
24	125,55 ± 34,66	115,53 ± 41,50		
Δ Pré para 12	7,16 (0,44;13,89)	-5,05 (-12,06;1,95)	0,58	0,005
Δ Pré para 24	8,38 (0,38;16,37)	-5,67 (-14,01;2,66)	0,56	0,007
Δ 12 para 24	2,14 (-5,35;9,64)	-1,62 (-9,44;6,19)	0,16	0,431
HDL-c (mg/dL)				
Pré	57,84 ± 13,78	58,45 ± 12,76		
12	56,78 ± 14,12	59,26 ± 13,12		
24	54,66 ± 14,95	60,08 ± 13,15		
Δ Pré para 12	-1,06 (-2,51;0,37)	0,81 (-0,69;2,32)	-0,41	0,043
Δ Pré para 24	-3,20 (-5,58;-0,83)	1,66 (-0,81;4,13)	-0,66	0,002
Δ 12 para 24	-2,15 (-3,71;-0,59)	0,86 (-0,76;2,49)	-0,62	0,003
PCR (mg/dL)				
Pré	1,95 ± 1,50	2,42 ± 1,59		
12	2,18 ± 1,53	2,05 ± 1,32		
24	2,53 ± 1,55	2,03 ± 1,13		
Δ Pré para 12	0,20 (-0,02;0,43)	-0,22(-0,48;-0,03)	0,61	0,006
Δ Pré para 24	0,54 (0,27;0,80)	-0,35 (-0,65;-0,04)	1,09	< 0,001
Δ 12 para 24	0,36 (0,17;0,55)	-0,05 (-0,27;0,15)	0,72	0,001

Notas. TE = tamanho do efeito; LDL-c = lipoproteínas de baixa densidade colesterol; HDL-c = lipoproteínas de alta densidade colesterol; PCR = proteína C-reativa ultrassensível. Dados expressos em média ± desvio-padrão e intervalos de confiança (IC95%).

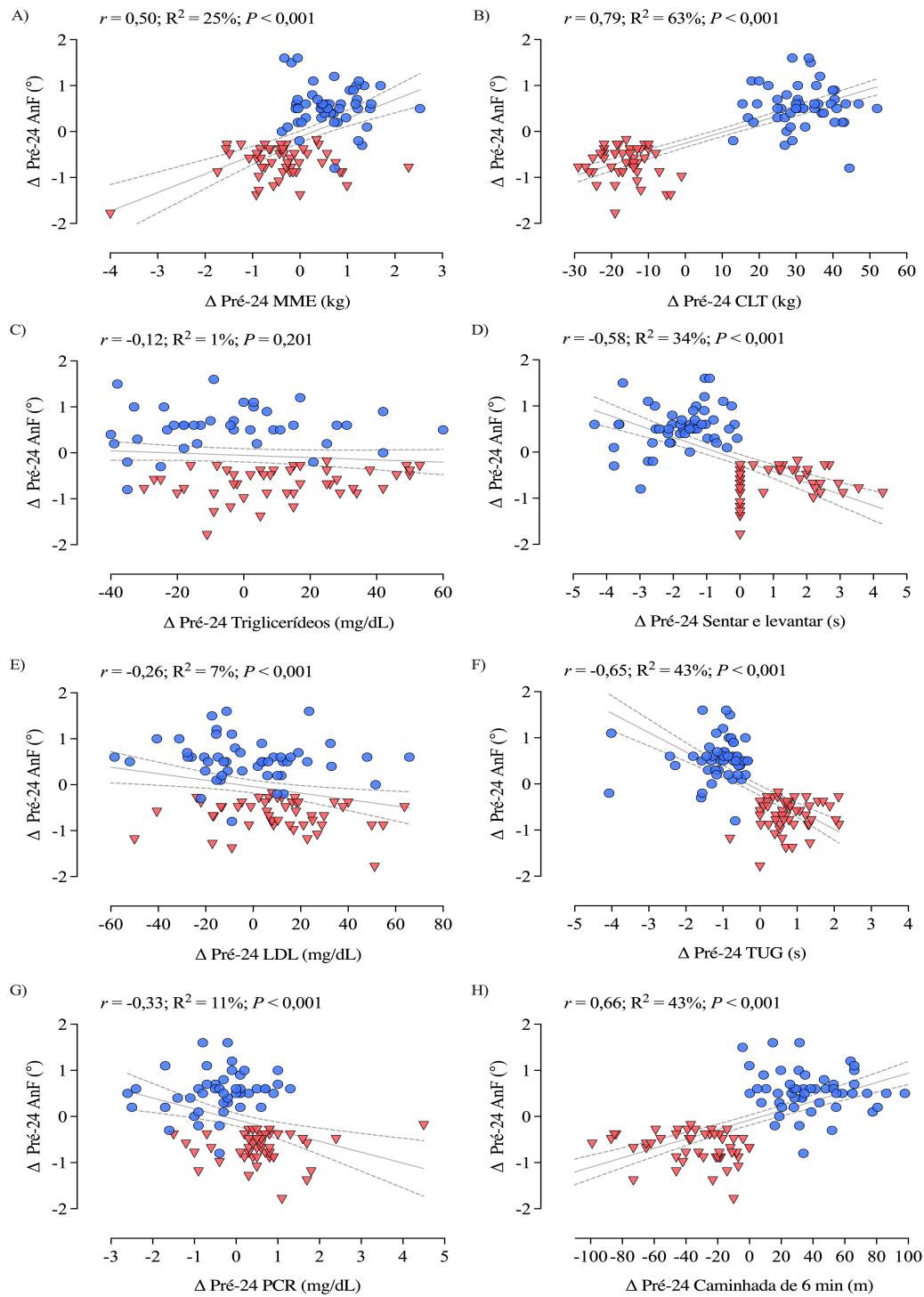


Figura 4. Correlações entre o ângulo de fase (AnF) e desfechos de massa muscular esquelética (MME), carga total levantada (CTL), triglicerídeos, LDL-c, proteína C-reativa (PCR), sentar-e-levantar, timed-up-go (TUG) e caminhada de 6-minutos. Dados grupo controle (vermelho) e grupo treinamento (azul).

DISCUSSÃO

O principal achado deste estudo foi que o TR progressivo e supervisionado se mostrou eficaz para a melhoria do AnF e BIVA em mulheres idosas. Adicionalmente, o treinamento resultou em aumentos de força muscular, melhoria da hidratação, principalmente, intracelular, ganhos de MME, redução da gordura corporal, melhoria da aptidão funcional e do comportamento metabólico, com destaque para o aumento da HDL-c e redução de triglicerídeos, colesterol total, LDL-c e PCR. Além disso, as mudanças no AnF se correlacionaram positivamente com o aumento da MME e da força muscular, melhoria do desempenho no teste de caminhada de 6-min e, negativamente, com redução da LDL-c e PCR e do tempo de execução do SeL-5reps e do TUG. Vale ressaltar que todas as modificações encontradas nesta investigação ocorreram sem alterações na ingestão dietética ao longo do período experimental.

A tendência de redução nos valores do AnF com o avançar da idade (MATTIELLO et al., 2020) foi confirmada no presente estudo com base no comportamento do GC ao longo do tempo, cuja redução encontrada foi na ordem de $0,65^\circ$ (IC95%: $-0,78;-0,52$) após 24 semanas de acompanhamento. A redução no ângulo de fase é um indicativo de comprometimento progressivo na integridade celular, um fenômeno que guarda estreita relação com o declínio da MME (MATTIELLO et al., 2020) e da funcionalidade (NORMAN et al., 2012), informações que foram confirmadas em nosso estudo. Anteriormente, Cunha et al. (2018) haviam encontrado uma redução média de 5,2% nos valores de AnF, em um grupo controle composto por mulheres idosas, após 12 semanas de acompanhamento, com valores bastante similares aos encontrados em nosso estudo (5,8%).

Em contrapartida, o aumento revelado nos valores do AnF ao longo de 24 semanas de intervenção, especificamente no GT, foi associado ao aumento da MME e da força muscular. A hipertrofia muscular, via de regra, parece estar associada ao aumento dos depósitos de glicogênio muscular, um fator que pode contribuir para a ativação de sensores osmóticos e, consequentemente, de vias anabólicas (SARDINHA; ROSA, 2023). Tais vias parecem promover uma remodelação estrutural na célula, contribuindo para o aumento da capacitância e da integridade celular (SARDINHA; ROSA, 2023). Portanto, nossos resultados extrapolam para períodos mais extensos, informações reportadas anteriormente sobre o potencial do TR para o aumento do AnF em períodos mais curtos, tais como oito ou 12 semanas (SOUZA et al., 2017; RIBEIRO et al., 2017; TOMELERI et al., 2018c; CUNHA et al., 2018; DOS SANTOS et al., 2020).

Embora os ganhos de força muscular e MME tenham acompanhado os aumentos no AnF, a magnitude das respostas adaptativas foi diferente, de modo que os maiores ganhos de força muscular e MME ocorreram nas primeiras 12 semanas de TR, ao passo que um maior aumento no AnF foi identificado entre as semanas 12 e 24. Entretanto, uma correlação positiva e significativa foi encontrada entre a mudança nos valores do AnF com as modificações na MME a força muscular, ao longo das 24 semanas de intervenção, reforçando o importante papel do TR para a melhoria da saúde celular. Vale destacar que estudos transversais e de coorte têm indicado que força muscular reduzida está associada a maior taxa de mortalidade por todas as causas (NEWMAN et al., 2006; RUIZ et al., 2008). Portanto, os ganhos de força muscular, nos diferentes segmentos corporais, que acompanharam o aumento do AnF induzido pelo TR podem representar redução no risco de multimorbidades e de morte precoce (BUCKNER et al., 2019).

Apesar dos mecanismos fisiológicos pelos quais o TR pode induzir aumento no AnF não serem totalmente compreendidos, a possível influência das mudanças no comportamento capacitivo dos tecidos, no tamanho e na massa celular, na permeabilidade da membrana celular ou na composição intracelular não deve ser desprezada (NORMAN et al., 2012). Portanto, uma alteração na integridade da membrana celular (X_c) ou nos fluidos corporais (R) ou, até mesmo, uma combinação entre ambos pode resultar em mudanças no AnF. Vale destacar que o aumento do AnF nas duas etapas de intervenção foi acompanhado de redução nos valores de R e aumento nos valores de X_c , diferente do reportado por Souza et al. (2017) cujo aumento no AnF não foi afetado por mudanças na X_c , mas somente pela redução da R .

Considerando que o comportamento da R é, principalmente, modulado pela hidratação dos tecidos corporais, nosso estudo demonstrou que o TR promoveu melhoria da ACT e suas frações, com destaque para o aumento da AIC, confirmando achados anteriores do nosso laboratório, em períodos de intervenção mais curtos (RIBEIRO et al., 2017; SOUZA et al., 2017). Diversos mecanismos podem estar associados a tal fenômeno, sendo que o aumento da AIC é um fator-chave para a hipertrofia muscular, uma vez que favorece o aumento da síntese e a redução da degradação proteica (SCHOENFELD, 2012, 2013). Além disso, acredita-se que o aumento da hidratação intracelular possa estimular a proliferação de células satélites, facilitando a fusão de mionúcleos e, conseqüentemente, a hipertrofia miofibrilar (DANGOTT et al., 2000). Adicionalmente, a redução da gordura corporal também pode ter influenciado, pelo menos em parte, na redução da R , visto que o tecido adiposo é pouco hidratado e, portanto, possui baixa condutividade. Entretanto, a redução observada pelo

nosso estudo na gordura corporal, de magnitude moderada ($TE < 0,80$), não parece suficiente para sustentar tais mudanças, pelo menos de forma isolada. Por outro lado, o aumento encontrado na X_c indica uma melhoria na estrutura e funcionalidade das membranas celulares e na interface dos tecidos (KYLE et al., 2004).

Embora o papel do volume e da intensidade do TR sobre as respostas do AnF, ainda, não esteja bem estabelecido na literatura, é possível que a forma de progressão utilizada em nosso estudo, com base nas alterações na faixa de repetições de 10-15 RM para 8-12 RM e, conseqüentemente, o aumento nas cargas de treino, da primeira para a segunda etapa do experimento, possa ter contribuído, pelo menos em parte, tanto para o aumento do AnF como para a melhoria de outros desfechos relacionados à saúde, destacados anteriormente. Recentemente, dados do nosso laboratório revelaram que a magnitude das respostas adaptativas ao TR podem ser influenciadas pelo volume/intensidade (10-15 RM ou 8-12 RM), indicando a importância de se variar o estímulo ao longo do tempo, para a otimização da adaptação desejada (CAVALCANTE et al., 2023).

Com base nesse contexto é importante salientar que o estudo quase-experimental, conduzido ao longo de 24 semanas por Fukuda et al. (2016) não apresentou relatos sobre mudanças na forma de progressão do TR durante o período experimental, indicando que as participantes treinaram continuamente sob uma mesma intensidade (8-12 RM). Entretanto, diferente do observado por Fukuda et al. (2016), os valores de AnF nesta investigação não se estabilizaram em nenhuma das duas etapas de TR, mas continuaram progredindo até o final das 24 semanas de acompanhamento, sem que houvesse o estabelecimento de um platô adaptativo. Portanto, as divergências encontradas entre os dois estudos, sobretudo nas primeiras 12 semanas de intervenção, podem estar associadas as diferenças nos protocolos de treinamento e, especialmente, na forma de progressão da sobrecarga (volume e intensidade) ou, ainda, as diferenças intra-individuais. Nesse contexto, Dos Santos et al. (2016) reportaram, em estudo conduzido sob o impacto do TR, destreinamento e retreinamento em mulheres idosas, que parte dos participantes tendem a não responder favoravelmente aos estímulos do treinamento, mantendo ou até mesmo reduzindo os valores do AnF. As razões para este fenômeno, contudo, não foram elucidadas até o presente momento.

Considerando que dois indivíduos podem apresentar o mesmo valor de AnF e características de composição corporal distintas, a BIVA pode auxiliar na diferenciação das respostas encontradas em diferentes condições, mediante a análise do comprimento dos vetores, indicando mudanças longitudinais nos fluidos e na massa celular corporal

(NORMAN et al., 2012). Em nossa investigação, os deslocamentos dos vetores sugerem que o TR foi capaz de aumentar a MME e a saúde celular. A BIVA detecta alterações nos tecidos moles e no estado de hidratação usando o desvio padrão bivariado das propriedades elétricas medidas (CAMPÁ; SILVA; TOSELLI, 2018). Logo, nenhuma suposição é necessária para modelos de previsão de componentes corporais, fornecendo uma análise qualitativa da composição corporal. Assim, a partir da interpretação qualitativa do deslocamento do vetor da BIVA nesta investigação, pudemos identificar contribuições tanto da R/E como da Xc/E, com base nas mudanças reveladas no GT após 24 semanas de intervenção.

Nesse sentido, nossos resultados vão ao encontro das informações reportadas por Fukuda et al. (2016) que haviam identificado diferenças nos vetores médios da BIVA, após a prática de TR, por 24 semanas. Entretanto, a ausência de grupo controle e a falta de monitoramento da ingestão dietética dos participantes limitou a interpretação dos resultados revelados por Fukuda et al. (2016). Assim, nosso estudo incorporou tais informações e não somente confirmou a eficácia do TR para a melhoria da composição corporal em mulheres idosas, mas permitiu importantes análises adicionais, incluindo outros importantes desfechos relacionados à saúde, como a aptidão funcional e biomarcadores metabólicos.

Nossos resultados indicaram que a melhoria do desempenho nos testes SeL, TUG e caminhada de 6-min foi correlacionada com o aumento do AnF. Considerando que o declínio da MME com o avançar da idade tende a ser maior em membros inferiores do que superiores (JANSSEN et al., 2000), o aumento da força muscular e da MME podem ter contribuído para a melhoria do desempenho nesses testes. Todavia, o aumento da força muscular parece ocupar um papel mais relevante, especialmente para a melhoria da velocidade de caminhada, do que a MME (DOS SANTOS et al., 2017). Por outro lado, uma MME reduzida está relacionada com piora da aptidão funcional (JANSSEN et al., 2004). Portanto, tanto o aumento da força muscular quanto da MME são benefícios importantes para a preservação da autonomia funcional. Esses dados são importantes, uma vez que permitem análises complementares sobre o efeito do TR sobre essas variáveis, reforçando as informações reportadas por um estudo transversal que encontrou correlações significantes do AnF com os testes SeL, caminhada de 6-min e TUG em idosos, de ambos os sexos (MATIAS et al., 2020).

Os aumentos no AnF na presente investigação apresentaram correlação negativa com a PCR. Alguns estudos têm indicado que a redução nos valores de PCR em idosos submetidos ao TR parecem estar relacionados com aumento da força muscular (TOMELERI et al., 2016) e mudanças na composição corporal, como redução da gordura e aumento da MME

(TOMELERI et al., 2016, 2018a), com concomitante aumento no AnF, condições encontradas neste estudo. Reduções na gordura relativa podem contribuir para a redução da PCR, uma vez que o tecido adiposo é produtor de biomarcadores pró-inflamatórios (TOMELERI et al., 2018a). Adicionalmente, o aumento da MME favorece a melhoria da contração muscular e, consequentemente, a produção de miocinas, em oposição as citocinas pro-inflamatórias, favorecendo a redução da inflamação crônica de baixo grau (PEDERSEN; FEBBRAIO, 2012).

A melhoria do perfil lipídico, revelada nesta investigação, corrobora informações produzidas anteriormente em alguns estudos envolvendo o TR em mulheres idosas (TOMELERI et al., 2016, 2018a). Entretanto, nem todos os estudos têm revelado melhoria de HDL-c, redução de triglicerídeos, colesterol total, LDL-c e VLDL-c (LERA-ORSATTI et al., 2014). A divergência entre os estudos pode estar associada a inúmeros fatores, tais como os valores de cada componente do perfil lipídico na linha de base; faixa etária dos participantes; duração, intensidade e volume do TR; níveis de gordura corporal e até mesmo características genóticas dos avaliados (WESTCOTT, 2012).

A presente investigação tem uma série de pontos fortes que merecem ser destacados. De acordo com o nosso conhecimento, esta é a primeira investigação cujo propósito principal foi analisar o efeito do TR sobre o AnF e a BIVA ao longo de 24 semanas, com presença de grupo controle. Adicionalmente, a partir do delineamento experimental adotado, foi possível testar a associação entre as mudanças no AnF com importantes desfechos relacionados a saúde e a doença. O programa de TR foi progressivo com a variação do número de repetições por séries e exercícios, com ajustes periódicos das cargas de treinamento, permitindo que as respostas adaptativas não se estabilizassem para a maioria das variáveis analisadas, condição recorrente em programas de treinamento de longa duração. Além disso, todas as sessões de TR foram supervisionadas individualmente para a manutenção da qualidade dos movimentos, segurança das participantes e de uma intensidade adequada, ao longo de todo o período de intervenção. A ingestão dietética das participantes, também, foi monitorada nos diferentes momentos do estudo, permitindo uma análise mais consistente do efeito do TR sobre os desfechos analisados. O tamanho da amostra merece destaque, sobretudo, por permitir uma análise mais robusta dos resultados encontrados. A presença do grupo controle, por sua vez, possibilitou a análise da eficácia ou não da intervenção para os diferentes parâmetros investigados, nas duas etapas da intervenção. Vale destacar que nenhuma lesão foi registrada nas sessões de treinamento ou durante os testes aplicados, de modo que mortalidade

experimental foi bastante reduzida indicando uma aderência elevada, às sessões de TR, apesar da exigência rigorosa de 85% de frequência. Houve um cuidado, também para que as avaliações ocorressem de maneira cega, para atenuar os possíveis enviesamentos de conduta.

Nosso estudo, também, tem algumas limitações que não devem ser desprezadas. Os achados não devem ser extrapolados para outras populações que não sejam mulheres idosas e a outros períodos de tempo. A atividade física habitual não foi monitorada ao longo da investigação. Portanto, a ausência dessa informação pode ter influenciado, pelo menos em parte, especialmente, os resultados da composição corporal, apesar das participantes serem orientadas a manter os seus hábitos diários. Embora a ACT e suas frações intra e extracelular não tenham sido determinadas por métodos considerados padrão-ouro, a BIA tem demonstrado ser uma ferramenta válida para a avaliação da hidratação corporal, quando comparada a métodos de referência (MATIAS et al., 2013), permitindo um diagnóstico, rápido, relativamente barato e não-invasivo, não somente da composição corporal, mas, também, da saúde celular.

Por fim, nossos resultados possuem grande aplicação prática, uma vez que demonstraram que a prática continua do TR progressivo e supervisionado pode melhorar atenuar ou até mesmo reverter diversos efeitos deletérios do envelhecimento e tais respostas guardam estreita relação com o aumento do AnF e com o comportamento dos parâmetros brutos de BIA. Desse modo, o simples monitoramento dessas informações pode indicar que as respostas adaptativas alcançadas em curtos períodos de tempo (até 12 semanas) possam ser preservadas ou, até mesmo, otimizadas com a continuidade do TR, por pelo menos 24 semanas, em mulheres idosas.

CONCLUSÃO

Os resultados do presente estudo sugerem que 24 semanas de TR podem acarretar melhoria do AnF e dos parâmetros brutos de BIA. Tais mudanças foram acompanhadas por aumentos de força muscular, ganhos de MME, redução de gordura, melhoria da aptidão funcional e do perfil metabólico. Além disso, muitas dessas respostas adaptativas tendem a ocorrer em períodos mais curtos de treino (até 12 semanas) e podem ser preservadas ou otimização com a continuidade da intervenção, sendo correlacionadas com aumentos no AnF.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O processo de envelhecimento é marcado por diversas modificações na composição corporal, dentre as quais destacam-se reduções na massa muscular esquelética e o aumento da gordura corporal, que estão associadas a um aumento do risco para o desenvolvimento de doenças. Assim o monitoramento das alterações da composição corporal são de suma importância na busca por um envelhecimento bem sucedido, com autonomia e qualidade de vida. Afim de atenuar ou mesmo reverter alterações deletérias do processo de envelhecimento, a promoção de um estilo de vida mais saudável tem sido recomendada por especialistas e pesquisadores das áreas de saúde.

Entre as principais estratégias utilizadas para a melhoria dos componentes da composição corporal destacam-se a melhoria de hábitos alimentares e a prática de atividades físicas ou mesmo, de exercícios físicos. Muitas das adaptações induzidas pelo exercício físico sobre a gordura corporal, a massa muscular, o conteúdo e a densidade mineral óssea tendem a ocorrer em períodos de tempo relativamente mais longos, de modo que intervenções em curtos períodos de tempo, tais como quatro, oito ou 12 semanas, muitas vezes são insuficientes para detectar benefícios nesses componentes. Adicionalmente, os diferentes métodos utilizados para essa finalidade nem sempre apresentam sensibilidade suficiente para identificar modificações em curto prazo. Portanto, investigações por períodos de tempo mais prolongado e que utilizem métodos ou estratégias que possam oferecer informações objetivas, de baixo custo operacional e não-invasivas podem produzir informações muito interessantes para a prescrição de exercícios físicos para diferentes populações e, especialmente para idosos.

Entre os modelos de intervenção mais recomendados atualmente para a população idosa destaca-se o TR. Esse modelo de treinamento tem se mostrado bastante eficaz para reverter ou atenuar a redução da massa muscular, o aumento da gordura, sobretudo visceral, a diminuição do conteúdo e da densidade mineral óssea, além de proporcionar outros benefícios importantes para idosos, tais como melhoria da força muscular, do comportamento metabólico e da aptidão funcional. Tais mudanças podem resultar em melhoria das condições de saúde, maior autonomia e, conseqüentemente, melhoria da qualidade de vida.

Para essa população, especificamente, o método de BIA tem sido empregado com frequência, tanto no âmbito da pesquisa quanto no ambiente de prática. Para além das informações relativas a massa corporal magra e a massa gorda, a BIA pode fornecer

informações adicionais sobre hidratação corporal tanto intra quanto extracelular, massa celular corporal e, também, sobre a saúde celular. Desse modo, este estudo procurou analisar os efeitos agudos de uma sessão de TR, bem como os efeitos crônicos de 24 semanas de intervenção sobre parâmetros de BIA, nomeadamente, o AnF e a BIVA. Na investigação dos efeitos crônicos as modificações nesses parâmetros foram associadas a diversos desfechos de saúde, incluindo composição corporal, força muscular, aptidão funcional e biomarcadores metabólicos em mulheres idosas.

Para tanto, na tentativa de promover adaptações para os diferentes segmentos corporais, optou-se por um programa de TR que incluísse exercícios para o corpo inteiro. Assim, oito exercícios foram escolhidos, sendo um exercício para peitoral (supino vertical), um para as costas (remada baixa), um para o bíceps (rosca scott), um para o tríceps (tríceps no *pulley*), um para o quadríceps (cadeira extensora), um para o bíceps femoral (cadeira flexora), um para a panturrilha (panturrilha sentado) e um mais geral (*leg press* horizontal) envolvendo membros inferiores e glúteos.

O programa de TR foi supervisionado por profissionais de educação física, progressivo com a variação do número de repetições por séries e exercícios, com ajustes periódicos das cargas de treinamento, permitindo que as respostas adaptativas não se estabilizassem para a maioria das variáveis analisadas, condição recorrente em programas de treinamento de longa duração. Acreditamos que a forma de progressão utilizada em nosso estudo, com base nas alterações na faixa de repetições de 10-15 RM para 8-12 RM e, conseqüentemente, o aumento progressivo da intensidade do treinamento, da primeira para a segunda etapa do experimento, possa ter contribuído, pelo menos em parte, tanto para o aumento do AnF como para a melhoria de outros desfechos relacionados à saúde, destacados anteriormente.

O primeiro experimento foi conduzido de forma aguda, ou seja, a partir da análise do comportamento dos dados brutos de BIA de corpo inteiro e L-BIA em uma única sessão de TR. Uma sessão de TR resultou em reduções nos parâmetros de R e Z, sem alterações para Xc e AnF, obtidos por meio de BIA de corpo inteiro e L-BIA, em mulheres idosas previamente treinadas. Quando observado os parâmetros obtidos no GT e GC, nenhuma diferença foi encontrada na comparação entre os grupos para a L-BIA, somente para BIA de corpo inteiro. As alterações observadas através da BIA de corpo inteiro permanecem por um período de tempo relativamente curto, uma vez que os valores de R e Z retornam aos valores similares à condição em repouso 45 min após o término da sessão de treinamento. Desse modo, parece

que intervalos de acompanhamento superiores a esse parecem ser desnecessários para o acompanhamento dos parâmetros brutos de BIA em mulheres idosas após uma sessão de TR.

Para o segundo experimento, os resultados do presente estudo indicaram que 24 semanas de TR em idosas fisicamente independentes promoveu:

- a) Redução o parâmetro bruto resistência e a impedância;
- b) Aumento dos parâmetros reatância e ângulo de fase;
- c) O deslocamento do vetor médio de impedância para a esquerda;
- d) Aumento da massa muscular, da massa isenta de gordura e de osso total e apendicular;
- e) Aumento da hidratação corporal total e intracelular;
- f) Redução da gordura corporal total e relativa;
- g) Aumento da força muscular de membros superiores, tronco, membros inferiores;
- h) Melhoria da aptidão funcional;
- i) Manutenção das concentrações de glicose;
- j) Redução dos triglicerídeos, colesterol total, VLDL, LDL-c e proteína C-reativa;
- k) Aumento da HDL-c.

Adicionalmente, foram observadas correlações entre as mudanças encontradas no AnF com as principais respostas adaptativas encontradas nos indicadores de composição corporal, força muscular, aptidão funcional e comportamento metabólico. As mudanças no AnF se correlacionaram positivamente com as mudanças encontradas na MME, CTL e no teste de caminhada de 6-min e negativamente com as modificações identificadas nos testes SeL-30s e TUG, na LDL e PCR.

Portanto, os resultados do presente estudo sugerem que o TR pode promover melhoria do ângulo de fase, mudanças nos vetores de impedância bioelétrica, melhoria composição corporal, força muscular, capacidade funcional e de marcadores bioquímicos. Ainda, houve associação entre as mudanças no AnF com importantes desfechos relacionados a saúde e a doença. Além disso, muitas dessas respostas adaptativas tendem a ocorrer em períodos mais curtos de treino (até 12 semanas) e podem ser preservadas ou otimizadas com a continuidade da intervenção, sendo correlacionadas com aumentos no AnF. Por fim, nossos

resultados sugerem que a prática continua do TR progressivo e supervisionado pode melhorar atenuar ou até mesmo reverter diversos efeitos deletérios do envelhecimento e tais respostas guardam estreita relação com o aumento do AnF e com o comportamento dos parâmetros brutos de BIA.

Investigações futuras são necessárias para compreender melhor os mecanismos associados as alterações nos parâmetros brutos de BIA após uma sessão de TR e ainda, com maior tamanho amostral para a comparação das diferentes condições (repouso e treinamento). Além disso, investigações que busquem compreender o efeito do TR com durações prolongadas sobre os parâmetros brutos da BIA, em outros grupos amostrais, como idosos em condições de doenças específicas, podem fortalecer o uso dessa ferramenta no ambiente clínico e de pesquisa.

REFERÊNCIAS

- AMARANTE DO NASCIMENTO, M. et al. Familiarization and reliability of one repetition maximum strength testing in older women. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 27, n. 6, p. 1636-1642, 2013.
- AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE. American College of Sports Medicine position stand. Progression models in resistance training for healthy adults. **Medicine in Science in Sports and Exercise**, v. 41, n. 3, p. 687-708, 2009.
- ARMSTRONG, L. E. et al. Human hydration indices: acute and longitudinal reference values. **International journal of sport nutrition and exercise metabolism**, v. 20, n. 2, p. 145-153, 2010.
- BARBOSA-SILVA, M. et al. Bioelectrical impedance analysis: population reference values for phase angle by age and sex. **American Journal of Clinical Nutrition**, v. 82, n. 1, p. 49-52, 2005.
- BAUMGARTNER, R.; CHUMLEA, W.; ROCHE, F. Bioelectric impedance phase angle and body composition. **American Journal of Clinical Nutrition**, v. 48, n. 1, p. 16-23, 1988.
- BELLIDO, D. et al. Future lines of research on phase angle: strengths and limitations. **Reviews in Endocrine & Metabolic Disorders**, v. 24, n. 3, p. 563-583, 2023.
- BUFFA, R.; FLORIS, G.; MARINI E. Migration of bioelectrical impedance vector in healthy elderly subjects. **Nutrition**, v. 19, n. 11-12, p. 917-921, 2003.
- BUFFA, R.; FLORIS, G. U.; PUTZU, P. F.; MARINI, E. Body composition variations in ageing. **Collegium Antropologicum**, v. 35, n. 1, p. 259-265, 2011.
- BUCKNER, S. L. et al. The association of handgrip strength and mortality: what does it tell us and what can we do with it? **Rejuvenation Research**, v. 22, n. 3, p. 230-234, 2019.
- CAMPA, F.; SILVA, A. M.; TOSELLI, S. Changes in phase angle and handgrip strength induced by suspension training in older women. **International Journal of Sports Medicine**, v. 39, n. 6, p. 442-449, 2018.
- CAVALCANTE, E. F. et al. Resistance training for older women: do adaptive responses support the ACSM and NSCA position stands? **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 55, n. 9, p. 1651-1659, 2023.
- CEBRIÁN-PONCE, A. et al. Bioelectrical impedance vector and creatine phosphokinase changes induced by a high-intensity training session in rink hockey players. **Applied Sciences**, v. 12, n. 2, p. 751-769, 2022.
- CHANG, S. H.; BEASON, T. S.; HUNLETH, J. M.; COLDITZ, G. A. A systematic review of body fat distribution and mortality in older people. **Maturitas**, v. 72, n. 3, p. 175-191, 2012.

- CHEN C. M.; CHANG, W. C.; LAN, T. Y. Identifying factors associated with changes in physical functioning in an older population. **Geriatrics & Gerontology International**, v. 15, n. 2, p. 156-164, 2015.
- COHEN, J. A Power primer. **Psychological Bulletin**, v. 112, n. 1, p. 155-159, 1992.
- CONSITT, L. A.; DUDLEY, C.; SAXENA, G. Impact of endurance and resistance training on skeletal muscle glucose metabolism in older adults. **Nutrients**, v. 11, n. 11, p. 1-17, 2019.
- CRUZ-JENTOFT A. et al. Sarcopenia: revised European consensus on definition and diagnosis. **Age Ageing**, v. 48, n. 1, p. 16-31, 2019.
- CUNHA, P. M. et al. Improvement of cellular health indicators and muscle quality in older women with different resistance training volumes. **Journal of Sports Sciences**, v. 36, n. 24, p. 2843-2848, 2018.
- CUNHA, P. M. et al. Resistance training performed with single and multiple sets induces similar improvements in muscular strength, muscle mass, muscle quality, and IGF-1 in older women: a randomized controlled trial. **The Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 34, n. 4, p. 1008-1016, 2020.
- CUNHA, P. M. et al. The effects of resistance training volume on osteosarcopenic obesity in older women. **Journal of Sports Sciences**, v. 36, n. 14, p. 1564-1571, 2018b.
- CYRINO, L. T. **Efeito de dois anos de treinamento com pesos sobre a força muscular, composição corporal, perfil glicêmico e lipídico em mulheres idosas**. Orientador: Crivaldo Gomes Cardoso Junior. 2016. 65 f. Dissertação (Mestrado em Educação Física) - Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2016.
- DAMAS, F.; LIBARDI, C. A.; UGRINOWITSCH, C. The development of skeletal muscle hypertrophy through resistance training: the role of muscle damage and muscle protein synthesis. **European Journal of Applied Physiology**, v. 118, n. 3, p. 485-500, 2017.
- DANGOTT, B.; SCHULTZ, E.; MOZDZIAK, P. E. Dietary creatine monohydrate supplementation increases satellite cell mitotic activity during compensatory hypertrophy. **International Journal of Sports Medicine**, v. 21, n. 1, p. 13-16, 2000.
- DORNA, M. S. et al. Association between phase angle, anthropometric measurements, and lipid profile in HCV infected patients. **Clinics**, v. 68, n. 12, p. 1555-1558, 2013.
- DOS SANTOS, L.; CYRINO, E. S.; ANTUNES, M.; SARDINHA, L. B. Changes in phase angle and body composition induced by resistance training in older women. **European Journal of Clinical Nutrition**, v. 70, n. 12, p. 1408-1413, 2016.
- DOS SANTOS, L. et al. Effects of resistance training with different pyramid systems on bioimpedance vector patterns, body composition, and cellular health in older women: a randomized controlled trial. **Sustainability**, v. 12, n. 16, p. 6658-6670, 2020.
- EDWARDS, M.H. et al. Osteoporosis and sarcopenia in older age. **Bone**, v. 80, n. 1, p. 126-130, 2015.

- FRAGALA, M. S. et al. Resistance training for older adults: position statement from the National Strength and Conditioning Association. **The Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 33, n. 8, p. 2019-2052, 2019.
- FUKUDA, D. H. et al. Effects of resistance training on classic and specific bioelectrical impedance vector analysis in elderly women. **Experimental Gerontology**, v. 74, p. 9-12, 2016.
- GENTON, L. et al. Bioimpedance-derived phase angle and mortality among older people. **Rejuvenation Research**, v. 20, n. 2, p. 118-124, 2017.
- GONZALEZ, M. C. et al. Phase angle and its determinants in healthy subjects: influence of body composition. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 103, n. 3, p. 712-716, 2016.
- GUDIVAKA, P.; SCHOELLER, D.; KUSHNER, R. F. Effect of skin temperature on multifrequency bioelectrical impedance analysis. **Journal of Applied Physiology**, n. 81, v. 2, p. 838-845, 1996.
- JADCZAK, A. D. et al. Effectiveness of exercise interventions on physical function in community-dwelling frail older people: an umbrella review of systematic reviews. **JBIC Database of Systematic Reviews and Implementation Reports**, v. 16, n. 13, p. 752-775, 2018.
- JANSSEN, I. et al. Skeletal muscle cutpoints associated with elevated physical disability risk in older men and women. **American Journal of Epidemiology**, v. 159, n. 4, p. 413-421, 2004.
- JANSSEN, I.; HEYMSFIELD, S. B.; WANG, Z. M.; ROSS, R. Skeletal muscle mass and distribution in 468 men and women aged 18-88 yr. **Journal of Applied Physiology**, v. 89, n. 1, p. 81-88, 2000.
- KUSHNER, R. F.; GUDIVAKA, R.; SCHOELLER, D. A. Clinical characteristics influencing bioelectrical impedance analysis measurements. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 64, n. 3 Suppl, p. 423S-427S, 1996.
- KYLE, U. G. et al. Bioelectrical impedance analysis – part II: utilization in clinical practice. **Clinical Nutrition**, v. 23, n. 6, 1430-1453, 2004.
- LACROIX, A.; HORTOBÁGYI, T.; BEURSKENS, R.; GRANACHER, U. Effects of supervised vs. unsupervised training programs on balance and muscle strength in older adults: a systematic review and meta-analysis. **Sports Medicine**, v. 47, n. 11, p. 2341-2361, 2017.
- LERA ORSATTI, F. et al. Effects of resistance training frequency on body composition and metabolics and inflammatory markers in overweight postmenopausal women. **Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, v. 54, n. 3, p. 317-325, 2014.
- LIANG, M. T.; NORRIS, S. Effects of skin blood flow and temperature on bioelectric impedance after exercise. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 25, n. 11, p. 1231-1239, 1993.
- LUKASKI, H. C. Evolution of bioimpedance: a circuitous journey from estimation of physiological function to assessment of body composition and a return to clinical research. **European Journal of Clinical Nutrition**, v. 67, n. 1, p. S2-S9, 2013.
- LUKASKI, H. C.; DIAZ, N. V.; TALLURI A.; NESCOLARDE L. Classification of hydration in clinical conditions: indirect and direct approaches using bioimpedance. **Nutrients**, v. 11, n. 4, p. 809-831, 2019.

- LUKASKI, H. C.; KYLE, U. G.; KONDRUP, J. Assessment of adult malnutrition and prognosis with bioelectrical impedance analysis: phase angle and impedance ratio. **Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolic Care**, v. 20, n. 5, p. 330-339, 2017.
- LUKASKI, H. C.; TALLURI, A. P Phase angle as an index of physiological status: validating bioelectrical assessments of hydration and cell mass in health and disease. **Reviews in Endocrine and Metabolic Disorders**, v. 24, n. 3, p. 371-379, 2023.
- MARINI, E. et al. Efficacy of specific bioelectrical impedance vector analysis (BIVA) for assessing body composition in the elderly. **The Journal of Nutrition, Health & Aging**, v. 17, n. 6, p. 515-521, 2013.
- MARINI, E.; TOSELLI S. **Bioelectrical impedance analysis of body composition**: applications in sports science. Cagliari: UNICApres, 2021.
- MARRA, M. et al. Phase angle is predictor of basal metabolic rate in female patients with anorexia nervosa. **Physiological Measurement**, v. 26, n. 2, p. S145-S152, 2005.
- MATIAS, C. N. et al. Is bioelectrical impedance spectroscopy accurate in estimating total body water and its compartments in elite athletes? **Annals of Human Biology**, v. 40, n. 2, p. 152-156, 2013.
- MATIAS, C. N. Phase angle predicts physical function in older adults. **Archives of Gerontology and Geriatrics**, v. 90, 104151, 2020.
- MATTIELLO, R. et al. Reference values for the phase angle of the electrical bioimpedance: Systematic review and meta-analysis involving more than 250,000 subjects. **Clinical Nutrition**, v. 39, n. 5, p. 1411-1417, 2020.
- MONEGO, E. et al. **Alimentos brasileiros e suas porções**: um guia para avaliação do consumo alimentar. Rio de Janeiro: Rúbio, 2013.
- NABUCO, H. C. G. et al. Effect of whey protein supplementation combined with resistance training on cellular health in pre-conditioned older women: a randomized, double-blind, placebo-controlled trial. **Archives of Gerontology and Geriatrics**, v. 82, p. 232-237, 2019.
- NESCOLARDE, L.; TALLURI, A.; YANGUAS, J.; LUKASKI, H. C. Phase angle in localized bioimpedance measurements to assess and monitor muscle injury. **Reviews in endocrine and metabolic disorders**, v. 24, n. 3, p. 415-428, 2023.
- NESCOLARDE, L. et al. Localized bioimpedance to assess muscle injury. **Physiological measurement**, v. 34, n. 2, p. 237-245, 2013.
- NEWMAN, A. B. et al. Strength, but not muscle mass, is associated with mortality in health, aging and body composition study cohort. **The Journals of Gerontology. Series A, Biological Sciences and Medical Sciences**, v. 61A, n. 1, p. 72-77, 2006.
- NICKERSON, B. S. et al. Time course toward baseline of hand-to-foot BIA measures following an acute bout of aerobic exercise. **International journal of exercise science**, v. 11, n. 2, p. 640-647, 2018.

- NORMAN, K. et al. The bioimpedance phase angle predicts low muscle strength, impaired quality of life, and increased mortality in old patients with cancer. **Journal of the American Medical Directors Association**, v. 16, n. 2, p. 173.e17-22, 2015.
- NORMAN, K.; STOBBAUS, N.; PIRLICH, M.; BOSY-WESTPHAL, A. Bioelectrical phase angle and impedance vector analysis - clinical relevance and applicability of impedance parameters. **Clinical Nutrition**, v. 31, n. 6, p. 854-861, 2012.
- NUNES, J. P. et al. Improvements in phase angle are related with muscle quality index after resistance training in older women. **Journal of Aging and Physical Activity**, v. 27, n. 4, p. 515-520, 2019.
- OSCO, K. M. et al. Resistance but not elastic tubes training improves bioimpedance vector patterns and body composition in older women: a randomized trial. **Experimental Gerontology**, v. 154, p. 111526, 2021.
- PAREJA-BLANCO, F.; RODRIGUEZ-ROSELL, D.; GONZÁLEZ-BADILLO, J. J. Time course of recovery from resistance exercise before and after a training program. **The Journal of sports medicine and physical fitness**, v. 59, n. 9, p. 1458-1465, 2019.
- PEDERSEN, B. K.; FEBBRAIO, M. A. Muscles, exercise and obesity: skeletal muscle as a secretory organ. **Nature reviews. Endocrinology**, v. 8, n. 8, p. 457-465, 2012.
- PHILLIPS, S. M.; WINETT, R. A. Uncomplicated resistance training and health-related outcomes: evidence for a public health mandate. **Current Sports Medicine Reports**, v. 9, n. 4, p. 208-2013, 2010.
- PICCOLI, A. et al. A new method for monitoring body fluid variation by bioimpedance analysis: the RXc graph. **Kidney international**, v. 46, n. 2, p. 534-539, 1994.
- PICCOLI, A. Patterns of bioelectrical impedance vector analysis: learning from electrocardiography and forgetting electric circuit models. **Nutrition**, v. 18, n. 6, p. 520-521, 2002.
- PLOUTZ-SNYDER, L. L.; CONVERTINO, V. A.; DUDLEY, G. A. Resistance exercise-induced fluid shifts: change in active muscle size and plasma volume. **The American Journal of Physiology**, v. 269, n. 3, R536-R543, 1995.
- RIBEIRO, A. S. et al. Resistance training prescription with different load-management methods improves phase angle in older women. **European Journal of Sport Science**, v. 17, n. 7, p. 913-921, 2017.
- RIBEIRO, A. S. et al. Effect of resistance training systems on oxidative stress in older women. **International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism**, v. 27, n. 5, p. 439-447, 2017b.
- RIKLI, R. E.; JONES, C. J. Development and validation of a functional fitness test for community-residing older adults. **Journal of Aging and Physical Activity**, v. 7, n. 2, p. 129-161, 1999.
- RUIZ, J. R. et al. Association between muscular strength and mortality in men: prospective cohort study. **British Medical Journal**, v. 337, p. a439, 2008.

- SARDINHA, L. B. Physiology of exercise and phase angle: another look at BIA. **European Journal of Clinical Nutrition**, v. 72, n. 9, p. 1323-1327, 2018.
- SARDINHA, L. B.; ROSA, G. B. Phase angle, muscle tissue, and resistance training. **Reviews in Endocrine & Metabolic Disorders**, v. 24, n. 3, p. 393-414, 2023.
- SHOENFELD, B. J. Does exercise-induced muscle damage play a role in skeletal muscle hypertrophy? **The Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 26, n. 5, p. 1441-1453, 2012.
- SHOENFELD, B. J. Potential mechanisms for a role of metabolic stress in hypertrophic adaptations to resistance training. **Sports Medicine**, v. 43, n. 3, p. 179-194, 2013.
- SHOENFELD, B. J. **Science and development of muscle hypertrophy**. 2. ed. Champaign, IL: Human Kinetics, 2021.
- SOUZA, M. F. et al. Effect of resistance training on phase angle in older women: a randomized controlled trial. **Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports**, v. 27, n. 11, p. 1308-1316, 2017.
- STRASSER, B.; ARVANDI M.; SIEBERT, U. Resistance training, visceral obesity and inflammatory response: a review of evidence. **Obesity Reviews**, v. 13, n. 7, p. 578-591, 2012.
- TANAKA, S. et al. A low phase angle measured with bioelectrical impedance analysis is associated with osteoporosis and is a risk factor for osteoporosis in community-dwelling people: The Yakumo Study. **Archives of Osteoporosis**, v. 13, n. 1, p. 39, 2018.
- TANIGUCHI, M.; YAMADA, Y.; ICHIHASHI, N. Acute effect of multiple sets of fatiguing resistance exercise on muscle thickness, echo intensity, and extracellular-to-intracellular water ratio. **Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism**, n. 45, v. 2, p. 213-219, 2020.
- TOMELERI, C. M. et al. Resistance training improves inflammatory level, lipid and glycemic profiles in obese older women: a randomized controlled trial. **Experimental Gerontology**, v. 84, p. 80-87, 2016.
- TOMELERI, C. M. et al. Influence of resistance training exercise order on muscle strength, hypertrophy, and anabolic hormones in older women: a randomized controlled trial. **The Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 34, n. 11, p. 3103-2109, 2020.
- TOMELERI, C. M. et al. Correlations between resistance training-induced changes on phase angle and biochemical markers in older women. **Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports**, v. 28, n. 10, p. 2173-2182, 2018a.
- TOMELERI, C. M. et al. Phase angle is moderately associated with muscle quality and functional capacity, independent of age and body composition in older women. **Journal of Geriatric Physical Therapy**, v. 42, n. 4, p. 281-286, 2018b.
- TOMELERI, C. M. et al. Phase angle is related with inflammatory and oxidative stress biomarkers in older women. **Experimental Gerontology**, v. 102, p. 12-18, 2018c.

- TOSELLI, S. et al. Comparison of the effect of different resistance training frequencies on phase angle and handgrip strength in obese women: a randomized controlled trial. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 17, n. 4, p. 1163-1173, 2020.
- TRUMBO, P.; SCHLICKER, S.; YATES, A. A.; POOS, M. Dietary reference intakes for energy, carbohydrate, fiber, fat, fatty acids, cholesterol, protein and amino acids. **Journal of the American Dietetic Association**, v. 102, n. 11, p. 1621-1630, 2002.
- VIANNA, L. C.; OLIVEIRA, R. B.; ARAUJO, C. G. S. Age-related decline in handgrip strength differs according to gender. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 21, n. 4, p. 1310-1314, 2007.
- WESTCOTT, W. L. Resistance training is medicine: effects of strength training on health. **Current Sports Medicine Reports**, v. 11, n. 4, p. 209-216, 2012.
- WILHELM-LEEN, E. R.; HALL, Y. N.; HORWITZ, R. I.; CHERTOW, G. M. Phase angle, frailty and mortality in older adults. **Journal of General Internal Medicine**, v. 29, n. 1, p. 147-154, 2014.
- YANG, Z. et al. Resistance exercise versus aerobic exercise for type 2 diabetes: a systematic review and meta-analysis. **Sports Medicine**, v. 44, n. 4, p. 487-499, 2014.
- YOSHIKO, A. et al. Three-dimensional comparison of intramuscular fat content between young and old adults. **BMC Medical Imaging**, v. 17, n. 12, p. 1-8, 2017.
- ZHANG G. et al. A bioelectrical impedance phase angle measuring system for assessment of nutritional status. **Biomedical Materials and Engineering**, v. 24, n. 6, p. 3675-3664, 2014.

APÊNDICES

Apêndice A – termo de consentimento livre e esclarecido



TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Prezada Senhora,

Gostaríamos de convidá-la a participar da pesquisa **“Análise de vetores de impedância bioelétrica de mulheres idosas envolvidas em programas de treinamento resistido: adaptações agudas e crônicas”** a ser realizada no município de Londrina/PR. O objetivo desta pesquisa será analisar as adaptações induzidas por 24 semanas de treinamento resistido progressivo sobre parâmetros de impedância bioelétrica e sua relação com força muscular, composição corporal, aptidão funcional e biomarcadores metabólicos em mulheres idosas.

Todas as avaliações serão realizadas por profissionais previamente treinados para tal finalidade. A assinatura deste termo permitirá que você participe das seguintes atividades:

- (1) Programa de treinamento com pesos com duração de 24 semanas;
- (2) Medidas de peso, estatura;
- (3) Avaliação da composição corporal pelos métodos de impedância bioelétrica (teste com duração de 30s: deitado em uma maca, quatro eletrodos serão colocados na mão e pé direito e transmitirão uma pequena corrente elétrica que indicará a quantidade de água [procedimento indolor e sem qualquer tipo de risco]), DXA (teste com duração de aproximadamente sete minutos: deitado em uma mesa no próprio equipamento, sem portar qualquer tipo de objeto metálico, vestindo apenas roupas). O equipamento fará um escaneamento do corpo todo para determinação da massa livre de gordura (procedimento indolor e sem qualquer tipo de risco);
- (4) Coleta de sangue venoso em jejum de 12 h feito por um técnico capacitado e habilitado para a avaliação de indicadores metabólicos;

- (5) Avaliação da aptidão neuromuscular pelos testes de uma repetição máxima (teste realizado em três exercícios para os segmentos de membros superiores, inferiores e tronco, que consiste na realização de três tentativas com o objetivo de levantar a maior quantidade de peso possível em apenas uma repetição para determinação da força muscular máxima);
- (6) Testes de aptidão funcional;
- (7) Entrevista sobre os hábitos nutricionais.

Gostaríamos de esclarecer que a participação é totalmente voluntária. A participante pode recusar-se a participar/desistir a qualquer momento sem sofrer prejuízo algum. As informações serão utilizadas somente para fins de pesquisa e todos os documentos e amostras utilizados serão identificados por um código numérico sem identificação nominal para preservar a identidade da participante. Lembramos que não será cobrada taxa alguma por estas avaliações. Da mesma forma, não será paga quantia alguma as participantes.

Ao final do estudo, comprometemo-nos a retornar com os resultados de todas as avaliações, que serão entregues as participantes. Espera-se, com essa pesquisa, proporcionar informações que possam favorecer a melhoria da saúde e qualidade de vida de mulheres idosas por meio da prática de treinamento e associação com aspectos nutricionais, além de possibilitar a melhoria de parâmetros morfológicos, neuromusculares e metabólicos dos participantes. Apesar de considerados mínimos, os possíveis riscos são: desconfortos na coleta sanguínea e cansaço durante os testes físicos. É possível também que alguns grupamentos musculares exigidos nos testes de esforço fiquem doloridos entre 24 e 48 horas após a realização dos mesmos.

Caso você tenha dúvidas ou necessite de maiores esclarecimentos pode contactar a Prof^a Letícia Trindade Cyrino, no Laboratório de Metabolismo, Nutrição e Exercício, localizado no Centro de Educação Física e Esporte, da Universidade Estadual de Londrina, pelo telefone (43) 3371-4772 / 9139-1617 ou procurar o Comitê de Ética em Pesquisa Envolvendo Seres Humanos da Universidade Estadual de Londrina, na Rodovia Celso Garcia Cid, km 380 – Campus Universitário, telefone (43) 3371-4000. Este termo deverá ser preenchido em duas vias de igual teor, sendo uma delas, devidamente preenchida, assinada e entregue a você.

Londrina, ____ de _____ de 2022.

Letícia Trindade Cyrino

Letícia Trindade Cyrino

Eu, _____ (nome por
extenso do sujeito de pesquisa), portadora do RG: _____
tendo sido devidamente esclarecido sobre os procedimentos da pesquisa, concordo em participar
voluntariamente da pesquisa descrita acima.

Assinatura (ou impressão dactiloscópica): _____

Data: ____/____/2022

ANEXOS

Anexo A – Carta de aprovação do projeto pelo Comitê de Ética Pesquisa.



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA



PARANÁ
GOVERNO DO ESTADO

HOSPITAL UNIVERSITÁRIO
DIRETORIA SUPERINTENDENTE
PARECER Nº429
PROCESSO 9544.2019.84

Ao Pesquisador

João Pedro Alves Nunes

Considerando o Projeto de Pesquisa com o título: ***“EFEITO DE QUATRO ORDENS DE EXECUÇÃO DOS EXERCÍCIOS EM PROGRAMA DE TREINAMENTO RESISTIDO SOBRE A COMPOSIÇÃO CORPORAL, FORÇA MUSCULAR, CAPACIDADE FUNCIONAL, BIOMARCADORES SANGUÍNEOS E COGNIÇÃO EM MULHERES IDOSAS TREINADAS”*** apresentado a esse Hospital Universitário, estando vinculado ao Programa de Pós-graduação em Educação Física do Centro de Educação Física e Esporte da Universidade Estadual de Londrina;

Considerando o parecer favorável apresentado nas instâncias administrativas que envolvem a realização do estudo.

Informamos que o nosso **parecer é favorável** à realização do projeto acima nominado, resguardando-se o atendimento da legislação vigente.

Atendendo a Resolução 466/12 do Conselho Nacional de Saúde o projeto deverá ser analisado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da UEL (CEP/UEL) para posterior operacionalização.

Conforme **Ofício Circular da Diretoria Superintendente do HU nº 214/2015**, a cópia do parecer de aprovação do CEP/UEL deverá ser apresentado à Chefia e/ou Gerente das unidades envolvidas antes do início da coleta de dados.

Solicitamos que, tão logo o Comitê de Ética emita parecer, essa Diretoria Superintendente seja notificada, para os procedimentos cabíveis relacionados à documentação da pesquisa.

Solicitamos também que, uma vez realizado o estudo, uma cópia seja apresentada a esta Diretoria, para ciência e divulgação.

Em 01/08/2019

Erfa. Ma. Vivian Bazon El Reda Feijó
Diretora Superintendente

Comissão de Avaliação de Projetos de Pesquisa Científica (CAPEC) do HU
Fone: (43)3371-2301

Anexo B – Modelo do recordatório alimentar.

Nome: _____		Data: ____/____/____
Dia da semana do Recordatório: _____		Avaliador: _____
REFEIÇÃO E O HORARIO	Alimentos, bebidas e/ou preparações	Quantidades (gramas ou medida caseira)
Café da manhã Horário: _____		
Lanche manhã Horário: _____		
Almoço Horário: _____		
Lanche tarde Horário: _____		
Jantar Horário: _____		
Ceia Horário: _____		

Anexo C – Exemplos de porções apresentadas às participantes.

ANEXO C – Exemplos de porções apresentadas às participantes

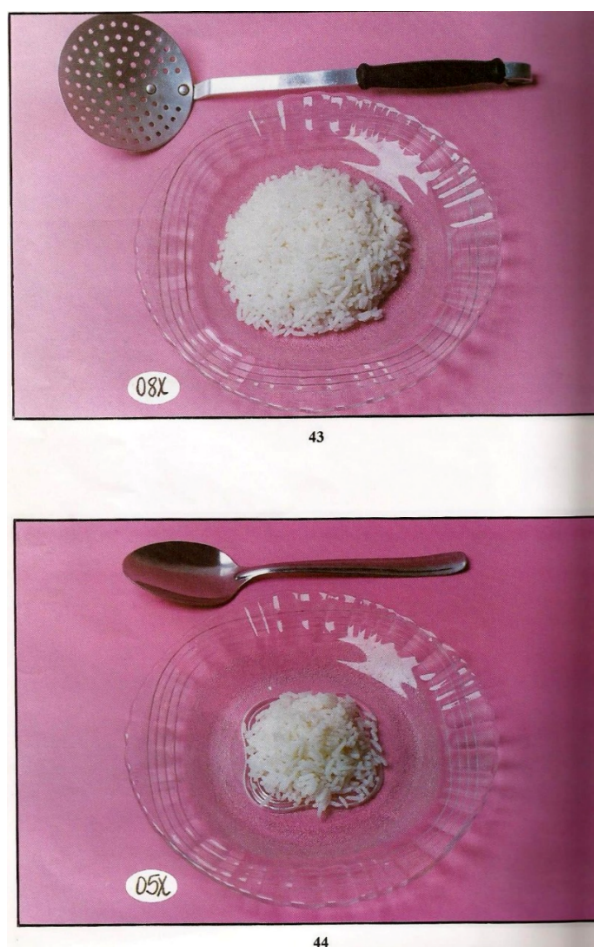


Uma concha pequena

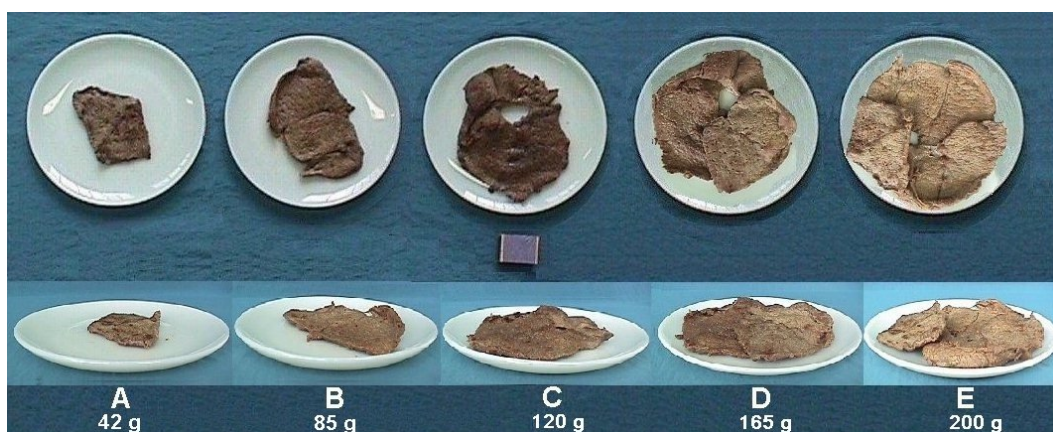


Uma concha média

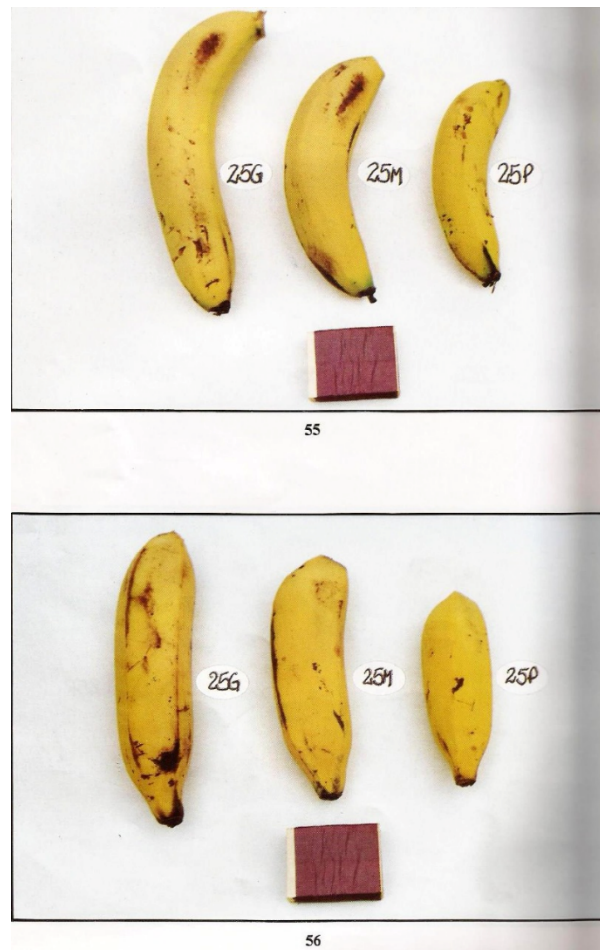
Exemplo 1. Porções de feijão



Exemplo 2. Porções de arroz



Exemplo 3. Porções de carne bovina



Exemplo 4. Diferentes tamanhos de banana.