

RESSALVA

Atendendo solicitação do(a) autor(a), o texto completo desta dissertação será disponibilizado somente a partir de 01/03/2025.

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 (GEPEMENE). 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”. Aprendi 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 X_C), ajustados pela estatura. Essas informações são representadas em um gráfico R - X_C , 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 X_C 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 X_C 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 X_C . 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 - X_C , 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).

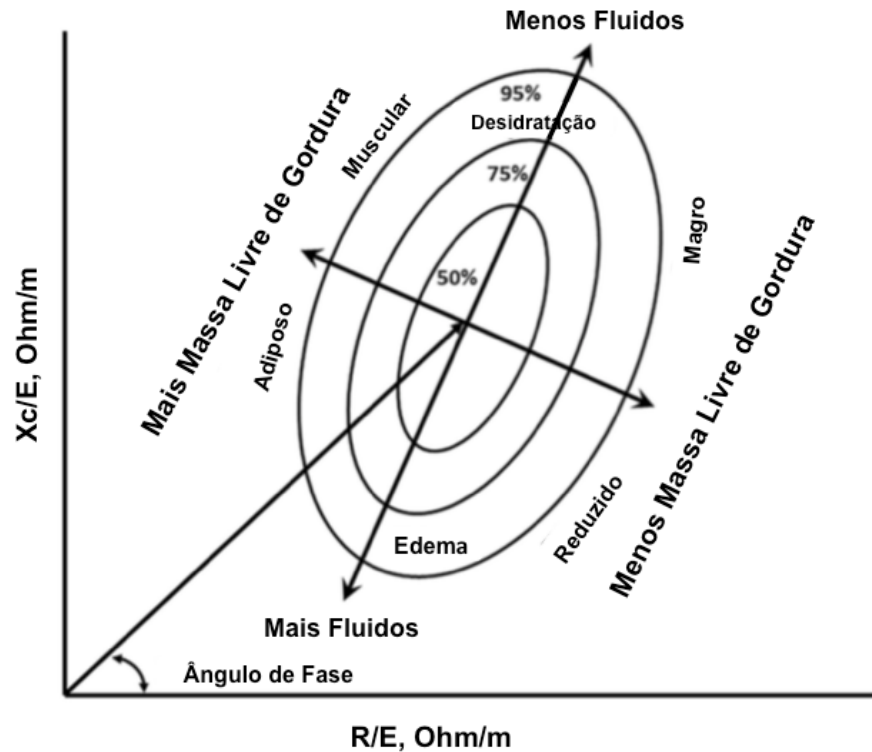


Figura 1 – Classificação da hidratação e estado celular usando o ângulo de fase e comprimento e posição do vetor no gráfico R-Xc, adaptado de Lukaski e Talluri (2023).

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 Xc/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 a 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.

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 metabolismo**, 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.