

Universidade Estadual do Norte do Paraná

Repositório Institucional UENP

<https://repositorio.uenp.edu.br>

Programa de Pós-Graduação em Ciências do Movimento Humano Dissertações

2024-12-05

Relação entre a força muscular e os parâmetros da impedância bioelétrica total e localizada em adultos

Vaz, Brenda Carla de Sene

Universidade Estadual do Norte do Paraná

<https://repositorio.uenp.edu.br/handle/123456789/776>

Baixado de Repositório Institucional UENP

BRENDA CARLA DE SENE VAZ



**RELAÇÃO ENTRE A FORÇA MUSCULAR E OS
PARÂMETROS DA IMPEDÂNCIA
BIOELÉTRICA TOTAL E LOCALIZADA EM
ADULTOS**

**RELAÇÃO ENTRE A FORÇA MUSCULAR E OS
PARÂMETROS DA IMPEDÂNCIA BIOELÉTRICA TOTAL E
LOCALIZADA EM ADULTOS**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências do Movimento Humano – PPGCMH/UENP, do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Estadual do Norte do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciências do Movimento Humano.

Orientador: Prof. Dr. Ezequiel Moreira Gonçalves

BRENDA CARLA DE SENE VAZ

**RELAÇÃO ENTRE A FORÇA MUSCULAR E OS
PARÂMETROS DA IMPEDÂNCIA BIOELÉTRICA TOTAL E
LOCALIZADA EM ADULTOS**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências do Movimento Humano – PPGCMH/UENP, do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Estadual do Norte do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciências do Movimento Humano.

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Ezequiel Moreira Gonçalves
Universidade Estadual do Norte do Paraná

Profa. Dra. Laís Campos de Oliveira
Universidade Estadual do Norte do Paraná

Profa. Dra. Tathiane Krahenbühl
Universidade Federal do Amazonas

Jacarezinho, 05 de dezembro de 2024.

Para minha pequena família, que manteve um lar cheio de amor e acolhimento mesmo com os meus momentos de ausência; e para os meus pacientes que apoiaram e compreenderam minha necessidade de crescer e aprender.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, porque Ele esteve no comando da minha vida todas as vezes que achei ter perdido o controle, e me surpreendeu com seus projetos: cada um deles sempre foi melhor do que eu havia planejado para mim;

Agradeço à toda a minha família, especialmente a que acabei de construir: Gabriely, Teresa e Carol foram a pedra fundamental que me sustentou durante toda a aventura acadêmica que o mestrado, por vezes, demonstrou ser;

Agradeço às irmãs que o mestrado me deu, pois juntas, não apenas construímos nossos trabalhos, mas também construímos laços de cumplicidade, carinho e respeito: Pâmela, Maria Eduarda, Natália, Jeniffer e Núbia, muito obrigada por toda a ajuda e todos os dias compartilhados. Sem dúvidas a companhia de vocês foi fundamental para que tornar esse processo muito mais leve. A vocês, todo o meu amor e gratidão!

Agradeço ao meu orientador, Ezequiel Moreira Gonçalves, por durante todo o caminho ser um ótimo exemplo de ser humano, família, amigo, professor e orientador. Ter vivido essa experiência ao lado do Ezequiel modificou toda a minha perspectiva do “fantástico mundo acadêmico”. Suas lições diárias de amor, humildade, paciência e dedicação tornaram todo o processo muito mais leve, e seu acolhimento, de fato, permitiu que eu caminhasse até a linha de chegada. Para sempre serei grata a Deus por essa oportunidade de aprender tanto com ele;

Por último, mas não menos importante, agradeço a cada paciente que, ao meu lado, se alegrou desde o resultado do processo seletivo para esse programa, que compreendeu minha ausência, e não se importou de modificar seus horários e compromissos para que eu pudesse me dedicar ao mestrado. A compreensão e bondade de vocês comigo também me ensinou muito durante toda a caminhada.

RESUMO

Introdução: A análise de impedância bioelétrica (BIA) tem sido associada a variáveis de saúde importantes, para além da composição corporal, como o desempenho muscular. A BIA realizada de forma localizada em grupos musculares específicos (L-BIA) pode fornecer informações sobre a fisiologia e a integridade dos músculos analisados e auxiliar na compreensão da sua relação com força muscular, o que poderia facilitar a avaliação e monitoramento do desempenho de indivíduos em programas de treinamento resistido de forma prática, rápida e não invasiva. **Objetivo:** Verificar a relação entre a força muscular determinada pelo dinamômetro isocinético e os parâmetros da BIA e L-BIA em adultos jovens de ambos os sexos. **Métodos:** Trata-se de um estudo transversal. No total, 66 universitários (18 a 30 anos) foram incluídos no estudo (41 mulheres). Foram determinados massa gorda (MG em Kg) e relativa (%MG) e tecido mole magro (TMM em Kg) pela absorciometria por dupla emissão de raio-x (DXA), resistência (R), reactância (Xc) e ângulo de fase (AngF) total e localizada nos músculos do quadríceps (coxa) utilizando um equipamento de BIA tetrapolar unifrequência de 50 khz e o Pico de torque (PT) e pico de torque médio (PTM) isométrico e isocinético de extensão do joelho utilizando o dinamômetro isocinético. **Resultados:** O TMM foi a variável que melhor explicou a variância do PT e PTM isométrico e isocinético em ambos os sexos ($R^2_{ajust} \geq 0,60$; $p < 0,001$). No sexo masculino, as variáveis R-total, Xc-total e Xc-coxa apresentaram maiores relações com os indicadores de força muscular (R^2_{ajust} : 0,25 a 0,45; $p < 0,05$). No grupo feminino, a R-total e R-coxa foram os parâmetros da BIA que apresentaram maiores relações com os indicadores de força muscular (R^2_{ajust} : 0,25 a 0,46; $p < 0,05$). Sendo, a R-coxa, o único parâmetro que explicou de forma significativa (β : -0,292; $p = 0,029$) e independente do TMM um indicador de força muscular (PTM isométrico), todos os outros parâmetros da BIA total ou da coxa não demonstraram relações significativas de forma independente, quando ajustados pelo TMM. Na comparação entre os tercís do TMM, em ambos os sexos, foi observado que a quantidade de TMM influenciou na força muscular e nos parâmetros da BIA total e da coxa ($p < 0,05$). **Conclusão:** Em nossa amostra, observamos relações significativas entre as variáveis da BIA total e localizada e as variáveis de força muscular em ambos os sexos, essas relações foram mais importantes considerando as variáveis R-total, Xc-total e Xc-coxa, no grupo masculino e R-coxa no grupo feminino. No entanto, com exceção da R-coxa no grupo feminino, que foi um preditor independente do PTM isométrico, todas as relações foram dependentes do TMM.

Palavras-chave: Bioimpedância; Composição corporal; Dinamômetro de força muscular.

ABSTRACT

Introduction: Bioelectrical impedance analysis (BIA) has been associated with important health variables, in addition to body composition, such as muscle performance. BIA performed in a localized manner in specific muscle groups (L-BIA) can provide information about the physiology and integrity of the analyzed muscles and help in understanding their relationship with muscle strength, which could facilitate the evaluation and monitoring of the performance of individuals in resistance training programs in a practical, fast and non-invasive way.

Objective: To verify the relationship between muscle strength determined by the isokinetic dynamometer and the parameters of BIA and L-BIA in young adults of both sexes. **Methods:** This is a cross-sectional study. In total, 66 university students (18 to 30 years old) were included in the study (41 women). Fat mass (FM in kg) and relative mass (%FM) and lean soft tissue (LST in kg) were determined by dual-energy X-ray absorptiometry (DXA), resistance (R), reactance (Xc) and total and localized phase angle (AngF) in the quadriceps muscles (thigh) using a 50 kHz unifrequency tetrapolar BIA equipment and the Peak torque (PT) and mean peak torque (PTM) isometric and isokinetic of knee extension using the isokinetic dynamometer. **Results:** The LST was the variable that best explained the variance of the PT and PTM isometric and isokinetic in both sexes ($R^2_{\text{adjusted}}: \geq 0.60$; $p < 0.001$). In males, the variables R-total, Xc-total and Xc-thigh showed greater relationships with indicators of muscle strength ($R^2_{\text{adjusted}}: 0.25$ to 0.45 ; $p < 0.05$). In the female group, R-total and R-thigh were the BIA parameters that showed greater relationships with indicators of muscle strength ($R^2_{\text{adjusted}}: 0.25$ to 0.46 ; $p < 0.05$). R-thigh was the only parameter that significantly explained ($\beta: -0.292$; $p = 0.029$) and independently of LST an indicator of muscle strength (isometric PTM), none of the other parameters of total or thigh BIA demonstrated significant relationships independently, when adjusted by LST. In the comparison between the tertiles of LST, in both sexes, it was observed that the amount of LST influenced muscle strength and the parameters of total and thigh BIA ($p < 0.05$). **Conclusion:** In our sample, we observed significant relationships between the total and localized BIA variables and the muscle strength variables in both sexes. These relationships were more important considering the variables R-total, Xc-total and Xc-thigh in the male group and R-thigh in the female group. However, with the exception of R-thigh in the female group, which was an independent predictor of isometric PTM, all relationships were dependent on LST.

Key words: Bioimpedance; Muscle strength dynamometer; Body composition.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Princípios da BIA das características físicas à composição corporal. Adaptado de Kyle et al., (2004).....	13
Figura 2. Comportamento de condutividade elétrica na massa muscular e na gordura. (GONÇALVES et al., 2022).....	14
Figura 3. Comportamento da reactância na integridade da membrana celular. (GONÇALVES et al., 2022).....	15
Figura 4. Comportamento ângulo de fase (AngF), de acordo com as alterações da resistência (R) e da reactância (Xc). Adaptado de Chumlea, Baumgartner (1988).	15
Figura 5. A relação entre inflamação, estresse oxidativo, dano celular, ângulo de fase e desfechos desfavoráveis. Adaptado de Da Silva et al., (2023).....	16
Figura 6. Posicionamento dos eletrodos para medida de L-BIA da perna direita: isquiotibiais, quadríceps e panturrilha. Adaptado de Mascherini et al. (2015).....	19
Figura 7: Configuração do posicionamento dos eletrodos e separação das distâncias utilizadas para a coleta de dados. Adaptado de Freeborn e Fu (2019).....	20

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

1RM	1 Repetição Máxima
AEC	Água Extracelular
AIC	Água Intracelular
AngF	Ângulo de Fase
BIA	Análise de Impedância Bioelétrica
DXA	Absorciometria por Dupla Emissão de Raio-X
IMC	Índice de Massa Corporal
AngF-coxa	Ângulo de Fase Localizado de quadríceps
L-BIA	Análise de Impedância Bioelétrica Localizada
R-coxa	Resistência Localizada
Xc-coxa	Reatância Localizada
MG	Massa Gorda Absoluta
MG%	Percentual de Gordura
PTM	Média do Pico de Torque
PT	Pico de Torque
R	Resistência
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
TMM	Tecido Mole Magro
Xc	Reatância
Z	Impedância Elétrica

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	10
2. OBJETIVOS E HIPÓTESES.....	12
2.1. Objetivo Geral.....	12
2.2. Objetivos Específicos.....	12
2.3. Hipóteses.....	12
3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	13
3.1. Análise da Impedância Bioelétrica (BIA).....	13
3.2. Análise da Impedância Bioelétrica Localizada (L-BIA).....	17
3.3 BIA e força muscular.....	21
4. REFERÊNCIAS.....	23
5. ARTIGO CIENTÍFICO.....	30
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	53
APÊNDICES.....	54
ANEXOS.....	58

1. INTRODUÇÃO

A análise da impedância bioelétrica (BIA) é um método não invasivo, simples, rápido e seguro, frequentemente utilizado para estimar a composição corporal (1). Adicionalmente, os parâmetros da BIA têm sido associados a outros indicadores importantes em saúde, como integridade celular (2), sarcopenia (3), mortalidade para diversas doenças, como a COVID-19 (4), câncer (5–7), esclerose lateral amiotrófica (8) e fibrose pulmonar idiopática (9), e ainda, apresentou associações com o desempenho físico (10–12).

O ângulo de fase (AngF) é um parâmetro derivado dos valores brutos obtidos pela BIA, e tem sido muito estudado devido à sua função diagnóstica e prognóstica, principalmente em populações acometidas por diversas doenças (2). Apesar disto, estudos também têm verificado a relação positiva entre o AngF e o desempenho muscular de indivíduos saudáveis e atletas de diferentes idades (11,13,14).

Normalmente, a avaliação da BIA e do AngF são realizadas considerando o corpo todo, utilizando quatro eletrodos (dois no dorso da mão e dois no dorso do pé). No entanto, estudos anteriores têm proposto a utilização da BIA de forma localizada (L-BIA), como uma abordagem alternativa para avaliar o comportamento de músculos ou grupos musculares específicos (15–18). A princípio, a L-BIA seria capaz de fornecer detalhes sobre a fisiologia de um tecido muscular de interesse (19), demonstrando ser sensível para detectar diferentes tipos de lesão por intermédio das alterações da resistência (R), reatância (X_c) e ângulo de fase (AngF) em jogadores profissionais de futebol (16,17,20), e ainda, sendo um possível preditor independente da força muscular avaliada pelo dinamômetro isocinético (18).

Ademais, já foi demonstrado que a L-BIA é uma ferramenta eficaz para monitorar e quantificar as alterações musculares que ocorrem em tecidos localizados, como edema e danos musculares durante atividades extenuantes (15,21,22). Há, ainda, evidências mostrando a associação entre a L-BIA e o desempenho muscular de adultos saudáveis, como por exemplo, relações entre o AngF localizado e a potência de membros inferiores em adultos saudáveis (11). Nesse sentido, os parâmetros obtidos por meio da L-BIA podem contribuir para a compreensão da fisiologia muscular envolvendo grupos musculares específicos.

A avaliação força muscular é essencial para monitorar a saúde e o desempenho, uma vez que a força muscular é um dos principais determinantes da saúde (23), e do envelhecimento saudável (24), além de estar relacionada à performance(25,26). A diminuição da força muscular é grave, pois está associada à aumento da morbidade e mortalidade por todas as causas em diferentes populações (27,28).

A relação entre a força muscular e o AngF ainda não está clara. Alguns autores discutem que essa relação pode ser explicada pelos aspectos da composição corporal capazes de afetar a produção de força do indivíduo, como quantidade e qualidade do músculo e diferenças na distribuição de água intra e extracelular(29,30). Apesar das vantagens do uso da BIA, ainda não está claro se os parâmetros por ela apresentados podem ser utilizados como preditores da força muscular, possibilitando que essa ferramenta seja empregada como forma de monitoramento dos resultados do treino de força, e ainda, de que forma a composição corporal interfere no ângulo de fase da L-BIA e na sua relação com a força muscular.

2. OBJETIVOS E HIPÓTESES

2.1. Objetivo geral

Analisar a relação entre a força muscular determinada pelo dinamômetro isocinético e os parâmetros da BIA (R, Xc e AngF) total e localizada em adultos jovens de ambos os sexos.

2.2. Objetivos específicos

Analisar o comportamento das relações entre os parâmetros da L-BIA e a força muscular de acordo com os sexos.

Verificar se a relação entre os parâmetros da L-BIA e o desempenho de força, são independentes da composição corporal, determinada pela absorciometria por dupla emissão de raio x (DXA).

Comparar os indicadores de força muscular e os parâmetros da L-BIA de acordo com os níveis de TMM (tercis).

2.3. Hipóteses

Espera-se que os parâmetros obtidos pela BIA e L-BIA apresentem relação com a força muscular de membros inferiores de jovens de ambos os sexos. Espera-se que o AngF seja um preditor de força muscular independente da composição corporal avaliada pela DXA. Espera-se ainda, que os valores dos parâmetros obtidos da BIA e L-BIA e sua relação com a força muscular seja diferente entre os sexos, influenciadas pelas diferenças da composição corporal observada entre os sexos.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 Análise de impedância bioelétrica (BIA)

A BIA ganhou destaque como um método para estimar a composição corporal por meio da publicação de Lukaski e colaboradores(31), embora o uso da BIA para estimar ou prever a água corporal total (ACT) já tivesse sido proposto alguns anos antes por outros autores (31,32). Lukaski em sua publicação, teve como objetivo desenvolver um método para utilizar as medições de impedância bioelétrica para avaliar a massa isenta de gordura (MIG), determinar a confiabilidade das medidas de impedância e investigar a validade desta medida em comparação com índices e estimativas padrão para a composição corporal humana(31).

A aplicação da BIA se baseia na introdução de uma corrente de baixa voltagem (50kHz) que percorre o corpo por intermédio da fixação de eletrodos. Geralmente esses eletrodos são fixados na superfície dorsal da mão e do pé. Por conta da corrente elétrica, os tecidos do corpo oferecem oposições diferentes, determinando o conceito de impedância elétrica (Z), na qual inclui a determinação de dois parâmetros em Ohm (Ω): a R , relacionada a hidratação dos tecidos, e a X_c , relacionada com a capacidade das membranas celulares em retardar o fluxo elétrico(33).

A R de um material condutivo homogêneo e uniforme é proporcional ao seu comprimento e inversamente proporcional à sua área transversal (Figura 1), portanto, ainda que o corpo não seja um cilindro uniforme, assemelha-se como uma junção de cinco cilindros (tronco, braços e pernas), assim, a R encontrada no corpo é proporcional ao comprimento, e inversamente proporcional à área de secção transversa, logo, quanto maior for o comprimento e menor for a circunferência, maior será o valor de R (33).

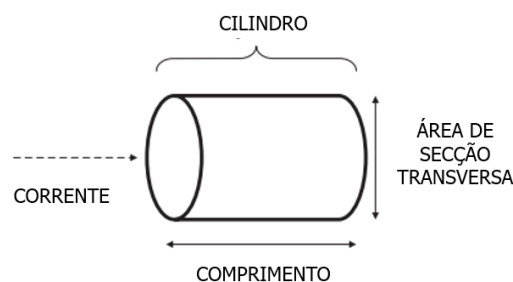


Figura 1. Princípios da BIA: das características físicas à composição corporal. Modelo cilíndrico da relação entre a impedância e a geometria. A resistência de um material condutor e de comprimento uniforme é proporcional ao seu comprimento e inversamente proporcional à sua área de secção transversa (Adaptado de KYLE et al., 2004(33)).

Se tratando ainda da R, os componentes responsáveis por essa variável são a água intra e extracelular (componentes resistivos fisiológicos). Assim, tecidos mais hidratados, como o tecido muscular, composto em média por 73% de água(34), apresentam maior facilidade na condução da corrente elétrica. Em contrapartida, tecidos menos hidratados (como o tecido adiposo e tecido ósseo), apresentam maior dificuldade na condução da corrente elétrica, logo, o valor de R nesses tecidos é maior(33,35). (Figura 2).

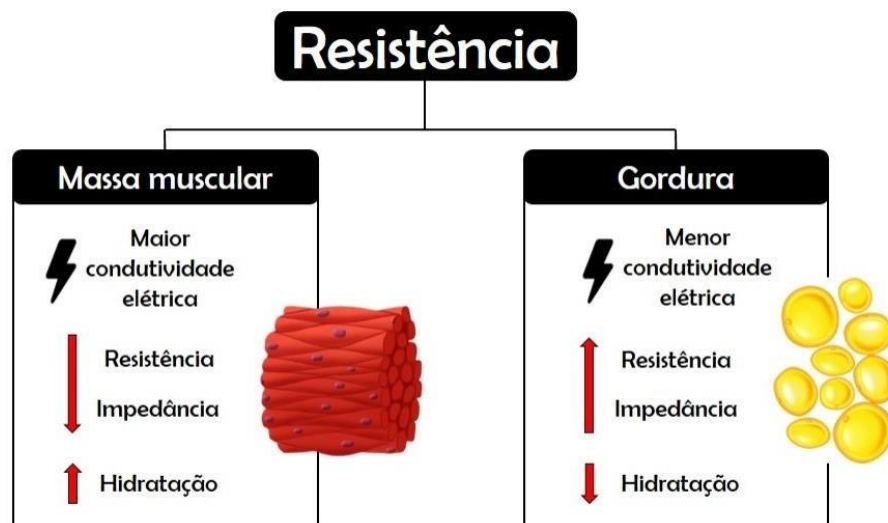


Figura 2: Comportamento de condutividade elétrica na massa muscular e na gordura (36).

A X_c , por sua vez, é o componente capacitivo dos tecidos, presente nas membranas celulares que separam o fluido intra e extracelular, ou seja, quando a corrente elétrica entra no corpo, as membranas celulares a recebem e liberam após um período de tempo. O valor de X_c pode variar por diversos motivos, como a função, integridade e composição de cada membrana celular, onde valores altos de X_c estão relacionadas com uma melhor integridade da membrana celular (33) como ilustrado na figura 3.

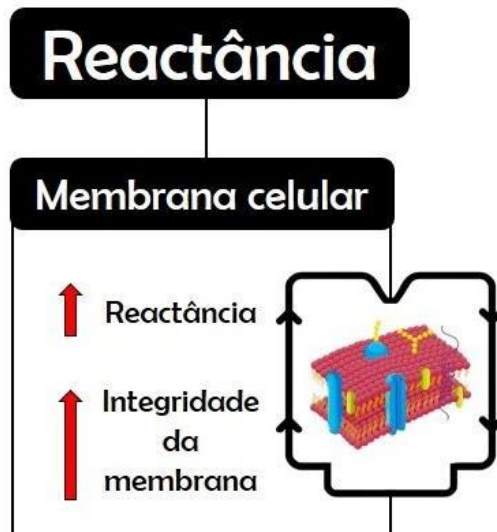


Figura 3: Comportamento da reactância na integridade da membrana celular (36).

A relação apresentada pela R e Xc nos tecidos do corpo representa diferentes propriedades elétricas, sendo influenciadas e afetadas de diversas maneiras por doenças, estado nutricional, estado de hidratação, entre outros (33). O AngF é um dado obtido por meio dos valores de R e Xc, utilizando a fórmula arco-tangente $(Xc/R) \times 180/\pi$ (37) e tem sido associado com a função e integridade celular além de alterações no equilíbrio de fluídos intra e extracelular (19). O comportamento do AngF de acordo com as alterações de resistência e reatância pode ser observado na Figura 4.

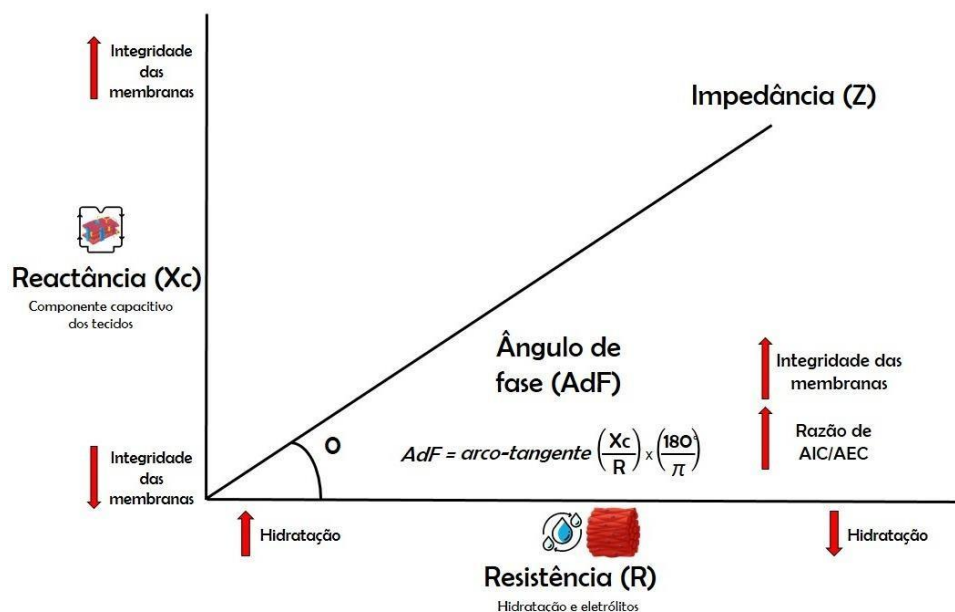


Figura 4: Comportamento ângulo de fase (AngF), de acordo com as alterações da resistência (R) e da reatância (Xc)(36).

O AngF é considerado uma abordagem qualitativa para a análise da composição corporal avaliada pela BIA (1). Por ser determinado pelos valores de R e Xc, representa a tanto o estado de hidratação, ou seja, a distribuição da água corporal entre água intra corporal (AIC) e água extra corporal (AEC), quanto à integridade das membranas celulares. Os valores de ângulo de fase já se mostraram de grande importância para prever diversos prognósticos em saúde(3,38,39) por estarem relacionados à integridade celular e serem marcadores de saúde em geral(40,41).

Da Silva e colaboradores(41) verificaram a relação entre o AngF, a inflamação e o estresse oxidativo em uma amostra de pacientes internados com diferentes diagnósticos. Em sua revisão, discutem que por estarem relacionados à massa celular e à hidratação, valores mais baixos de AngF estão associados a uma menor massa celular e desequilíbrios na água celular (expansão de AEC ou aumento da razão AEC/ACT), o que é uma condição comum a indivíduos doentes(41). A figura 5 apresenta um panorama geral de como a inflamação é capaz de modificar o AngF.

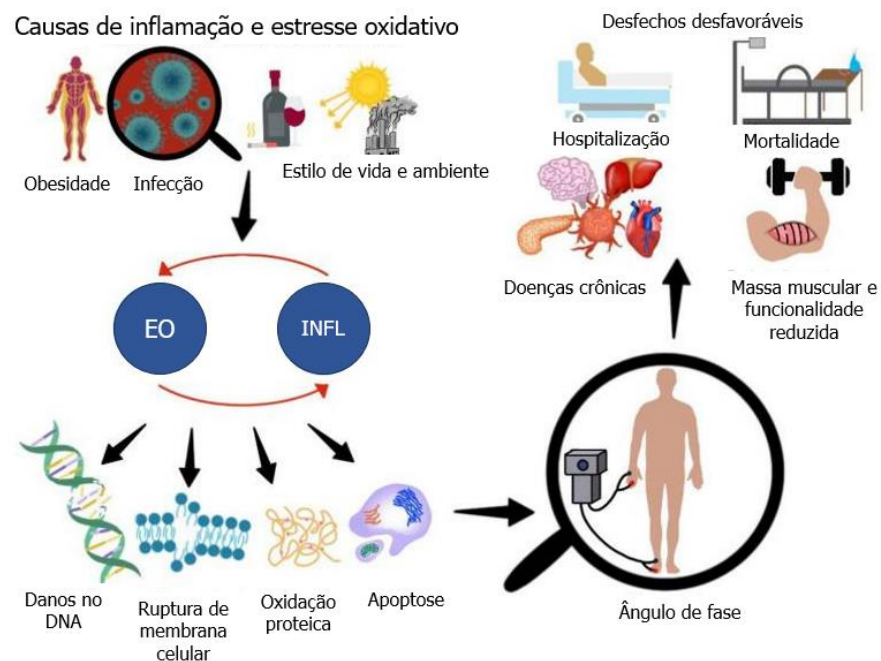


Figura 5: A relação entre inflamação, estresse oxidativo, dano celular, ângulo de fase e desfechos desfavoráveis (Adaptado de DA SILVA et al., 2023)(41).

Patógenos, fatores ambientais, aumento da massa de gordura e estilo de vida (como etilismo e tabagismo) podem desencadear respostas inflamatórias e de estresse oxidativo, e ambos podem promover danos em diversas estruturas celulares, levando à morte celular. Essa

sinalização pró-inflamatória está relacionada a diversas doenças (cardiovasculares, metabólicas, neurodegenerativas e câncer), além de levar à perda de massa muscular, diminuição da função física, aumento do tempo de hospitalização e mortalidade. Esse dano celular é refletido na avaliação da X_c , e pode contribuir para um baixo ângulo de fase. Por essa razão, o AngF tem sido associado a diversas doenças crônicas e mortalidade(41).

É importante mencionar que o AngF pode variar com relação às características do indivíduo: sexo, altura, peso, índice de massa corporal (IMC) e idade são algumas das características que influenciam no valor do AngF(3,42). Bost-Weastphal e colaboradores(42) avaliaram resultados relacionados à idade, sexo, peso, altura, IMC e AdF de uma grande base de dados alemã. O estudo investigou a correlação do AngF com as características físicas de crianças e adolescentes ($n=15605$) e adultos ($n=214723$). Em crianças, os autores puderam observar que o AngF aumentou com o avanço da idade e acompanhou o aumento de IMC, e não houve diferença entre os sexos para os grupos com idade menor que 14 anos. Entretanto, no grupo de adolescentes entre 14 e 17 anos, o AngF foi maior nos homens do que nas mulheres(42).

Para os adultos, os autores puderam observar que o AngF foi significativamente maior em homens do que em mulheres em todas as categorias, exceto para indivíduos maiores que 70 anos. Também puderam observar que o ângulo de fase diminuiu com o avanço da idade. Além disso, nos adultos, o ângulo de fase diminuiu nos grupos com maior IMC ($IMC > 35 \text{ kg/m}^2$). Outros autores também observaram uma relação inversa entre o AngF e o IMC (3,43). Como a obesidade está associada a um estado pró-inflamatório crônico, indivíduos com valores de IMC mais elevados também podem apresentar danos à membrana celular, contribuindo ainda mais para o desequilíbrio de fluídos e um ângulo de fase mais baixo(42).

Apesar dos vários estudos envolvendo amostras de pacientes em diversas condições de saúde(4,39,44,45), a avaliação do ângulo de fase também está sendo relacionada à diferentes desfechos em populações com indivíduos saudáveis, como força muscular, potência muscular e aptidão cardiorrespiratória(1,46).

3.2 Análise de impedância bioelétrica localizada (L-BIA)

A análise de impedância bioelétrica localizada (L-BIA) é uma abordagem alternativa utilizando a BIA para determinar alterações nos componentes bioelétricos (R , X_c e AngF), e que pode ser usada para avaliar alterações na hidratação dos tecidos moles, integridade da membrana celular e integridade estrutural de uma determinada área do corpo(47). A L-BIA tem sido utilizada para avaliar grupos musculares específicos e obter informações complementares

sobre o estado de saúde e desempenho físico, tanto em populações de pacientes (48), quanto em indivíduos saudáveis(11) e atletas(49).

Nescolarde e colaboradores(20) encontraram na L-BIA a possibilidade de avaliar o tipo e o grau da lesão de um segmento muscular específico. Os autores estudaram prospectivamente, 37 lesões em 32 jogadores de futebol de elite, que possuíam entre 20 e 30 anos, durante o período das temporadas de 2016-2017 e 2017-2018, com o objetivo de comparar os achados das imagens de ressonância magnética aos parâmetros da L-BIA. As lesões foram classificadas pelo local afetado (lesões tendinosas, lesões de junção miotendinosa e lesões de junção miofascial) e pela severidade da lesão (variando de um a quatro, sendo um pequenas lesões e quatro lesões completas, que foram excluídas do estudo). As medidas de L-BIA foram realizadas do lado afetado e do lado não afetado em até 24 horas após a ocorrência da lesão. A gravidade da lesão foi caracterizada pela porcentagem da diferença entre a perna afetada e a contralateral nos parâmetros da L-BIA (R, Xc e AngF).

Os eletrodos detectores de tensão (vermelhos) foram posicionados cinco centímetros proximalmente e cinco centímetros distalmente ao centro da lesão, e dois eletrodos injetores de corrente (pretos) foram colocados próximos aos eletrodos detectores de tensão. Após a análise estatísticas, os autores observaram que as mudanças anatômicas relacionadas à lesão tendinosa não se refletiram nos parâmetros da L-BIA 24 horas após a lesão. No entanto, lesões de junção miotendinosas e miofasciais apresentaram mudanças significativas nos parâmetros de R (-11% e -19% respectivamente), Xc (-20% e -34% respectivamente) e AngF (-10% e -17% respectivamente).

Em uma segunda análise, foi possível diferenciar os graus de lesão em (1, 2 e 3) por meio da porcentagem da diferença da avaliação dos parâmetros entre o membro afetado e o membro saudável. Sendo assim, os autores concluíram que a L-BIA é uma ferramenta capaz de diferenciar as lesões de junção miofascial e miotendínea, além de discriminar os graus da lesão. A sensibilidade do método mostra-se maior na diferença percentual da Xc após 24 horas de lesão, o que pode estar relacionado à ruptura das células musculares. Portanto, a L-BIA é uma ferramenta rápida e prática que pode ser incorporada também como método de avaliação complementar de lesão em jogadores de futebol(20).

Mascherini e colaboradores (2015)(15), utilizaram a L-BIA para descrever a composição corporal de um grupo de jogadores de futebol de elite (n=59), além de verificar qualquer possível modificação na composição corporal total e localizada devido ao treinamento físico. Os participantes foram avaliados quanto ao peso, estatura, dobras cutâneas, circunferência de cintura, quadril e bíceps, BIA de corpo total e L-BIA (Músculos reto-femoral,

isquiotibiais e tríceps-sural da perna direita e esquerda). Os parâmetros analisados da L-BIA foram: R e Xc normalizados pelo comprimento do segmento (coxa: do trocanter maior à articulação do joelho e perna: da articulação do joelho ao maléolo lateral). A figura 7 mostra o posicionamento dos eletrodos utilizados pelo autor para isquiotibiais, quadríceps e panturrilha, respectivamente (15).

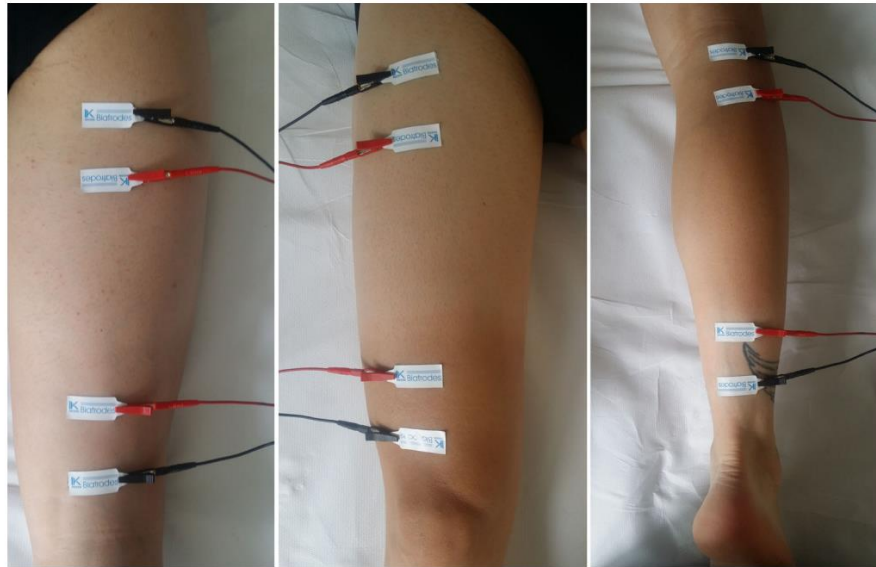


Figura 6: Posicionamento dos eletrodos para medida de L-BIA da perna direita: isquiotibiais, quadríceps e panturrilha (15).

Os achados permitiram aos autores concluir que o uso integrado da antropometria, dobras cutâneas, e análise de impedância bioelétrica total e localizada propicia uma avaliação completa da composição corporal, e pode ser usado na avaliação inicial e após um programa de treinamento. Além disso, a L-BIA apresenta dados úteis sobre a hidratação e massa celular de um segmento corporal específico, podendo ser um método para determinar desidratação periférica que pode predispor à redução da performance ou acarretar lesão muscular(15).

A análise de L-BIA também já foi utilizada para identificar as mudanças bioelétricas no músculo durante e após um protocolo de exercícios. Freeborn et al., (2019) avaliaram os parâmetros de R, Xc e AngF de 17 voluntários homens (n=14) e mulheres (n=3) antes e durante um exercício multi-set para o músculo bíceps braquial. O exercício foi realizado para cada participante utilizando uma intensidade de 60 ou 75% de 1RM previamente avaliado. As séries foram realizadas até a fadiga. Após cada série, os participantes tiveram dois minutos de descanso e assim, puderam retomar a próxima série. Esse protocolo se repetiu até que cada voluntário completasse 10 séries. A avaliação de L-BIA foi realizada para cada participante

utilizando quatro eletrodos, posicionados lateralmente no bíceps (Figura 8). As medidas foram realizadas antes do início do protocolo e após cada série(21).

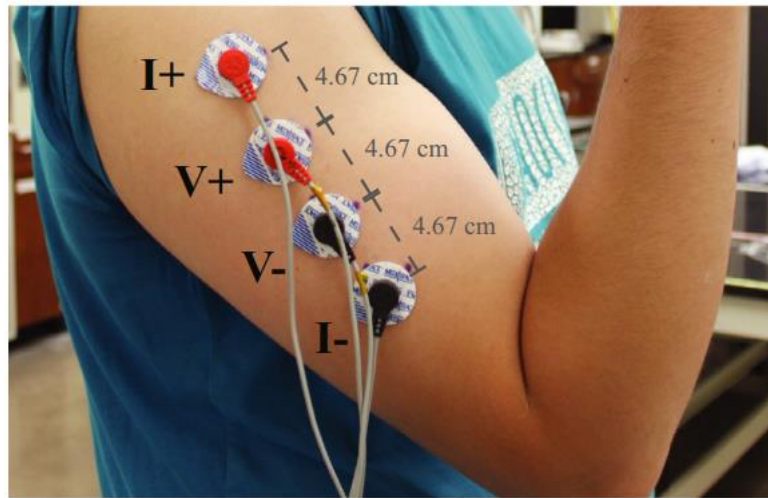


Figura 7: Configuração do posicionamento dos eletrodos e separação das distâncias utilizadas para a coleta de dados(21).

Os autores observaram que após a fadiga, há uma redução tanto da Xc quanto da R quando comparado com as medidas iniciais. Quando observadas as diferenças durante o protocolo, não ocorreram diferenças estatisticamente significativas na resistência após a primeira série de repetições. As primeiras diferenças a aparecer ocorreram entre a 4ª e 5ª séries, tanto para o grupo de 60 (Pré: 31,48 – Pós: 29,81) quanto para o grupo de 75% (35,19 – Pós:32,54) de 1RM. A diminuição da resistência observada nos participantes foi resultado do inchaço da musculatura que ocorre como resultado do exercício. A Xc, por sua vez, também apresentou redução significativa (Grupo 60% 1RM - Pré: 10,52/ Pós: 8,66), o que pode estar relacionado com lesão da estrutura muscular(21).

Fukuoka e colaboradores avaliaram as mudanças dos parâmetros brutos da L-BIA durante um protocolo de exercícios no dinamômetro isocinético em um grupo de mulheres jovens universitárias (n=30). As participantes realizaram o movimento de extensão e flexão de joelho no dinamômetro isocinético em três séries de dez repetições, com um minuto de repouso entre elas. Os autores observaram que os valores de R e Xc localizadas diminuíram no decorrer das séries, e ainda, que o AngF apresentou uma associação com o desempenho do exercício de séries múltiplas na primeira série e na média do pico de torque entre todas as três séries, independente do tecido mole magro total e da perna direita(18).

Diante disso, é possível notar as possíveis aplicações da L-BIA como um método para monitorar mudanças morfológicas e fisiológicas que ocorrem no músculo esquelético. É

importante, ainda, observar as diferenças que podem ser apresentadas na composição corporal e nos valores da L-BIA quando comparamos indivíduos do sexo feminino e do sexo masculino.

Mascherini e colaboradores (2017)(50), compararam a diferença entre os sexos em termos de composição corporal utilizando um modelo de três compartimentos e uma análise de L-BIA em atletas de futebol de elite(50). Neste estudo, 36 atletas de futebol (50% mulheres) foram avaliados por meio da análise de impedância bioelétrica total e localizada. A análise de L-BIA foi realizada do lado direito do corpo para a musculatura de quadríceps, isquiotibiais e panturrilha. Os autores encontraram menores valores nos parâmetros de R e maiores valores de Xc e AngF da BIA nos homens em comparação às mulheres, demonstrando maior teor de água e de massa celular no grupo masculino.

Com relação à L-BIA, essa tendência se repetiu: Maiores valores de Xc e AngF e menores valores de R foram observados nos participantes do sexo masculino para todos os grupos musculares (quadríceps, isquiotibiais e panturrilha), exceto para a panturrilha, em que as mulheres apresentaram maiores valores de Xc. Esses achados são relevantes, já que nos grupos de atletas de elite a diferença entre os sexos parece ser reduzida em comparação a indivíduos não treinados, mas mesmo nesses grupos, são encontradas diferenças significativas para os valores obtidos na BIA e L-BIA, demonstrando que os sexos não são comparáveis em relação à composição corporal(50).

3.3 BIA e a força muscular

Os parâmetros obtidos pela BIA e L-BIA vem sendo consistentemente relacionados ao desempenho muscular. Por ser uma ferramenta não invasiva e de fácil manuseio, é de interesse crescente que a avaliação da BIA possa ser utilizada como um método complementar para o monitoramento dos resultados do treinamento de força. Alguns autores já estudaram essa relação. Rodríguez-Rodríguez et al., (12) observaram que um aumento dos valores de AngF esteve relacionado à maiores valores de força de preensão manual em uma amostra de homens saudáveis latino-americanos (n=223). Ao dividir a amostra em tercís de acordo com a força muscular, o terceiro tercil apresentou os níveis mais altos de AngF do que o primeiro e o segundo ($p<0,01$). Os autores sugeriram, nesse estudo, que o AngF está mais correlacionado com a massa muscular magra do que a massa de gordura em adultos saudáveis(12).

Fukuoka et al.,(10) ao avaliarem homens experientes no treinamento de força, encontraram correlação entre o AngF e os valores de salto contra movimento, potência muscular máxima (teste de wingate) e força de membros superiores (Teste de 1RM para supino reto), entretanto, não encontraram relação entre o AngF e a força de membros inferiores avaliada pelo

teste de 1RM no agachamento. Neste estudo, o AngF esteve diretamente associado à produção de potência do salto contra movimento e à força dinâmica resultante do supino reto independente da MIG e da gordura corporal(10).

O estudo de Oliveira et al., (11) avaliou o AngF de corpo total e localizado em uma amostra de mulheres jovens e encontrou relação de ambos com a potência muscular. Além disso, concluiu que mulheres no segundo tercil de potência muscular máxima apresentaram maiores valores de ângulos de fase localizado (13.6 ± 1.5) do que mulheres do primeiro tercil (11.5 ± 1.5). Adicionalmente, os autores não encontraram relação do ângulo de fase total ou localizado com a força muscular de quadríceps obtida pelo dinamômetro isocinético nesta amostra(11).

Langer et al., (2019) observaram que seis meses de treinamento físico foram capazes de aumentar o AngF significativamente, bem como a MIG, a glicemia em jejum e a densidade mineral óssea em uma amostra de homens jovens saudáveis, mesmo os participantes não apresentando reduções significativas da massa de gordura(46).

Mesmo em atletas de diferentes modalidades, o ângulo de fase tem se mostrado um potencial preditor de desempenho muscular de membros superiores e inferiores. Hetherington-Rauth et al., em 2020, observaram que o ângulo de fase de corpo total esteve relacionado tanto à força de membros superiores quanto à potência de membros inferiores de atletas independente da MIG, indicando que o AngF poderia ser aplicado no cenário desportivo como uma ferramenta rápida e acessível para avaliar o desempenho muscular(51).

Portanto, apesar dos inúmeros estudos envolvendo o AngF derivado da BIA total e L-BIA, ainda não está clara a relação dos parâmetros da BIA total e localizada com os dados de força muscular, especialmente em populações com indivíduos saudáveis.

4. REFERÊNCIAS

1. Matias CN, Campa F, Nunes CL, Francisco R, Jesus F, Cardoso M, Valamatos MJ, Homens PM, Sardinha LB, Martins P, Minderico C, Silva AM. Phase Angle Is a Marker of Muscle Quantity and Strength in Overweight/Obese Former Athletes. *Int J Environ Res Public Health*. 2021 Jun 21;18(12):6649. doi: 10.3390/ijerph18126649. PMID: 34205575; PMCID: PMC8296352.
2. Bellido D, García-García C, Talluri A, Lukaski HC, García-Almeida JM. Future lines of research on phase angle: Strengths and limitations. *Rev Endocr Metab Disord*. 2023 Jun;24(3):563-583. doi: 10.1007/s11154-023-09803-7. Epub 2023 Apr 12. PMID: 37043140; PMCID: PMC10090740.
3. Di Vincenzo O, Marra M, Di Gregorio A, Pasanisi F, Scalfi L. Bioelectrical impedance analysis (BIA) -derived phase angle in sarcopenia: A systematic review. *Clin Nutr*. 2021 May 1;40(5):3052–61. <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2020.10.048>
4. Cornejo-Pareja I, Vegas-Aguilar IM, Fernández-Jiménez R, García-García C, Bellido-Guerrero D, Tinahones F, García-Almeida JM. Phase angle and COVID-19: A systematic review with meta-analysis. *Rev Endocr Metab Disord*. 2023 Jun;24(3):525-542. doi: 10.1007/s11154-023-09793-6. Epub 2023 Mar 24. PMID: 36959397; PMCID: PMC10036242.
5. Shi J, Xie H, Ruan G, Ge Y, Lin S, Zhang H, Zheng X, Liu C, Song M, Liu T, Zhang X, Yang M, Liu X, Zhang Q, Deng L, Wang X, Shi H. Sex differences in the association of phase angle and lung cancer mortality. *Front Nutr*. 2022 Dec 22;9:1061996. doi: 10.3389/fnut.2022.1061996. PMID: 36618681; PMCID: PMC9818340.
6. Norman K, Stobäus N, Zocher D, Bosy-Westphal A, Szramek A, Scheufele R, Smoliner C, Pirlich M. Cutoff percentiles of bioelectrical phase angle predict functionality, quality of life, and mortality in patients with cancer. *Am J Clin Nutr*. 2010 Sep;92(3):612-9. doi: 10.3945/ajcn.2010.29215. Epub 2010 Jul 14. PMID: 20631202.
7. García-García C, Vegas-Aguilar IM, Rioja-Vázquez R, Cornejo-Pareja I, Tinahones FJ, García-Almeida JM. Rectus Femoris Muscle and Phase Angle as Prognostic Factor for 12-Month Mortality in a Longitudinal Cohort of Patients with Cancer (AnyVida Trial). *Nutrients*. 2023 Jan 19;15(3):522. doi: 10.3390/nu15030522. PMID: 36771229; PMCID: PMC9919732.
8. Desport JC, Marin B, Funalot B, Preux PM, Couratier P. Phase angle is a prognostic factor for survival in amyotrophic lateral sclerosis. *Amyotroph Lateral Scler*. 2008 Oct;9(5):273-8. doi: 10.1080/17482960801925039. PMID: 18720089.
9. Fernández-Jiménez R, Cabrera Cesar E, Sánchez García A, Espíldora Hernández F, Vegas-Aguilar IM, Amaya-Campos MDM, Cornejo-Pareja I, Guirado-Peláez P, Simón-Frapolli V, Murri M, Garrido-Sánchez L, Martínez Mesa A, Piñel-Jimenez L, Benítez-Cano Gamonoso M, Dalla-Rovere L, García Olivares M, Velasco-Garrido JL, Tinahones-Madueño F, García-Almeida JM. Rectus Femoris Cross-Sectional Area and Phase Angle as Predictors of 12-Month Mortality in Idiopathic Pulmonary Fibrosis Patients. *Nutrients*. 2023 Oct 22;15(20):4473. doi: 10.3390/nu15204473. PMID: 37892547; PMCID: PMC10609753.

10. Fukuoka AH, de Oliveira NM, Matias CN, Teixeira FJ, Monteiro CP, Valamatos MJ, Reis JF, Gonçalves EM. Association between Phase Angle from Bioelectric Impedance and Muscular Strength and Power in Physically Active Adults. *Biology (Basel)*. 2022 Aug 24;11(9):1255. doi: 10.3390/biology11091255. PMID: 36138734; PMCID: PMC9495323.
11. Oliveira NM, Fukuoka AH, Matias CN, Guerra-Júnior G, Gonçalves EM. Is muscle localized phase angle an indicator of muscle power and strength in young women? *Physiol Meas*. 2023 Dec 18;44(12). doi: 10.1088/1361-6579/ad10c5. PMID: 38029441.
12. Rodríguez-Rodríguez F, Cristi-Montero C, González-Ruíz K, Correa-Bautista JE, Ramírez-Vélez R. Bioelectrical Impedance Vector Analysis and Muscular Fitness in Healthy Men. *Nutrients*. 2016 Jul 2;8(7):407. doi: 10.3390/nu8070407. PMID: 27384579; PMCID: PMC4963883.
13. Custódio Martins P, de Lima TR, Silva AM, Santos Silva DA. Association of phase angle with muscle strength and aerobic fitness in different populations: A systematic review. *Nutrition*. 2022 Jan;93:111489. doi: 10.1016/j.nut.2021.111489. Epub 2021 Sep 12. PMID: 34688022.
14. Nabuco HCG, Silva AM, Sardinha LB, Rodrigues FB, Tomeleri CM, Ravagnani FCP, Cyrino ES, Ravagnani CFC. Phase Angle is Moderately Associated with Short-term Maximal Intensity Efforts in Soccer Players. *Int J Sports Med*. 2019 Oct;40(11):739-743. doi: 10.1055/a-0969-2003. Epub 2019 Aug 22. PMID: 31437860.
15. Mascherini, G., Petri, C. & Galanti, G. Integrated total body composition and localized fat-free mass assessment. *Sport Sci Health* **11**, 217–225 (2015). <https://doi.org/10.1007/s11332-015-0228-y>
16. Nescolarde L, Yanguas J, Lukaski H, Alomar X, Rosell-Ferrer J, Rodas G. Effects of muscle injury severity on localized bioimpedance measurements. *Physiol Meas*. 2015 Jan 1;36(1):27–42.
17. Nescolarde L, Yanguas J, Lukaski H, Alomar X, Rosell-Ferrer J, Rodas G. Localized bioimpedance to assess muscle injury. *Physiol Meas*. 2013 Feb;34(2):237-45. doi: 10.1088/0967-3334/34/2/237. Epub 2013 Jan 28. PMID: 23354019..
18. Fukuoka AH, Oliveira NM, Matias CN, Guariglia DA, Guerra-Júnior G, Gonçalves EM. Association between muscle-localized bioelectrical impedance analysis parameters and performance in a multi-set exercise on the isokinetic dynamometer in young women. *Eur J Sport Sci*. 2024 Sep;24(9):1319-1327. doi: 10.1002/ejsc.12167. Epub 2024 Aug 6. PMID: 39106159; PMCID: PMC11369348.
19. Lukaski HC. Evolution of bioimpedance: a circuitous journey from estimation of physiological function to assessment of body composition and a return to clinical research. *Eur J Clin Nutr*. 2013 Jan;67 Suppl 1:S2-9. doi: 10.1038/ejcn.2012.149. PMID: 23299867.
20. Nescolarde L, Terricabras J, Mechó S, Rodas G, Yanguas J. Differentiation Between Tendinous, Myotendinous and Myofascial Injuries by L-BIA in Professional Football

- Players. *Front Physiol.* 2020 Sep 4;11:574124. doi: 10.3389/fphys.2020.574124. PMID: 33013488; PMCID: PMC7500181.
21. Todd J. Freeborn, Bo Fu. Time-course bicep tissue bio-impedance changes throughout a fatiguing exercise protocol, *Medical Engineering & Physics*, Volume 69, 2019, Pages 109-115, ISSN 1350-4533, <https://doi.org/10.1016/j.medengphy.2019.04.006>.
 22. Nescolarde L, Yanguas J, Hernández-Hermoso JA. Localized hamstring bioimpedance in marathon runners is related to muscle high-energy enzyme serum levels and predicts race time. *Front Physiol.* 2024 Mar 5;15:1337119. doi: 10.3389/fphys.2024.1337119. PMID: 38505706; PMCID: PMC10948513.
 23. Ruiz JR, Sui X, Lobelo F, Morrow JR Jr, Jackson AW, Sjöström M, Blair SN. Association between muscular strength and mortality in men: prospective cohort study. *BMJ.* 2008 Jul 1;337(7661):a439. doi: 10.1136/bmj.a439. PMID: 18595904; PMCID: PMC2453303.
 24. McLeod M, Breen L, Hamilton DL, Philp A. Live strong and prosper: the importance of skeletal muscle strength for healthy ageing. *Biogerontology.* 2016 Jun;17(3):497-510. doi: 10.1007/s10522-015-9631-7. Epub 2016 Jan 20. PMID: 26791164; PMCID: PMC4889643.
 25. Mujika I, Rønnestad BR, Martin DT. Effects of Increased Muscle Strength and Muscle Mass on Endurance-Cycling Performance. *Int J Sports Physiol Perform.* 2016 Apr;11(3):283-9. doi: 10.1123/IJSP.2015-0405. PMID: 27068517.
 26. Suchomel TJ, Nimphius S, Stone MH. The Importance of Muscular Strength in Athletic Performance. *Sports Med.* 2016 Oct;46(10):1419-49. doi: 10.1007/s40279-016-0486-0. PMID: 26838985.
 27. Li R, Xia J, Zhang XI, Gathirua-Mwangi WG, Guo J, Li Y, McKenzie S, Song Y. Associations of Muscle Mass and Strength with All-Cause Mortality among US Older Adults. *Med Sci Sports Exerc.* 2018 Mar;50(3):458-467. doi: 10.1249/MSS.0000000000001448. PMID: 28991040; PMCID: PMC5820209.
 28. López-Bueno R, Andersen LL, Koyanagi A, Núñez-Cortés R, Calatayud J, Casaña J, Del Pozo Cruz B. Thresholds of handgrip strength for all-cause, cancer, and cardiovascular mortality: A systematic review with dose-response meta-analysis. *Ageing Res Rev.* 2022 Dec;82:101778. doi: 10.1016/j.arr.2022.101778. Epub 2022 Nov 1. PMID: 36332759.
 29. Kilic MK, Kizilarslanoglu MC, Arik G, Bolayir B, Kara O, Dogan Varan H, Sumer F, Kuyumcu ME, Halil M, Ulger Z. Association of Bioelectrical Impedance Analysis-Derived Phase Angle and Sarcopenia in Older Adults. *Nutr Clin Pract.* 2017 Feb;32(1):103-109. doi: 10.1177/0884533616664503. Epub 2016 Sep 25. PMID: 27590205.
 30. Silva AM, Fields DA, Heymsfield SB, Sardinha LB. Relationship between changes in total-body water and fluid distribution with maximal forearm strength in elite judo athletes. *J Strength Cond Res.* 2011 Sep;25(9):2488-95. doi: 10.1519/JSC.0b013e3181fb3dfb. PMID: 21869630.

31. Lukaski HC, Johnson PE, Bolonchuk WW, Lykken GI. Assessment of fat-free mass using bioelectrical impedance measurements of the human body. *Am J Clin Nutr.* 1985 Apr;41(4):810-7. doi: 10.1093/ajcn/41.4.810. PMID: 3984933.
32. Hoffer EC, Meador CK, Simpson DC. Correlation of whole-body impedance with total body water volume. *J Appl Physiol.* 1969 Oct;27(4):531-4. doi: 10.1152/jappl.1969.27.4.531. PMID: 4898406.
33. Kyle UG, Bosaeus I, De Lorenzo AD, Deurenberg P, Elia M, Gómez JM, Heitmann BL, Kent-Smith L, Melchior JC, Pirlich M, Scharfetter H, Schols AM, Pichard C; Composition of the ESPEN Working Group. Bioelectrical impedance analysis--part I: review of principles and methods. *Clin Nutr.* 2004 Oct;23(5):1226-43. doi: 10.1016/j.clnu.2004.06.004. PMID: 15380917.
34. Ward LC. Bioelectrical impedance analysis for body composition assessment: reflections on accuracy, clinical utility, and standardisation. *Eur J Clin Nutr.* 2019 Feb;73(2):194-199. doi: 10.1038/s41430-018-0335-3. Epub 2018 Oct 8. PMID: 30297760.
35. Nescolarde L, Talluri A, Yanguas J, Lukaski H. Phase angle in localized bioimpedance measurements to assess and monitor muscle injury. *Rev Endocr Metab Disord.* 2023 Jun;24(3):415-428. doi: 10.1007/s11154-023-09790-9. Epub 2023 Feb 27. PMID: 36847994; PMCID: PMC10140135.
36. Biodinâmica do movimento humano: respostas e adaptações orgânicas na saúde e no desempenho. / Oliveira, Raphael Gonçalves de; Stabelini Neto, Antonio. (Organizadores) - Cornélio Procópio: Editora UENP, 2023. E-book disponível em: <https://uenp.edu.br/editora> 376 p. il. color. ISBN: 978-65-87941-24-0.
37. Baumgartner RN, Chumlea WC, Roche AF. Bioelectric impedance phase angle and body composition. *Am J Clin Nutr.* 1988 Jul;48(1):16-23. doi: 10.1093/ajcn/48.1.16. PMID: 3389323.
38. Fernández-Jiménez R, Dalla-Rovere L, García-Olivares M, Abuín-Fernández J, Sánchez-Torralvo FJ, Doulatram-Gamgaram VK, Hernández-Sanchez AM, García-Almeida JM. Phase Angle and Handgrip Strength as a Predictor of Disease-Related Malnutrition in Admitted Patients: 12-Month Mortality. *Nutrients.* 2022 Apr 28;14(9):1851. doi: 10.3390/nu14091851. PMID: 35565818; PMCID: PMC9105999.
39. Garlini LM, Alves FD, Ceretta LB, Perry IS, Souza GC, Clausell NO. Phase angle and mortality: a systematic review. *Eur J Clin Nutr.* 2019 Apr;73(4):495-508. doi: 10.1038/s41430-018-0159-1. Epub 2018 Apr 26. PMID: 29695763.
40. Queiroz SA, Gonzalez MC, da Silva AMB, Costa JK de A, de Oliveira CDR, de Sousa IM, et al. Is the standardized phase angle a predictor of short- and long-term adverse cardiovascular events in patients with acute myocardial infarction? A cohort study. *Nutrition.* 2022 Nov 1;103–104. <https://doi.org/10.1016/j.nut.2022.111774>
41. da Silva BR, Orsso CE, Gonzalez MC, Sicchieri JMF, Mialich MS, Jordao AA, Prado CM. Phase angle and cellular health: inflammation and oxidative damage. *Rev Endocr*

- Metab Disord. 2023 Jun;24(3):543-562. doi: 10.1007/s11154-022-09775-0. Epub 2022 Dec 7. PMID: 36474107; PMCID: PMC9735064.
42. Bosy-Westphal A, Danielzik S, Dörhöfer RP, Later W, Wiese S, Müller MJ. Phase angle from bioelectrical impedance analysis: population reference values by age, sex, and body mass index. *JPEN J Parenter Enteral Nutr.* 2006 Jul-Aug;30(4):309-16. doi: 10.1177/0148607106030004309. PMID: 16804128.
 43. Brunani A, Perna S, Soranna D, Rondanelli M, Zambon A, Bertoli S, Vinci C, Capodaglio P, Lukaski H, Canello R. Body composition assessment using bioelectrical impedance analysis (BIA) in a wide cohort of patients affected with mild to severe obesity. *Clin Nutr.* 2021 Jun;40(6):3973-3981. doi: 10.1016/j.clnu.2021.04.033. Epub 2021 Apr 28. PMID: 34139470.
 44. Dittmar M, Reber H, Kahaly GJ. Bioimpedance phase angle indicates catabolism in Type 2 diabetes. *Diabet Med.* 2015 Sep;32(9):1177-85. doi: 10.1111/dme.12710. Epub 2015 Feb 18. PMID: 25661454.
 45. Gulin J, Ipavic E, Mastnak DM, Breclj E, Edhemovic I, Kozjek NR. Phase angle as a prognostic indicator of surgical outcomes in patients with gastrointestinal cancer. *Radiol Oncol.* 2023 Nov 30;57(4):524-529. doi: 10.2478/raon-2023-0060. PMID: 38038415; PMCID: PMC10690749.
 46. Langer RD, Silva AM, Borges JH, Cirolini VX, Páscoa MA, Guerra-Júnior G, Gonçalves EM. Physical training over 6 months is associated with improved changes in phase angle, body composition, and blood glucose in healthy young males. *Am J Hum Biol.* 2019 Sep;31(5):e23275. doi: 10.1002/ajhb.23275. Epub 2019 Jun 12. PMID: 31187509.
 47. Lukaski HC, Moore M. Bioelectrical impedance assessment of wound healing. *J Diabetes Sci Technol.* 2012 Jan 1;6(1):209-12. doi: 10.1177/193229681200600126. PMID: 22401341; PMCID: PMC3320840.
 48. Rutkove SB, Aaron R, Shiffman CA. Localized bioimpedance analysis in the evaluation of neuromuscular disease. *Muscle Nerve.* 2002 Mar;25(3):390-7. doi: 10.1002/mus.10048. PMID: 11870716.
 49. Zhu F, Leonard EF, Levin NW. Body composition modeling in the calf using an equivalent circuit model of multi-frequency bioimpedance analysis. *Physiol Meas.* 2005 Apr;26(2):S133-43. doi: 10.1088/0967-3334/26/2/013. Epub 2005 Mar 29. PMID: 15798226.
 50. Mascherini G, Castizo-Olier J, Irurtia A, Petri C, Galanti G. Differences between the sexes in athletes' body composition and lower limb bioimpedance values. *Muscles Ligaments Tendons J.* 2018 Apr 16;7(4):573-581. doi: 10.11138/mltj/2017.7.4.573. PMID: 29721459; PMCID: PMC5908334.
 51. Hetherington-Rauth M, Baptista F, Sardinha LB. BIA-assessed cellular hydration and muscle performance in youth, adults, and older adults. *Clin Nutr.* 2020 Aug;39(8):2624-2630. doi: 10.1016/j.clnu.2019.11.040. Epub 2019 Dec 2. PMID: 31837838.
 52. Orsso CE, Tibaes JRB, Oliveira CLP, Rubin DA, Field CJ, Heymsfield SB, Prado CM, Haqq AM. Low muscle mass and strength in pediatrics patients: Why should we care?

- Clin Nutr. 2019 Oct;38(5):2002-2015. doi: 10.1016/j.clnu.2019.04.012. Epub 2019 Apr 18. PMID: 31031136.
53. Fraser BJ, Blizzard L, Buscot MJ, Schmidt MD, Dwyer T, Venn AJ, Magnussen CG. The Association Between Grip Strength Measured in Childhood, Young- and Mid-adulthood and Prediabetes or Type 2 Diabetes in Mid-adulthood. *Sports Med.* 2021 Jan;51(1):175-183. doi: 10.1007/s40279-020-01328-2. PMID: 32813182; PMCID: PMC7806554.
 54. Grøntved A, Ried-Larsen M, Møller NC, Kristensen PL, Froberg K, Brage S, Andersen LB. Muscle strength in youth and cardiovascular risk in young adulthood (the European Youth Heart Study). *Br J Sports Med.* 2015 Jan;49(2):90-4. doi: 10.1136/bjsports-2012-091907. Epub 2013 Mar 23. PMID: 23525553.
 55. Curcio F, Testa G, Liguori I, Papillo M, Flocco V, Panicara V, Galizia G, Della-Morte D, Gargiulo G, Cacciatore F, Bonaduce D, Landi F, Abete P. Sarcopenia and Heart Failure. *Nutrients.* 2020 Jan 14;12(1):211. doi: 10.3390/nu12010211. PMID: 31947528; PMCID: PMC7019352.
 56. Meza-Valderrama D, Marco E, Dávalos-Yerovi V, Muns MD, Tejero-Sánchez M, Duarte E, Sánchez-Rodríguez D. Sarcopenia, Malnutrition, and Cachexia: Adapting Definitions and Terminology of Nutritional Disorders in Older People with Cancer. *Nutrients.* 2021 Feb 26;13(3):761. doi: 10.3390/nu13030761. PMID: 33652812; PMCID: PMC7996854.
 57. Cruz-Jentoft AJ, Sayer AA. Sarcopenia. *Lancet.* 2019 Jun 29;393(10191):2636-2646. doi: 10.1016/S0140-6736(19)31138-9. Epub 2019 Jun 3. Erratum in: *Lancet.* 2019 Jun 29;393(10191):2590. doi: 10.1016/S0140-6736(19)31465-5. PMID: 31171417.
 58. Wang DXM, Yao J, Zirek Y, Reijnierse EM, Maier AB. Muscle mass, strength, and physical performance predicting activities of daily living: a meta-analysis. *J Cachexia Sarcopenia Muscle.* 2020 Feb;11(1):3-25. doi: 10.1002/jcsm.12502. Epub 2019 Dec 1. PMID: 31788969; PMCID: PMC7015244.
 59. de-Mateo-Silleras B, Camina-Martín MA, de-Frutos-Allas JM, de-la-Cruz-Marcos S, Carreño-Enciso L, Redondo-Del-Río MP. Bioimpedance analysis as an indicator of muscle mass and strength in a group of elderly subjects. *Exp Gerontol.* 2018 Nov;113:113-119. doi: 10.1016/j.exger.2018.09.025. Epub 2018 Sep 29. PMID: 30278217.
 60. Baidya S, Ahad MA. Assessment of Optimized Electrode Configuration for Electrical Impedance Myography Using Genetic Algorithm via Finite Element Model. *J Med Eng.* 2016;2016:9123464. doi: 10.1155/2016/9123464. Epub 2016 Oct 24. PMID: 27843937; PMCID: PMC5098098.
 61. Marini E, Campa F, Buffa R, Stagi S, Matias CN, Toselli S, Sardinha LB, Silva AM. Phase angle and bioelectrical impedance vector analysis in the evaluation of body composition in athletes. *Clin Nutr.* 2020 Feb;39(2):447-454. doi: 10.1016/j.clnu.2019.02.016. Epub 2019 Feb 22. PMID: 30850270.

62. Manini TM, Clark BC, Nalls MA, Goodpaster BH, Ploutz-Snyder LL, Harris TB. Reduced physical activity increases intermuscular adipose tissue in healthy young adults. *Am J Clin Nutr*. 2007 Feb;85(2):377-84. doi: 10.1093/ajcn/85.2.377. PMID: 17284732.
63. Pessoa DF, de Branco FMS, Dos Reis AS, Limirio LS, Borges LP, Barbosa CD, Kanitz AC, de Oliveira EP. Association of phase angle with sarcopenia and its components in physically active older women. *Aging Clin Exp Res*. 2020 Aug;32(8):1469-1475. doi: 10.1007/s40520-019-01325-0. Epub 2019 Aug 28. PMID: 31463928.
64. Hetherington-Rauth M, Leu CG, Júdice PB, Correia IR, Magalhães JP, Sardinha LB. Whole body and regional phase angle as indicators of muscular performance in athletes. *Eur J Sport Sci*. 2021 Dec;21(12):1684-1692. doi: 10.1080/17461391.2020.1858971. Epub 2021 Jan 18. PMID: 33280537.
65. Basile C, Della-Morte D, Cacciatore F, Gargiulo G, Galizia G, Roselli M, Curcio F, Bonaduce D, Abete P. Phase angle as bioelectrical marker to identify elderly patients at risk of sarcopenia. *Exp Gerontol*. 2014 Oct;58:43-6. doi: 10.1016/j.exger.2014.07.009. Epub 2014 Jul 15. PMID: 25034911.
66. Bourgeois B, Fan B, Johannsen N, Gonzalez MC, Ng BK, Sommer MJ, Shepherd JA, Heymsfield SB. Improved strength prediction combining clinically available measures of skeletal muscle mass and quality. *J Cachexia Sarcopenia Muscle*. 2019 Feb;10(1):84-94. doi: 10.1002/jcsm.12353. Epub 2018 Oct 29. PMID: 30371008; PMCID: PMC6438415.
67. Cruz-Jentoft AJ, Bahat G, Bauer J, Boirie Y, Bruyère O, Cederholm T, Cooper C, Landi F, Rolland Y, Sayer AA, Schneider SM, Sieber CC, Topinkova E, Vandewoude M, Visser M, Zamboni M; Writing Group for the European Working Group on Sarcopenia in Older People 2 (EWGSOP2), and the Extended Group for EWGSOP2. Sarcopenia: revised European consensus on definition and diagnosis. *Age Ageing*. 2019 Jan 1;48(1):16-31. doi: 10.1093/ageing/afy169. Erratum in: *Age Ageing*. 2019 Jul 1;48(4):601. doi: 10.1093/ageing/afz046. PMID: 30312372; PMCID: PMC6322506.

5. ARTIGO CIENTÍFICO

OS PARÂMETROS DA IMPEDÂNCIA BIOELÉTRICA LOCALIZADA PODEM PREDIZER A FORÇA MUSCULAR DE FORMA INDEPENDENTE DA COMPOSIÇÃO CORPORAL? UM ESTUDO TRANVERSAL

Brenda Carla de Sene Vaz¹, Ezequiel Moreira Gonçalves¹.

¹ Universidade Estadual do Norte do Paraná, Centro de Ciências da Saúde.

RESUMO

Objetivo: Verificar a relação entre a força muscular determinada pelo dinamômetro isocinético e os parâmetros da análise da impedância bioelétrica (BIA) total e localizada (L-BIA) em adultos jovens de ambos os sexos. **Métodos:** Trata-se de um estudo transversal, no qual participaram 66 universitários (18 a 30 anos, 41 mulheres). A absorciometria por dupla emissão de raio-x (DXA) foi utilizada para determinar o tecido mole magro (TMM em Kg). A resistência (R), reactância (Xc) e ângulo de fase (AngF) total e localizado (coxa) foram avaliados por meio de um equipamento de BIA tetrapolar unifrequência de 50 khz e o Pico de torque (PT) e pico de torque médio (PTM) isométrico e isocinético de extensão do joelho utilizando o dinamômetro isocinético. **Resultados:** O TMM foi a variável que melhor explicou a força muscular em ambos os sexos ($R^2_{ajust} \geq 0,60$; $p < 0,001$). No sexo masculino, as variáveis R-total, Xc-total e Xc-coxa apresentaram maiores relações com os indicadores de força muscular (R^2_{ajust} : 0,25 a 0,45; $p < 0,05$). No grupo feminino, a R-total e R-coxa foram os parâmetros da BIA que apresentaram maiores relações com os indicadores de força muscular (R^2_{ajust} : 0,25 a 0,46; $p < 0,05$). Sendo a R-coxa, o único parâmetro que explicou de forma significativa (β : -0,292; $p = 0,029$) e independente do TMM, o PTM isométrico, todos os outros parâmetros da BIA total ou da coxa demonstraram relações de forma dependente do TMM. Na comparação entre os tercís do TMM, em ambos os sexos foi observado que a quantidade de TMM influenciou na força muscular e nos parâmetros da BIA total e da coxa ($p < 0,05$). **Conclusão:** Em nossa amostra, apesar dos parâmetros da BIA total e localizada apresentarem relações significativas com força muscular em ambos os sexos, apenas da R-coxa no grupo feminino, foi um preditor independente do TMM no PTM isométrico.

Palavras-chave: Bioimpedância; Composição corporal; Dinamômetro de força muscular.

INTRODUÇÃO

A força muscular é um dos principais determinantes da saúde (1), e sua diminuição pode causar efeitos nocivos desde a infância(2,3) até a idade adulta(4), e ainda, está relacionada com o envelhecimento saudável(5). A diminuição da força muscular está associada à aumento da incidência de doenças cardiovasculares(6), câncer(7) e mortalidade por todas as causas em diferentes populações(8,9). Do mesmo modo, a força muscular influencia positivamente no desempenho físico(10), tanto no desenvolvimento de atividades de vida diária(11), quanto em diferentes modalidades esportivas(12).

A análise da impedância bioelétrica (BIA) é um método não invasivo, simples, rápido e seguro, que tem sido utilizado na avaliação da composição corporal(13). Adicionalmente, os parâmetros brutos da BIA, resistência (R), reatância (Xc) e ângulo de fase (AngF) foram associados a outros indicadores importantes em saúde, como integridade celular(14), a sarcopenia(15), e mortalidade para diversas doenças, como a COVID-19(16), câncer(17–19), esclerose lateral amiotrófica(20) e fibrose pulmonar idiopática(21), assim como, com o desempenho físico(22–24).

Mais recentemente, tem sido proposta a utilização da BIA de forma localizada (L-BIA), como uma abordagem alternativa para avaliar o comportamento de músculos ou grupos musculares específicos(25–28). A princípio, a L-BIA seria capaz de fornecer detalhes sobre a fisiologia de um tecido muscular de interesse(29), demonstrando ainda ser sensível para detectar diferentes tipos de lesão por intermédio das alterações de Xc, R e AngF em jogadores profissionais de futebol(26,27,30).

Adicionalmente, já foi demonstrado que a L-BIA é uma ferramenta eficaz para monitorar e quantificar as alterações musculares que ocorrem em tecidos localizados, como edema e danos musculares durante atividades extenuantes(25,31–33). Há, ainda, evidências mostrando a relação entre o AngF localizado e a potência de membros inferiores em adultos(23).

Nesse sentido, os parâmetros obtidos por meio da L-BIA podem contribuir para a compreensão da fisiologia muscular envolvendo grupos musculares específicos. Um estudo verificou que indivíduos do sexo masculino apresentam menores valores de L-R e maiores valores de L-Xc e L-AngF do que indivíduos do sexo feminino para os grupos musculares quadríceps e isquiotibiais(34). Por fim, os diversos aspectos da composição corporal podem influenciar tanto nos valores brutos da BIA, quanto na força muscular, como por exemplo, o tecido mole magro, que está relacionado positivamente com a força muscular, a redução da R e o aumento da Xc e do AngF(35–38).

Ainda não existe consenso na literatura se os parâmetros brutos, principalmente da L-BIA, poderiam ser utilizados como preditores da força muscular, possibilitando que essa ferramenta seja empregada como forma de monitoramento dos resultados do treino de força. Nesse sentido, o nosso objetivo foi verificar a relação entre a força muscular determinada pelo dinamômetro isocinético e os parâmetros da BIA (R, Xc e AngF) total e localizada em adultos jovens de ambos os sexos.

MÉTODOS

3.1 Desenho experimental e procedimentos éticos

Trata-se de um estudo transversal. A amostra foi composta por adultos, universitários, aparentemente saudáveis, de ambos os sexos. Após a seleção, os participantes compareceram ao Laboratório de Biodinâmica do Movimento Humano da Universidade Estadual do Norte do Paraná (UENP) para uma bateria de testes que foi iniciada pela avaliação da absorciometria por dupla emissão de raio-x (DXA), seguida das medidas antropométricas, a avaliação da BIA total e localizada (L-BIA) e, por último, a avaliação da força muscular utilizando o dinamômetro isocinético (Figura 1), os testes foram realizados no mesmo dia para cada participante. O estudo foi desenvolvido de acordo com as normas da Resolução 466/96 do Conselho Nacional de Saúde sobre pesquisa envolvendo seres humanos. Todos os participantes após serem informados que a participação no estudo era voluntária, que poderiam desistir da participação a qualquer momento, sendo preservado o anonimato dos dados e serem esclarecidos sobre os objetivos e procedimentos do estudo, assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE). O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da UENP (CAAE: 55537521.7.0000.8123).

3.2 Participantes

A amostra foi composta por 66 jovens universitários. Como critérios de inclusão foram adotados: a) possuir acima de 18 anos e b) estar matriculado em um dos cursos do centro de ciências da saúde da UENP. Como critérios de exclusão: a) não apresentar o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido assinado; b) apresentar doença, lesão e/ou limitação que a impossibilite de realizar os testes; c) estar fazendo o uso de algum tipo de suplementação e/ou de medicamento que possa interferir nos resultados dos testes; d) apresentar índice de massa corporal (IMC) $\geq 30 \text{ kg/m}^2$; e) apresentar idade acima de 30 anos. Foram incluídos 78 participantes. Desses, 2 foram excluídos por possuir idade acima de 30

anos, e 10 participantes foram excluídos por possuir $IMC \geq 30 \text{kg/m}^2$. Em nossa amostra, 39 participantes (59%) declararam realizar treinos de musculação de forma sistematizada por pelo menos 3 meses (17 homens 22 mulheres).

3.3 Instrumentos e técnicas de coleta de dados

3.3.1 Medidas antropométricas

Para a avaliação da massa corporal foi utilizada uma balança digital, com precisão de 100 gramas. A estatura foi avaliada utilizando um estadiômetro, com precisão de 0,1 centímetro. Posteriormente, o IMC), foi calculado por meio da divisão da massa corporal em quilogramas pela estatura em metros elevada ao quadrado. A circunferência da coxa foi obtida com uma fita métrica com precisão de 0,01 cm.

3.3.2 Absorciometria por dupla emissão de raio-x (DXA)

Para a determinação da composição corporal, foi utilizado um equipamento de DXA, modelo *Lunar Prodigy Advance (GE Healthcare)*. Os participantes permaneceram deitados em decúbito dorsal para a realização do escaneamento do corpo total. Foi solicitado aos participantes que utilizassem roupas que não possuíssem artefatos metálicos, além de remover quaisquer acessórios metálicos (ex: brincos, pulseiras, anéis). Foram determinados a massa de gordura em valores absolutos (MG) e percentuais (%MG) e o tecido mole magro (TMM). Todas as avaliações foram realizadas por um único técnico treinado e seguindo todas as orientações do fabricante. O coeficiente de variação relativo (CV%) e erro técnico percentual (ETM%) de nosso laboratório determinado no teste-reteste em 16 indivíduos em dias diferentes, foi de 0,03% e 1,03% para a MG e 0,004% e 0,61% para o TMM, CV% e ETM%, respectivamente.

3.3.3 Parâmetros da análise da impedância bioelétrica (BIA)

Foi utilizado um aparelho Bioelectrical Body Composition Analyzer, modelo *Quantum II (RJL Systems – Detroit, EUA)*, tetrapolar, de unifrequência de 50 KHz. O equipamento fornece os valores de R e de Xc absolutos (ohms). A partir desses valores foi determinado o AngF , de acordo com a equação: $\text{AngF} = \text{arco-tangente} (Xc/R) \times 180/\pi$. Para a determinação dos parâmetros do corpo total, os voluntários foram orientados a permanecerem em decúbito dorsal em uma maca isolada de condutores elétricos, na posição supina, com as pernas abduzidas em um ângulo de aproximadamente 45°, quatro eletrodos foram fixados, dois na superfície dorsal da mão e dois no dorso do pé (Figura 1A), de acordo a recomendação do fabricante a calibração foi realizada antes de cada mensuração. Para a avaliação localizada do quadríceps (coxa), o participante foi mantido em decúbito dorsal, com os eletrodos fixados

5 cm e 10 cm distalmente da espinha íliaca ântero-inferior e 5 cm proximalmente do polo superior da patela (Figura 1B). Os valores de R e Xc total e localizada foram ajustados pela estatura e comprimento da coxa, respectivamente. A reprodutibilidade dos parâmetros fornecidos pelo nosso dispositivo para as variáveis da BIA foi determinada pelo CV% e ETM%, a partir de teste-reteste em dois dias diferentes, em 45 indivíduos para BIA-total e 31 indivíduos para a L-BIA, o %CV foi 0,01%, 0,04%, 0,95% e 0,28% para R-total, R-coxa, Xc-total e Xc-coxa, respectivamente, e o ETM% 0,81%, 1,58%, 1,45% e 4,24% para R-total, R-coxa, Xc-total e Xc-coxa, respectivamente.

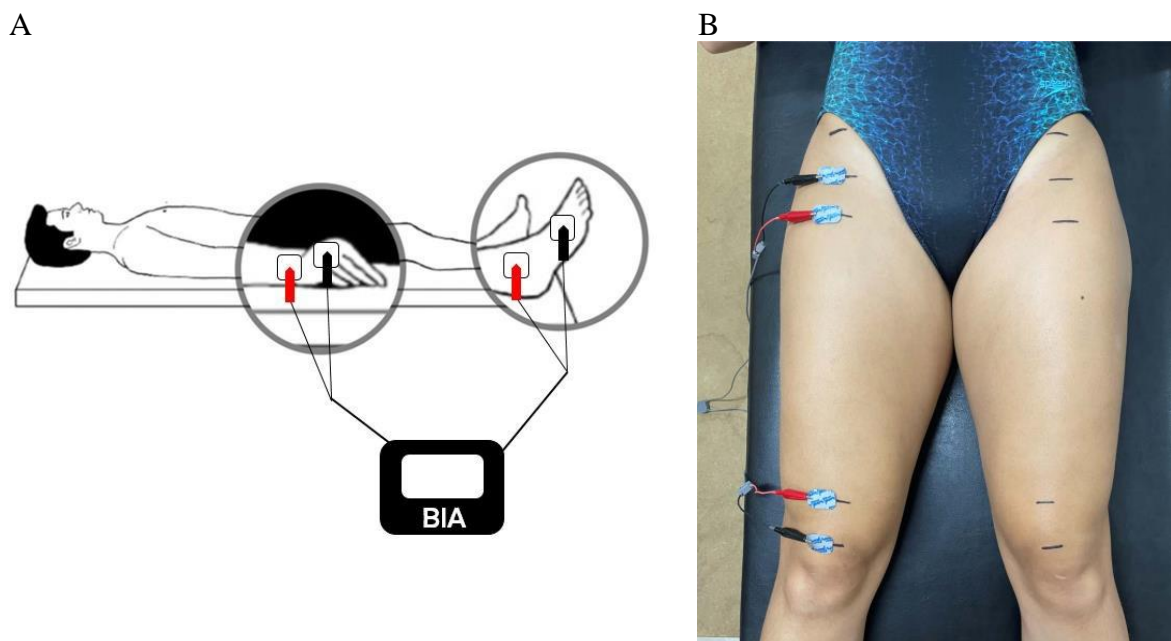


Figura 1: Posicionamento dos eletrodos na BIA de corpo total (A) e BIA localizada (B) no quadríceps (23).

3.3.4 Teste no dinamômetro isocinético

Para a determinação da força de membro inferiores, foram realizados dois testes: um teste dinâmico (isocinético) e um teste isométrico, utilizando um dinamômetro isocinético poliarticular, Biodex®, modelo System 3 (*Biodex, NY, USA*), calibrado, por um único técnico treinado, conforme as especificações e recomendações do fabricante. Os participantes foram estabilizados na cadeira com dois cintos na região do tronco, um cinto na região da pelve e outro na coxa, para evitar contribuição dos membros superiores e a retroversão pélvica, ou mesmo uma possível contribuição de qualquer outra parte do corpo. Os participantes após um aquecimento de 3 minutos na bicicleta ergometria a 60 rpm, foram posicionados da forma adequada, foi realizada uma sessão de familiarização com uma série de dez repetições do

movimento de extensão e flexão de joelho a 180° por segundo de velocidade angular, realizado com o membro inferior dominante. Após a familiarização, os participantes realizaram a avaliação isocinética concêntrica para os músculos extensores e flexores de joelho da perna direita. Foram realizadas cinco repetições na velocidade angular de 60° por segundo. Em seguida, após um intervalo mínimo de cinco minutos, o teste isométrico foi realizado com a articulação do joelho mantida em 60° de flexão. Foram realizadas 3 repetições de cinco segundos cada e com um minuto de descanso entre elas. Os parâmetros isocinéticos com seus respectivos valores foram obtidos por um programa computadorizado, que acompanha o equipamento, o que permite a determinação do pico de torque (PT), maior valor atingido durante o teste e pico de torque médio (PTM), média dos maiores valores alcançados em cada série dos testes isocinético e isométrico.

3.4 Análise dos dados

Para a análise dos dados foi utilizado o software SPSS versão 25.0. O teste de Shapiro-Wilk foi utilizado para verificar a normalidade dos dados. Os dados que não apresentaram distribuição normal foram transformados por log₁₀ (R-coxa) ou escore de *Bloom* (AngF-total e AngF-coxa). As comparações entre os sexos foram feitas pelo teste t de Student para amostras independentes. Para determinar quais variáveis independentes (parâmetros da BIA e da composição corporal) melhor explicavam a força muscular (variável dependente) foi utilizado a análise de regressão linear múltipla, pelo método de *stepwise*, separados por sexo. Posteriormente, para determinar as relações entre os parâmetros da BIA-total e da BIA-coxa foi utilizada a análise de regressão utilizando o método *enter*, com o modelo bruto (univariado) e controlado pelo TMM (multivariado), foram analisados o coeficiente de explicação ajustado (R^2_{ajust}), o beta padronizado (β) e valor de F. Para determinar a influência do TMM nos indicadores da força muscular e parâmetros da BIA, foram separados de acordo com os tercís de TMM (separados por sexo) e comparados utilizando a análise de variância (ANOVA-1 fator) seguida pelo teste post-hoc de *Bonferroni* para localizar as diferenças quando necessário. A análise de poder amostral foi realizada a posteriori utilizando o software G*power (versão 3.1.9.7, Universidade de Kiel, Alemanha), considerando um tamanho de efeito forte (f^2 de cohen >0.35) para a regressão linear múltipla (utilizando os indicadores de força como variável dependente e dois preditores: parâmetros da BIA e o TMM), um erro do tipo I (α) de 5% e um poder estatístico de 80%. As análises principais alcançaram um poder estatístico superior a 80%. O nível de significância adotado inicialmente foi de $p < 0,05$.

RESULTADOS

Os homens apresentaram valores significativamente superiores ($p > 0,001$) nas variáveis de massa corporal, estatura, AngF-total, força muscular (isométrica e isocinética) e TMM total. As mulheres apresentaram valores superiores de R-total, R-coxa, Xc-coxa e nos valores absolutos (MG) e percentuais (%MG) de adiposidade ($p < 0,001$) (Tabela 1).

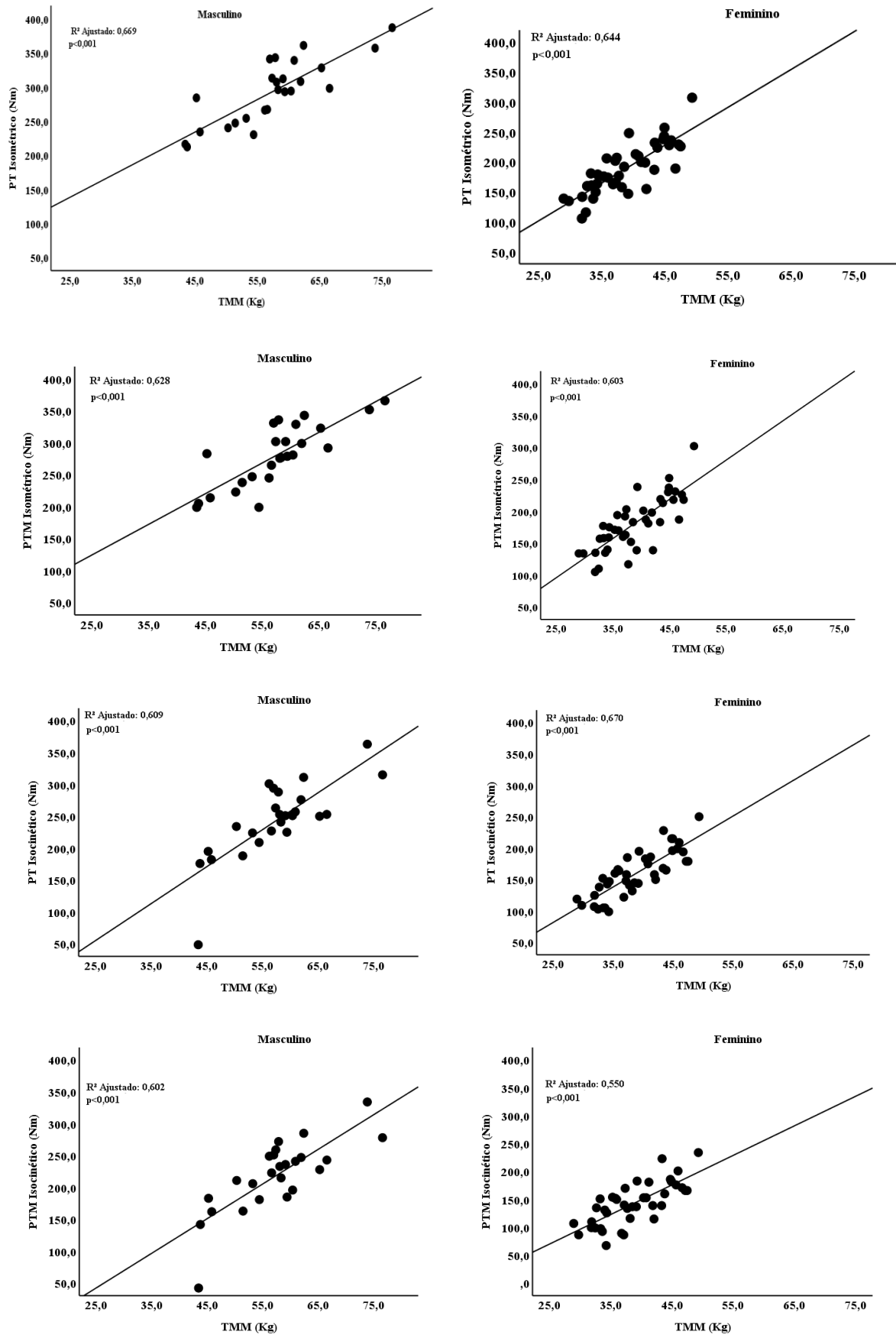
Tabela 1. Características gerais da amostra, separada por sexo.

	Masculino (n=25)		Feminino (n=41)		<i>t</i>	<i>p-valor</i>
Idade (anos)	21,9	±2,5	21,6	±2,7	0,58	0,565
Estatura (cm)	177,6	±7,3	163,2	±7,3	7,78	<0,001
Massa corporal (kg)	75,2	±11,3	60,6	±8,8	5,88	<0,001
IMC (kg/m ²)	23,8	±2,7	22,7	±2,6	1,54	0,128
R-total (Ω/m)*	272,6	(76,1)	373,9	(80,3)	5,74	<0,001
Xc-total (Ω)/m*	38,7	±4,6	42,2	±5,4	-2,65	0,976
AngF-total (°)*	7,7	(1,0)	6,4	(1,0)	-5,58	<0,001
R-coxa (Ω/m)*	110,2	±15,1	142,7	±23,1	-6,59	<0,001
Xc-coxa (Ω/m)*	24,2	4,7	30,2	5,2	-4,61	<0,001
AngF-coxa (°)*	12,4	(1,6)	12,2	(2,2)	-0,84	0,405
%MG (%)	19,6	±3,8	32,1	±4,7	-11,09	<0,001
MG (kg)	14,9	±4,1	19,6	±4,9	-4,06	<0,001
TMM (kg)	57,4	±8,3	38,8	±5,4	11,05	<0,001
PT isométrico (Nm)	293,1	±47,8	189,3	±42,1	9,22	<0,001
PTM isométrico (Nm)	280,2	±49,5	181,0	±42,4	8,65	<0,001
PT isocinético (Nm)	243,0	±60,5	160,0	±37,1	6,93	<0,001
PTM isocinético (Nm)	218,6	±57,0	143,4	±38,2	6,42	<0,001

Valores apresentados em média ±desvio-padrão ou mediana (intervalo interquartil). IMC: Índice de massa corporal, R: Resistência, Xc: Reatância, AngF: Ângulo de fase, MG: Massa de gordura, TMM: Tecido mole magro, PT: Pico de torque, PTM: Pico de torque, *masculino: n=24 e feminino n=40.

Utilizando o método *stepwise*, o TMM foi a variável que melhor explicou a variância do PT e PTM isométrico e isocinético, no grupo masculino: R²ajust: 0,67; 0,63; 0,61 e 0,60; $p < 0,001$, respectivamente e no grupo feminino: R²ajust=0,64; 0,60; 0,67 e 0,55; $p < 0,001$, respectivamente (Figura 2).

Figura 2. Associação entre o TMM-total e a força muscular em ambos os sexos.



No sexo masculino, as variáveis R-total e Xc-total apresentaram relação significativa com PT e PTM isométrico e isocinético (R^2_{ajust} : 0,35–0,43; $p < 0,01$). A R-coxa apresentou relação com PT (R^2_{ajust} : 0,23; $p = 0,01$) e PTM isométrico (R^2_{ajust} : 0,19; $p = 0,01$). Além disso, a Xc-coxa apresentou relação com PT e PTM isométrico (R^2_{ajust} : 0,43 e 0,45; $p < 0,001$, respectivamente), PT e PTM isocinético (R^2_{ajust} : 0,25 e 0,26; $p < 0,01$, respectivamente). Adicionalmente, o AngF-coxa explicou 14% ($p < 0,05$) do PTM isocinético no grupo masculino (Tabela 2). No grupo feminino, no PTM isométrico, a R-coxa explicou de forma significativa (β : -0,292; $p = 0,029$) e independente do TMM (β : 0,590; $p < 0,001$), sendo que as duas juntas explicaram 65% da variância ($p < 0,001$) desta variável. O AngF-total apresentou relação significativa com todas as variáveis de força (R^2_{ajust} : 0,13 a 0,18; $p < 0,05$). A R-total, por sua vez, relacionou-se com o PT isométrico, PT e PTM isocinético (R^2_{ajust} : 0,46; 0,33; 0,25; $p < 0,001$, respectivamente). A R-coxa demonstrou relação significativa com todas as variáveis de força (R^2_{ajust} : 0,29 a 0,46; $p < 0,001$). Já a Xc-coxa se relacionou com o PT isométrico (R^2_{ajust} : 0,19; $p = 0,003$), PT (R^2_{ajust} : 0,19; $p = 0,003$) e PTM isocinético (R^2_{ajust} : 0,13; $p = 0,012$) (Tabela 2). Com exceção do PTM isométrico nas mulheres, nenhum dos parâmetros da BIA total ou da coxa demonstraram relações significativas de forma independente, quando ajustados pelo TMM.

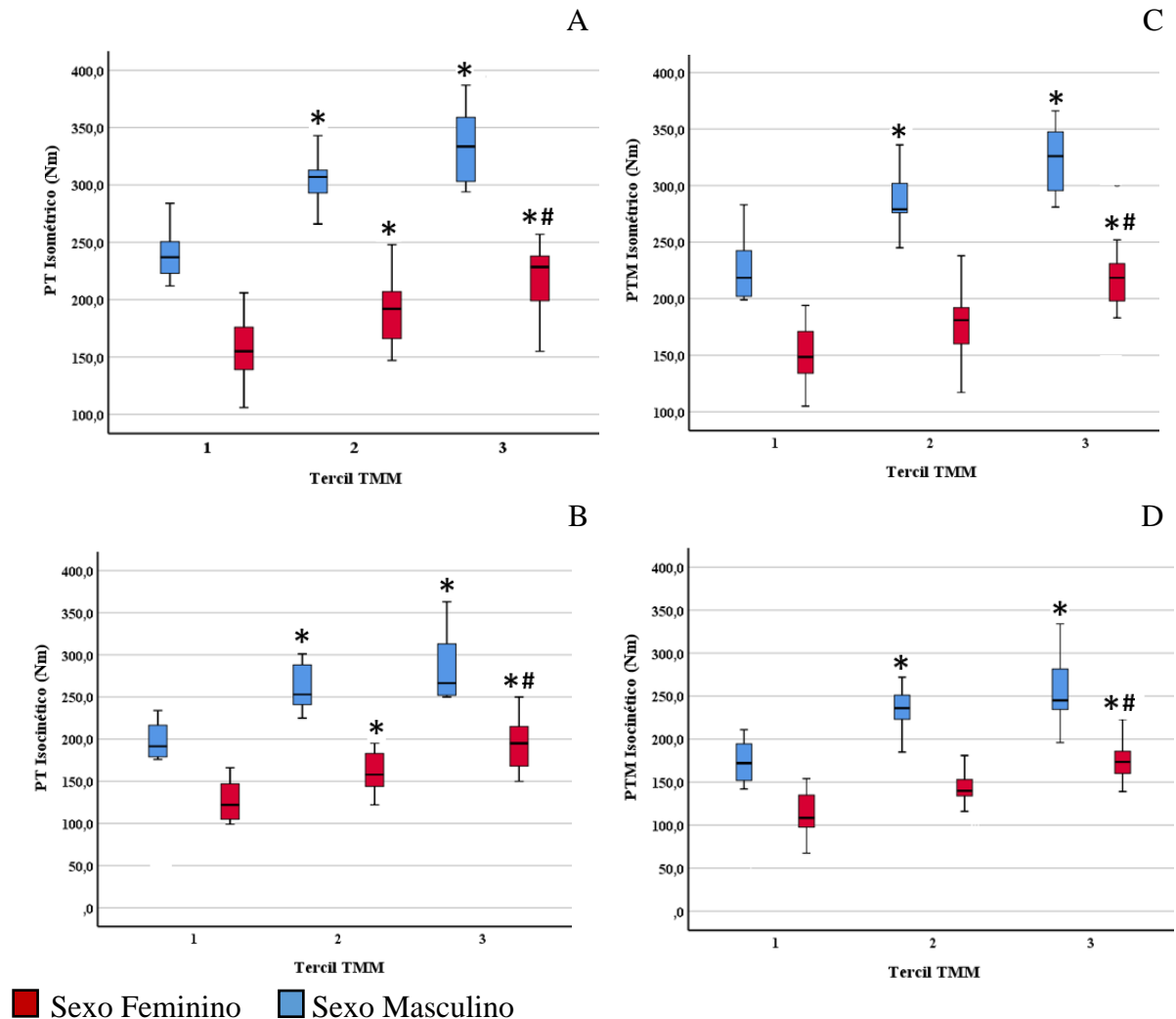
Tabela 2. Coeficientes da análise de regressão linear entre os parâmetros da BIA-total e L-BIA e os indicadores de força muscular isométrica e isocinética, separados por sexo.

<i>Masculino</i>						<i>Feminino</i>				
<i>PT isométrico</i>	<i>B</i>	<i>p-valor</i>	<i>R²ajust</i>	<i>F</i>	<i>p-valor</i>	<i>B</i>	<i>p-valor</i>	<i>R²ajust</i>	<i>F</i>	<i>p-valor</i>
R-total (Ω/m)	-0,675	<0,001	0,430	18,37	<0,001	-0,689	<0,001	0,462	34,43	<0,001
Xc-total (Ω/m)	-0,639	0,001	0,381	15,16	0,001	-0,317	0,046	0,077	4,25	0,001
AngF-total ($^{\circ}$)	NS	NS	NS	NS	NS	0,429	0,006	0,162	8,55	0,006
R-coxa (Ω/m)	-0,514	0,010	0,231	7,91	0,010	-0,671	<0,001	0,435	31,05	<0,001
Xc-coxa (Ω/m)	-0,673	<0,001	0,427	18,17	<0,001	-0,458	0,003	0,189	10,09	0,003
AngF-coxa ($^{\circ}$)	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
<i>PTM isométrico</i>	<i>B</i>	<i>p-valor</i>	<i>R²ajust</i>	<i>F</i>	<i>p-valor</i>	<i>B</i>	<i>p-valor</i>	<i>R²ajust</i>	<i>F</i>	<i>p-valor</i>
R-total (Ω/m)	-0,647	0,001	0,392	15,82	0,001	-0,640	<0,001	0,394	26,317	<0,001
Xc-total (Ω/m)	-0,628	<0,001	0,367	14,32	0,001	NS	NS	NS	NS	NS
AngF-total ($^{\circ}$)	NS	NS	NS	NS	NS	0,424	0,006	0,158	8,32	0,006
R-coxa (Ω/m)	-0,474	0,019	0,190	6,39	0,019	-0,689	<0,001	0,461	34,48	<0,001
Xc-coxa (Ω/m)	-0,676	<0,001	0,448	52,21	<0,001	-0,47	<0,001	0,20	10,69	0,002
AngF-coxa ($^{\circ}$)	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
<i>PT isocinético</i>	<i>B</i>	<i>p-valor</i>	<i>R²ajust</i>	<i>F</i>	<i>p-valor</i>	<i>B</i>	<i>p-valor</i>	<i>R²ajust</i>	<i>F</i>	<i>p-valor</i>
R-total (Ω/m)	-0,636	0,001	0,377	14,94	0,001	-0,586	<0,001	0,326	19,83	<0,001
Xc-total (Ω/m)	-0,620	0,001	0,357	13,76	0,001	-0,325	0,041	0,082	4,498	0,041
AngF-total ($^{\circ}$)	NS	NS	NS	NS	NS	0,444	0,004	0,176	9,32	0,004
R-coxa (Ω/m)	NS	NS	NS	NS	NS	-0,644	<0,001	0,399	26,90	<0,001
Xc-coxa (Ω/m)	-0,534	0,007	0,253	8,79	0,007	-0,464	0,003	0,194	10,40	0,003
AngF-coxa ($^{\circ}$)	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
<i>PTM isocinético</i>	<i>β</i>	<i>p-valor</i>	<i>R²ajust</i>	<i>F</i>	<i>p-valor</i>	<i>B</i>	<i>p-valor</i>	<i>R²ajust</i>	<i>F</i>	<i>p-valor</i>
R-total (Ω/m)	-0,630	0,001	0,370	14,50	0,001	-0,518	0,001	0,249	13,92	0,001
Xc-total (Ω/m)	-0,622	0,001	0,359	13,86	0,001	NS	NS	NS	NS	NS
AngF-total ($^{\circ}$)	NS	NS	NS	NS	NS	0,388	0,013	0,128	6,74	0,013
R-coxa (Ω/m)	NS	NS	NS	NS	NS	-0,559	<0,001	0,294	17,23	<0,001
Xc-coxa (Ω/m)	-0,542	0,006	0,262	9,169	0,006	-0,392	0,012	0,131	6,90	0,012
AngF-coxa ($^{\circ}$)	-0,418	0,042	0,138	4,67	0,042	NS	NS	NS	NS	NS

R: Resistência, Xc: Reatância, AngF: Ângulo de fase, Masculino: n=24 e Feminino n=40.

Quando divididos em tercís do TMM, no grupo masculino, o 1º tercís apresentou valores significativamente inferiores ao 2º e 3º tercís para todos os indicadores de força muscular ($p < 0,01$). No grupo feminino, todos os tercís de TMM total apresentaram diferenças entre si para os PT isométrico e isocinético ($3^{\circ} > 2^{\circ}$ e 1° ; $2^{\circ} > 1^{\circ}$; $p < 0,05$). No entanto, para o PTM isométrico e isocinético, apenas o 3º tercís foi superior significativamente que o 1º e 2º tercís de TMM (Figura 3, Tabela suplementar 1).

Figura 3. Comparação entre o pico de torque (PT) isométrico (A) e isocinético (B) e pico de torque médio (PTM) isométrico (C) e isocinético (D) de acordo com os Tercis do tecido mole magro (TMM), separados por sexo.



No grupo masculino, a R-total e Xc-total do 1º tercil foi superior aos 2º e 3º ($p < 0,05$) tercis de TMM. Na Xc-coxa, os participantes do 1º tercil apresentaram valores superiores ao 3º tercil ($p = 0,004$). No grupo feminino, a R-total foi diferente significativamente entre todos os tercis do TMM. Já a Xc-total foi inferior no 3º tercil quando comparado ao 1º tercil de TMM ($p = 0,028$). O AngF-total apresentou esse mesmo comportamento no grupo feminino ($p = 0,029$). A R-coxa foi maior no 1º tercil comparada ao 2º ($p = 0,012$) e 3º ($p < 0,001$). A Xc-coxa apresentou valores menores no 3º tercil de TMM em comparação ao 2º e 3º tercis ($p < 0,001$). O AngF-coxa foi maior no 2º tercil quando comparado com o 1º e 3º ($p = 0,05$) tercis (Tabela 3).

Tabela 3. Comparação entre os parâmetros da BIA e L-BIA de acordo com o Tercil do tecido mole magro (TMM) total, separados por sexo.

<i>Masculino</i>	<i>Tercil TMM</i>	<i>N</i>	<i>Média</i>	<i>DP</i>	<i>IC95%</i>	<i>F</i>	<i>p-valor</i>	<i>Bonferroni</i>	<i>p-valor</i>		
R-total (Ω/m)	1	7	330,1	30,2	302,1	358,0	20,01	<0,001	1x2	<0,001	
	2	9	*269,1	23,6	251,0	287,2			1x3	<0,001	
	3	8	*255,7	17,9	240,7	270,7			2x3	0,796	
Xc-total (Ω/m)	1	7	42,9	3,1	40,1	45,7	6,00	0,009	1x2	0,023	
	2	9	*37,1	3,5	34,4	39,9			1x3	0,015	
	3	8	*36,6	4,8	32,6	40,6			2x3	1,000	
AngF-total ($^{\circ}$)	1	7	7,5	0,6	6,9	8,1	1,31	0,292	1x2	0,951	
	2	9	7,9	0,8	7,3	8,6			1x3	0,369	
	3	8	8,2	1,1	7,3	9,1			2x3	1,000	
R-coxa (Ω/m)	1	7	119,6	13,4	107,2	132,0	2,42	0,113	1x2	0,457	
	2	9	108,9	9,9	101,3	116,5			1x3	0,125	
	3	8	103,6	18,6	88,0	119,1			2x3	1,000	
Xc-coxa (Ω/m)	1	7	28,2	4,9	23,7	32,7	6,96	0,005	1x2	0,142	
	2	9	24,2	3,1	21,8	26,5			1x3	0,004	
	3	8	*20,9	3,5	17,9	23,8			2x3	0,266	
AngF-coxa ($^{\circ}$)	1	7	13,7	3,2	10,7	16,7	1,71	0,205	1x2	1,000	
	2	9	12,7	1,0	12,0	13,4			1x3	0,237	
	3	8	11,7	1,8	10,2	13,2			2x3	0,997	
<i>Feminino</i>	<i>Tercil TMM</i>	<i>N</i>	<i>Média</i>	<i>DP</i>	<i>IC95%</i>	<i>F</i>	<i>p-valor</i>	<i>Bonferroni</i>	<i>p-valor</i>		
	R-total (Ω/m)	1	14	417,3	36,1	396,4	438,1	25,47	<0,001	1x2	0,010
		2	12	*377,9	28,6	359,7	396,0			1x3	0,000
3		14	*#331,1	30,3	313,6	348,6			2x3	0,002	
Xc-total (Ω/m)	1	14	44,2	4,4	41,7	46,8	4,26	0,022	1x2	1,000	
	2	12	43,4	4,8	40,4	46,5			1x3	0,028	
	3	14	*39,1	5,8	35,7	42,4			2x3	0,101	
AngF-total ($^{\circ}$)	1	14	6,1	0,5	5,8	6,4	3,99	0,027	1x2	0,180	
	2	12	6,6	0,5	6,2	6,9			1x3	0,029	
	3	14	*6,8	0,8	6,3	7,2			2x3	1,000	
R-coxa (Ω/m)	1	14	161,7	22,4	148,7	174,6	13,98	<0,001	1x2	0,012	
	2	12	*140,0	14,8	130,5	149,4			1x3	0,000	
	3	14	*126,2	14,9	117,6	134,8			2x3	0,173	
Xc-coxa (Ω/m)	1	14	32,5	4,4	30,0	35,0	15,14	<0,001	1x2	1,000	
	2	12	32,9	3,5	30,7	35,2			1x3	0,000	
	3	14	*#25,5	3,9	23,3	27,7			2x3	0,000	
AngF-coxa ($^{\circ}$)	1	14	11,6	1,2	10,9	12,3	5,29	0,010	1x2	0,017	
	2	12	*13,6	2,1	12,3	14,9			1x3	1,000	
	3	14	#11,7	1,9	10,6	12,8			2x3	0,026	

*Diferenças significativas do Tercil 1, $p > 0,05$. #Diferenças significativas do Tercil 2, $p > 0,05$.

DISCUSSÃO

Em nosso estudo com adultos de 18 a 30 anos de ambos os sexos, observamos relações negativas entre os parâmetros brutos da BIA (R e Xc) e a força muscular. No grupo masculino, R-total, Xc-total e Xc-coxa foram as variáveis que melhor explicaram a força muscular, enquanto para as mulheres, a R-coxa apresentou maiores relações com as variáveis de força muscular, sendo o único parâmetro que se relacionou de forma independente com um dos indicadores de força (PTM isométrico). No entanto, em ambos os sexos todas as outras relações foram dependentes do TMM, que se mostrou a variável que melhor explicou a força muscular nessa amostra.

A R-total apresentou correlações negativas com todas os indicadores de força muscular em homens e mulheres, adicionalmente, apresentou uma forte relação com o TMM ($r=-0,93$; $p<0,001$, tabela suplementar 2). Tecidos mais hidratados, como o tecido muscular, conduzem melhor a corrente elétrica e possuem menor R(39). Fukuoka et al., (2022) observaram que participantes com maior quantidade de água intra celular (AIC) e menor razão de água intra e extracelular (AEC:AIC) apresentam maior força e potência muscular (22).

Na análise da L-BIA, o grupo feminino apresentou maiores valores de R-coxa e adiposidade, e menores valores de TMM, comparado aos homens. Adicionalmente, observamos correlações moderadas e negativas entre a R-coxa e todas as variáveis de força muscular, que a R-coxa diferiu entre os diferentes níveis de TMM (tercis) nas mulheres, e ainda, foi capaz de discriminar as diferenças na composição corporal observada entre os sexos, como relatado anteriormente (34). A R-coxa está relacionada à quantidade de água presente no grupo muscular de interesse, porém em nosso estudo, a houve uma forte correlação entre a R-coxa e o TMM ($r=-0,78$; $p<0,001$, tabela suplementar 2). Mascherini et al.,(25) demonstraram que um programa de treinamento de futebol de 50 dias foi capaz de aumentar a MIG e diminuir a R-localizada nos membros inferiores de jogadores de futebol de elite (25). No grupo feminino, a R-coxa foi a única variável da BIA capaz de predizer a força muscular (PTM isométrico) de forma independente do TMM, o que parece demonstrar o potencial desse parâmetro em monitorar a força muscular, principalmente em mulheres.

A Xc-total, por sua vez, apresentou correlação significativa e inversa com as variáveis de força muscular no grupo masculino. A Xc está relacionada à integridade das membranas celulares, e pode se modificar em razão do estresse muscular causado durante exercícios físicos(25,31–33). A Xc-coxa também apresentou correlações significativas e negativas com todas as variáveis de força muscular, em ambos os grupos, ou seja, participantes com menores valores de Xc-coxa obtiveram maiores picos de torque isométricos e isocinéticos, especialmente

no grupo masculino. Adicionalmente, os participantes com maior TMM, (Tercil 3) foram os com menores valores de Xc-total e da coxa (Tabela 3). Além disso, os homens apresentaram valores superiores de TMM e mais baixos de Xc-coxa do que as mulheres. Essa diferença já foi previamente descrita em um estudo que verificou maiores valores de Xc localizada nas panturrilhas de mulheres jogadoras de futebol, comparados aos homens(34). Além disso, observamos correlações negativas entre o TMM a Xc-total (Tabela suplementar 2: $r=-0,60$) e principalmente, da Xc-coxa com o TMM (Tabela suplementar 2: $r=-0,73$), o que parece ter refletido na relação negativa encontrada com a força muscular. Correlações negativas entre a Xc e a MIG foram também observados em atletas jovens (MARINI et al., 2019).

Não era esperado que participantes com menor Xc apresentassem maior força muscular, no entanto, alterações na estrutura da membrana podem modificar os valores de Xc (41), e ainda, estruturalmente, a membrana celular é uma camada lipídica. Sendo assim, nossa hipótese é que a gordura infiltrada no tecido muscular possa ter influenciado a análise da Xc-coxa, aumentando os valores de Xc dos participantes com que possuíam maior adiposidade por meio do atraso na passagem da corrente elétrica derivada da BIA.

Um estudo demonstrou que a diminuição dos níveis de atividade física pode aumentar a gordura infiltrada no tecido muscular, e ainda, que há associação entre o aumento da gordura infiltrada e a diminuição da força muscular em uma população de adultos jovens(42). Mascherini et al., (2015), observaram que após um período de treinamento para jogadores de futebol de elite, houve uma diminuição da massa de gordura, aumento da força muscular e redução da Xc localizada da panturrilha dos participantes do estudo. Acreditamos que os valores de Xc possam ter diminuído por haver um aumento de massa muscular no local(25), No entanto, são necessários outros estudos envolvendo a BIA localizada e instrumentos de diagnóstico por imagem, como a ressonância magnética e a ultrassonografia para esclarecer essa questão.

Com relação ao AngF-total, observamos relações positivas com as variáveis de força muscular no grupo feminino, o que corrobora com o estudo de Fukuoka et al., (2022), que também encontraram associação entre o AngF-total e a força muscular de membros superiores, no entanto, não para força muscular de membros inferiores(22). Neste mesmo estudo, o TMM também foi o preditor mais importante da força muscular de membros superiores e inferiores(22). Estudos anteriores que investigaram a relação da força muscular com o AngF-total em diversas populações, como idosos(37,43), atletas(44) e ex-atletas(13) também encontraram correlações significativas com a força e desempenho muscular. No entanto, a força muscular geralmente é avaliada por meio do dinamômetro de prensão manual(24,45), o que não é possível de generalização para os membros inferiores. Alguns estudos que avaliaram a

força muscular de membros inferiores não identificaram relações com o AngF-total(22). Em nossa amostra, não encontramos relações entre o AngF-coxa e as variáveis de força muscular, o que contraria nossa hipótese inicial, baseada no comportamento do AngF-total, que tem sido considerado um indicador do desempenho muscular.

Em nosso estudo, as relações entre os parâmetros da BIA e a força muscular foram dependentes do TMM e como comentado anteriormente, os parâmetros da BIA são indicadores do tecido muscular, já que tecidos mais hidratados, como o tecido muscular, apresentam maior facilidade na condução da corrente elétrica, menor R. Em contrapartida, tecidos menos hidratados (como o tecido adiposo e tecido ósseo), apresentam maior dificuldade na condução da corrente elétrica, logo, o valor de R nesses tecidos é maior(39). Isso fica mais claro quando analisamos as comparações dos parâmetros da BIA total e localizada entre os tercís do TMM. No grupo masculino, a R-total e a Xc-total apresentaram um comportamento semelhante, porém inverso ao da força muscular, ou seja, os participantes com menor TMM (1º tercíl), eram os com maiores valores de R e Xc total e menor força muscular. O mesmo aconteceu na R total e da coxa no grupo feminino. Na Xc-coxa dos homens e Xc total e coxa nas mulheres, observamos que participantes com maior TMM (3º tercíl) eram os com menores valores de Xc, o que explicaria o porquê das relações negativas encontradas entre a força muscular e a Xc nessa amostra. O TMM apresenta forte correlação com a força muscular, e apesar de outros fatores parecerem a influenciar, como a qualidade do músculo, a quantidade de TMM continua sendo decisiva quando se trata da força muscular(46,47). No estudo de Fukuoka et al.(22), o TMM também foi o preditor mais importante da força muscular de membros superiores e inferiores.

Nosso estudo apresentou algumas limitações, como o próprio desenho do estudo, que por se tratar de um estudo transversal, não é possível estabelecer causalidade das relações entre as variáveis da BIA e de força muscular. Além disso, apesar de solicitarmos e instruímos os participantes a realizarem jejum nas quatro horas prévias ao exame, esvaziar a bexiga anteriormente ao exame, não consumir álcool e realizar exercícios ou atividades extenuantes 24 horas antes dos testes, a falta de um controle mais aprofundado sobre o estado de hidratação, aspectos nutricionais e prática de atividade física pré-avaliação dos participantes pode ser uma limitação. Entretanto, a avaliação da composição corporal por um método independente dos parâmetros da BIA, como o DXA, que apresenta grande precisão e exatidão, diferente da BIA, que utiliza equações para a predição dos componentes corporais (método duplamente indireto), assim como, a utilização do dinamômetro isocinético para avaliar a força do grupo muscular (método considerado padrão ouro) de interesse, possibilitou uma melhor análise da relação

entre a força e os parâmetros brutos da L-BIA, o que consideramos como pontos fortes do nosso estudo. Adicionalmente, que seja do nosso conhecimento, esse é o primeiro estudo a investigar a relação entre a L-BIA e a força muscular isocinética de membros inferiores em jovens ou em qualquer outra população.

CONCLUSÃO

Em nossa amostra, observamos relações significativas entre as variáveis da BIA total e localizada e as variáveis de força muscular em ambos os sexos, essas relações foram mais importantes considerando as variáveis R-total, Xc-total e Xc-coxa, no grupo masculino e R-coxa no grupo feminino, o que pode ser explicado pelas diferenças na composição corporal. No entanto, com exceção da R-coxa no grupo feminino, que foi um preditor independente do PTM isométrico, todas as relações foram dependentes do TMM.

REFERÊNCIAS

1. Ruiz JR, Sui X, Lobelo F, Morrow JR Jr, Jackson AW, Sjöström M, Blair SN. Association between muscular strength and mortality in men: prospective cohort study. *BMJ*. 2008 Jul 1;337(7661):a439. doi: 10.1136/bmj.a439. PMID: 18595904; PMCID: PMC2453303.
2. Orsso CE, Tibaes JRB, Oliveira CLP, Rubin DA, Field CJ, Heymsfield SB, Prado CM, Haqq AM. Low muscle mass and strength in pediatrics patients: Why should we care? *Clin Nutr*. 2019 Oct;38(5):2002-2015. doi: 10.1016/j.clnu.2019.04.012. Epub 2019 Apr 18. PMID: 31031136.
3. Fraser BJ, Blizzard L, Buscot MJ, Schmidt MD, Dwyer T, Venn AJ, Magnussen CG. The Association Between Grip Strength Measured in Childhood, Young- and Mid-adulthood and Prediabetes or Type 2 Diabetes in Mid-adulthood. *Sports Med*. 2021 Jan;51(1):175-183. doi: 10.1007/s40279-020-01328-2. PMID: 32813182; PMCID: PMC7806554.
4. Grøntved A, Ried-Larsen M, Møller NC, Kristensen PL, Froberg K, Brage S, Andersen LB. Muscle strength in youth and cardiovascular risk in young adulthood (the European Youth Heart Study). *Br J Sports Med*. 2015 Jan;49(2):90-4. doi: 10.1136/bjsports-2012-091907. Epub 2013 Mar 23. PMID: 23525553.
5. McLeod M, Breen L, Hamilton DL, Philp A. Live strong and prosper: the importance of skeletal muscle strength for healthy ageing. *Biogerontology*. 2016 Jun;17(3):497-510. doi: 10.1007/s10522-015-9631-7. Epub 2016 Jan 20. PMID: 26791164; PMCID: PMC4889643.
6. Curcio F, Testa G, Liguori I, Papillo M, Flocco V, Panicara V, et al. Sarcopenia and heart failure. Vol. 12, *Nutrients*. MDPI AG; 2020.
7. Meza-Valderrama D, Marco E, Dávalos-Yerovi V, Muns MD, Tejero-Sánchez M, Duarte E, Sánchez-Rodríguez D. Sarcopenia, Malnutrition, and Cachexia: Adapting Definitions and

Terminology of Nutritional Disorders in Older People with Cancer. *Nutrients*. 2021 Feb 26;13(3):761. doi: 10.3390/nu13030761. PMID: 33652812; PMCID: PMC7996854.

8. Li R, Xia J, Zhang XI, Gathirua-Mwangi WG, Guo J, Li Y, McKenzie S, Song Y. Associations of Muscle Mass and Strength with All-Cause Mortality among US Older Adults. *Med Sci Sports Exerc*. 2018 Mar;50(3):458-467. doi: 10.1249/MSS.0000000000001448. PMID: 28991040; PMCID: PMC5820209.
9. López-Bueno R, Andersen LL, Koyanagi A, Núñez-Cortés R, Calatayud J, Casaña J, Del Pozo Cruz B. Thresholds of handgrip strength for all-cause, cancer, and cardiovascular mortality: A systematic review with dose-response meta-analysis. *Ageing Res Rev*. 2022 Dec;82:101778. doi: 10.1016/j.arr.2022.101778. Epub 2022 Nov 1. PMID: 36332759..
10. Cruz-Jentoft AJ, Sayer AA. Sarcopenia. *Lancet*. 2019 Jun 29;393(10191):2636-2646. doi: 10.1016/S0140-6736(19)31138-9. Epub 2019 Jun 3. Erratum in: *Lancet*. 2019 Jun 29;393(10191):2590. doi: 10.1016/S0140-6736(19)31465-5. PMID: 31171417.
11. Wang DXM, Yao J, Zirek Y, Reijnierse EM, Maier AB. Muscle mass, strength, and physical performance predicting activities of daily living: a meta-analysis. *J Cachexia Sarcopenia Muscle*. 2020 Feb;11(1):3-25. doi: 10.1002/jcsm.12502. Epub 2019 Dec 1. PMID: 31788969; PMCID: PMC7015244.
12. Mujika I, Rønnestad BR, Martin DT. Effects of Increased Muscle Strength and Muscle Mass on Endurance-Cycling Performance. *Int J Sports Physiol Perform*. 2016 Apr;11(3):283-9. doi: 10.1123/IJSP.2015-0405. PMID: 27068517.
13. Matias CN, Campa F, Nunes CL, Francisco R, Jesus F, Cardoso M, Valamatos MJ, Homens PM, Sardinha LB, Martins P, Minderico C, Silva AM. Phase Angle Is a Marker of Muscle Quantity and Strength in Overweight/Obese Former Athletes. *Int J Environ Res Public Health*. 2021 Jun 21;18(12):6649. doi: 10.3390/ijerph18126649. PMID: 34205575; PMCID: PMC8296352.
14. Bellido D, García-García C, Talluri A, Lukaski HC, García-Almeida JM. Future lines of research on phase angle: Strengths and limitations. *Rev Endocr Metab Disord*. 2023 Jun;24(3):563-583. doi: 10.1007/s11154-023-09803-7. Epub 2023 Apr 12. PMID: 37043140; PMCID: PMC10090740.
15. Di Vincenzo O, Marra M, Di Gregorio A, Pasanisi F, Scalfi L. Bioelectrical impedance analysis (BIA) -derived phase angle in sarcopenia: A systematic review. *Clin Nutr*. 2021 May 1;40(5):3052–61. <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2020.10.048>
16. Cornejo-Pareja I, Vegas-Aguilar IM, Fernández-Jiménez R, García-García C, Bellido-Guerrero D, Tinahones F, García-Almeida JM. Phase angle and COVID-19: A systematic review with meta-analysis. *Rev Endocr Metab Disord*. 2023 Jun;24(3):525-542. doi: 10.1007/s11154-023-09793-6. Epub 2023 Mar 24. PMID: 36959397; PMCID: PMC10036242.
17. Shi J, Xie H, Ruan G, Ge Y, Lin S, Zhang H, Zheng X, Liu C, Song M, Liu T, Zhang X, Yang M, Liu X, Zhang Q, Deng L, Wang X, Shi H. Sex differences in the association of phase angle and lung cancer mortality. *Front Nutr*. 2022 Dec 22;9:1061996. doi: 10.3389/fnut.2022.1061996. PMID: 36618681; PMCID: PMC9818340.

18. Norman K, Stobäus N, Zocher D, Bosy-Westphal A, Szramek A, Scheufele R, Smoliner C, Pirlich M. Cutoff percentiles of bioelectrical phase angle predict functionality, quality of life, and mortality in patients with cancer. *Am J Clin Nutr.* 2010 Sep;92(3):612-9. doi: 10.3945/ajcn.2010.29215. Epub 2010 Jul 14. PMID: 20631202.
19. García-García C, Vegas-Aguilar IM, Rioja-Vázquez R, Cornejo-Pareja I, Tinahones FJ, García-Almeida JM. Rectus Femoris Muscle and Phase Angle as Prognostic Factor for 12-Month Mortality in a Longitudinal Cohort of Patients with Cancer (AnyVida Trial). *Nutrients.* 2023 Jan 19;15(3):522. doi: 10.3390/nu15030522. PMID: 36771229; PMCID: PMC9919732
20. Desport JC, Marin B, Funalot B, Preux PM, Couratier P. Phase angle is a prognostic factor for survival in amyotrophic lateral sclerosis. *Amyotroph Lateral Scler.* 2008 Oct;9(5):273-8. doi: 10.1080/17482960801925039. PMID: 18720089.
21. F Fernández-Jiménez R, Cabrera Cesar E, Sánchez García A, Espíldora Hernández F, Vegas-Aguilar IM, Amaya-Campos MDM, Cornejo-Pareja I, Guirado-Peláez P, Simón-Frapolli V, Murri M, Garrido-Sánchez L, Martínez Mesa A, Piñel-Jimenez L, Benítez-Cano Gamonoso M, Dalla-Rovere L, García Olivares M, Velasco-Garrido JL, Tinahones-Madueño F, García-Almeida JM. Rectus Femoris Cross-Sectional Area and Phase Angle as Predictors of 12-Month Mortality in Idiopathic Pulmonary Fibrosis Patients. *Nutrients.* 2023 Oct 22;15(20):4473. doi: 10.3390/nu15204473. PMID: 37892547; PMCID: PMC10609753.
22. Fukuoka AH, de Oliveira NM, Matias CN, Teixeira FJ, Monteiro CP, Valamatos MJ, Reis JF, Gonçalves EM. Association between Phase Angle from Bioelectric Impedance and Muscular Strength and Power in Physically Active Adults. *Biology (Basel).* 2022 Aug 24;11(9):1255. doi: 10.3390/biology11091255. PMID: 36138734; PMCID: PMC9495323.
23. Oliveira NM, Fukuoka AH, Matias CN, Guerra-Júnior G, Gonçalves EM. Is muscle localized phase angle an indicator of muscle power and strength in young women? *Physiol Meas.* 2023 Dec 18;44(12). doi: 10.1088/1361-6579/ad10c5. PMID: 38029441.
24. Rodríguez-Rodríguez F, Cristi-Montero C, González-Ruíz K, Correa-Bautista JE, Ramírez-Vélez R. Bioelectrical Impedance Vector Analysis and Muscular Fitness in Healthy Men. *Nutrients.* 2016 Jul 2;8(7):407. doi: 10.3390/nu8070407. PMID: 27384579; PMCID: PMC4963883.
25. Mascherini, G., Petri, C. & Galanti, G. Integrated total body composition and localized fat-free mass assessment. *Sport Sci Health* **11**, 217–225 (2015). <https://doi.org/10.1007/s11332-015-0228-y>
26. Nescolarde L, Yanguas J, Lukaski H, Alomar X, Rosell-Ferrer J, Rodas G. Effects of muscle injury severity on localized bioimpedance measurements. *Physiol Meas.* 2015 Jan 1;36(1):27–42.
27. Nescolarde L, Yanguas J, Lukaski H, Alomar X, Rosell-Ferrer J, Rodas G. Localized bioimpedance to assess muscle injury. *Physiol Meas.* 2013 Feb;34(2):237-45. doi: 10.1088/0967-3334/34/2/237. Epub 2013 Jan 28. PMID: 23354019..
28. Zhu F, Leonard EF, Levin NW. Body composition modeling in the calf using an equivalent circuit model of multi-frequency bioimpedance analysis. *Physiol Meas.* 2005 Apr;26(2):S133-43. doi: 10.1088/0967-3334/26/2/013. Epub 2005 Mar 29. PMID: 15798226.

29. Lukaski HC. Evolution of bioimpedance: a circuitous journey from estimation of physiological function to assessment of body composition and a return to clinical research. *Eur J Clin Nutr.* 2013 Jan;67 Suppl 1:S2-9. doi: 10.1038/ejcn.2012.149. PMID: 23299867.
30. Nescolarde L, Terricabras J, Mechó S, Rodas G, Yanguas J. Differentiation Between Tendinous, Myotendinous and Myofascial Injuries by L-BIA in Professional Football Players. *Front Physiol.* 2020 Sep 4;11:574124. doi: 10.3389/fphys.2020.574124. PMID: 33013488; PMCID: PMC7500181.
31. Freeborn TJ, Fu B. Time-course bicep tissue bio-impedance changes throughout a fatiguing exercise protocol. *Med Eng Phys.* 2019 Jul 1;69:109–15. ISSN 1350-4533,https://doi.org/10.1016/j.medengphy.2019.04.006.
32. Nescolarde L, Yanguas J, Hernández-Hermoso JA. Localized hamstring bioimpedance in marathon runners is related to muscle high-energy enzyme serum levels and predicts race time. *Front Physiol.* 2024 Mar 5;15:1337119. doi: 10.3389/fphys.2024.1337119. PMID: 38505706; PMCID: PMC10948513.
33. Fukuoka AH, Oliveira NM, Matias CN, Guariglia DA, Guerra-Júnior G, Gonçalves EM. Association between muscle-localized bioelectrical impedance analysis parameters and performance in a multi-set exercise on the isokinetic dynamometer in young women. *Eur J Sport Sci.* 2024 Sep;24(9):1319-1327. doi: 10.1002/ejsc.12167. Epub 2024 Aug 6. PMID: 39106159; PMCID: PMC11369348.
34. Mascherini G, Castizo-Olier J, Irurtia A, Petri C, Galanti G. Differences between the sexes in athletes' body composition and lower limb bioimpedance values. *Muscles Ligaments Tendons J.* 2018 Apr 16;7(4):573-581. doi: 10.11138/mltj/2017.7.4.573. PMID: 29721459; PMCID: PMC5908334.
35. de-Mateo-Silleras B, Camina-Martín MA, de-Frutos-Allas JM, de-la-Cruz-Marcos S, Carreño-Enciso L, Redondo-Del-Río MP. Bioimpedance analysis as an indicator of muscle mass and strength in a group of elderly subjects. *Exp Gerontol.* 2018 Nov;113:113-119. doi: 10.1016/j.exger.2018.09.025. Epub 2018 Sep 29. PMID: 30278217.
36. Baidya S, Ahad MA. Assessment of Optimized Electrode Configuration for Electrical Impedance Myography Using Genetic Algorithm via Finite Element Model. *J Med Eng.* 2016;2016:9123464. doi: 10.1155/2016/9123464. Epub 2016 Oct 24. PMID: 27843937; PMCID: PMC5098098.
37. Kilic MK, Kizilarlanoglu MC, Arik G, Bolayir B, Kara O, Dogan Varan H, et al. Association of Bioelectrical Impedance Analysis-Derived Phase Angle and Sarcopenia in Older Adults. *Nutrition in Clinical Practice.* 2017 Feb 1;32(1):103–9.
38. Silva AM, Fields DA, Heymsfield SB, Sardinha LB. Relationship between changes in total-body water and fluid distribution with maximal forearm strength in elite judo athletes. *J Strength Cond Res.* 2011 Sep;25(9):2488-95. doi: 10.1519/JSC.0b013e3181fb3dfb. PMID: 21869630.
39. Ward LC. Bioelectrical impedance analysis for body composition assessment: reflections on accuracy, clinical utility, and standardisation. *Eur J Clin Nutr.* 2019 Feb;73(2):194-199. doi: 10.1038/s41430-018-0335-3. Epub 2018 Oct 8. PMID: 30297760.

40. Marini E, Campa F, Buffa R, Stagi S, Matias CN, Toselli S, Sardinha LB, Silva AM. Phase angle and bioelectrical impedance vector analysis in the evaluation of body composition in athletes. *Clin Nutr.* 2020 Feb;39(2):447-454. doi: 10.1016/j.clnu.2019.02.016. Epub 2019 Feb 22. PMID: 30850270.
41. Kyle UG, Bosaeus I, De Lorenzo AD, Deurenberg P, Elia M, Gómez JM, Heitmann BL, Kent-Smith L, Melchior JC, Pirlich M, Scharfetter H, Schols AM, Pichard C; Composition of the ESPEN Working Group. Bioelectrical impedance analysis--part I: review of principles and methods. *Clin Nutr.* 2004 Oct;23(5):1226-43. doi: 10.1016/j.clnu.2004.06.004. PMID: 15380917.
42. Manini TM, Clark BC, Nalls MA, Goodpaster BH, Ploutz-Snyder LL, Harris TB. Reduced physical activity increases intermuscular adipose tissue in healthy young adults. *Am J Clin Nutr.* 2007 Feb;85(2):377-84. doi: 10.1093/ajcn/85.2.377. PMID: 17284732.
43. Pessoa DF, de Branco FMS, Dos Reis AS, Limirio LS, Borges LP, Barbosa CD, Kanitz AC, de Oliveira EP. Association of phase angle with sarcopenia and its components in physically active older women. *Aging Clin Exp Res.* 2020 Aug;32(8):1469-1475. doi: 10.1007/s40520-019-01325-0. Epub 2019 Aug 28. PMID: 31463928.
44. Hetherington-Rauth M, Leu CG, Júdice PB, Correia IR, Magalhães JP, Sardinha LB. Whole body and regional phase angle as indicators of muscular performance in athletes. *Eur J Sport Sci.* 2021 Dec;21(12):1684-1692. doi: 10.1080/17461391.2020.1858971. Epub 2021 Jan 18. PMID: 33280537.
45. Basile C, Della-Morte D, Cacciatore F, Gargiulo G, Galizia G, Roselli M, Curcio F, Bonaduce D, Abete P. Phase angle as bioelectrical marker to identify elderly patients at risk of sarcopenia. *Exp Gerontol.* 2014 Oct;58:43-6. doi: 10.1016/j.exger.2014.07.009. Epub 2014 Jul 15. PMID: 25034911.
46. Bourgeois B, Fan B, Johannsen N, Gonzalez MC, Ng BK, Sommer MJ, Shepherd JA, Heymsfield SB. Improved strength prediction combining clinically available measures of skeletal muscle mass and quality. *J Cachexia Sarcopenia Muscle.* 2019 Feb;10(1):84-94. doi: 10.1002/jcsm.12353. Epub 2018 Oct 29. PMID: 30371008; PMCID: PMC6438415.47.
47. Cruz-Jentoft AJ, Bahat G, Bauer J, Boirie Y, Bruyère O, Cederholm T, Cooper C, Landi F, Rolland Y, Sayer AA, Schneider SM, Sieber CC, Topinkova E, Vandewoude M, Visser M, Zamboni M; Writing Group for the European Working Group on Sarcopenia in Older People 2 (EWGSOP2), and the Extended Group for EWGSOP2. Sarcopenia: revised European consensus on definition and diagnosis. *Age Ageing.* 2019 Jan 1;48(1):16-31. doi: 10.1093/ageing/afy169. Erratum in: *Age Ageing.* 2019 Jul 1;48(4):601. doi: 10.1093/ageing/afz046. PMID: 30312372; PMCID: PMC6322506.

Tabela suplementar 1. Comparação entre indicadores de força muscular isométrica e isocinética de acordo com o Tercil do tecido mole magro (TMM) total, separados por sexo.

<i>Masculino</i>	<i>Tercil TMM</i>	<i>N</i>	<i>Média</i>	<i>DP</i>	<i>IC95%</i>		<i>F</i>	<i>p-valor</i>	<i>Bonferroni</i>	<i>p-valor</i>		
PT Isométrico	1	8	239,6	22,9	220,5	258,8	23,60	<0,001	1x2	<0,001		
	2	9	*304,2	27,5	283,1	325,3					1x3	<0,001
	3	8	*334,0	33,2	306,3	361,7						
PTM isométrico	1	8	226,0	29,0	201,8	250,2	22,06	<0,001	1x2	0,001		
	2	9	*290,3	30,0	267,2	313,4					1x3	<0,001
	3	8	*323,1	30,3	297,8	348,5						
PT isocinético	1	8	182,1	57,6	134,0	230,2	12,22	<0,001	1x2	0,004		
	2	9	*260,3	28,4	238,5	282,1					1x3	<0,001
	3	8	*284,5	41,3	250,0	319,0						
PTM isocinético	1	8	161,3	53,2	116,8	205,8	11,85	<0,001	1x2	0,004		
	2	9	*235,9	26,1	215,8	255,9					1x3	<0,001
	3	8	*256,5	41,9	221,5	291,5						
<i>Feminino</i>	<i>Tercil TMM</i>	<i>N</i>	<i>Média</i>	<i>DP</i>	<i>IC95%</i>		<i>F</i>	<i>p-valor</i>	<i>Bonferroni</i>	<i>p-valor</i>		
PT Isométrico	1	14	153,9	27,0	138,3	169,4	18,90	<0,001	1x2	0,015		
	2	13	*189,0	28,0	172,1	205,9					1x3	<0,001
	3	14	*#225,0	35,9	204,3	245,7						
PTM isométrico	1	14	148,9	25,7	134,0	163,7	17,06	<0,001	1x2	0,098		
	2	13	175,8	31,0	157,1	194,6					1x3	<0,001
	3	14	*#218,1	37,0	196,7	239,4						
PT isocinético	1	14	127,0	23,4	113,5	140,5	24,03	<0,001	1x2	0,005		
	2	13	*159,8	23,3	145,8	173,9					1x3	<0,001
	3	14	*#193,2	28,6	176,7	209,7						
PTM isocinético	1	14	114,9	26,9	99,4	130,5	14,06	<0,001	1x2	0,090		
	2	13	140,8	30,2	122,5	159,0					1x3	<0,001
	3	14	*#174,4	32,0	155,9	192,8						

*Diferenças significativas do Tercil 1, $p > 0,05$.

#Diferenças significativas do Tercil 2, $p > 0,05$.

Tabela suplementar 2. Correlação entre as variáveis da BIA e L-BIA, de composição corporal e de força muscular.

	TMM	MG	%MG	PT isométrico	PTM isométrico	PT isocinético	PTM isocinético
R-coxa	-0,78*	0,38*	0,74*	-0,79*	-0,78*	-0,72*	-0,69*
Xc-coxa	-0,72*	-0,04	0,35*	-0,67*	-0,66*	-0,644*	-0,62*
AngF-coxa	0,07	-0,47*	-0,43*	0,14	0,15	0,08	0,08
R-total	-0,93*	0,14	0,62*	-0,87*	-0,85*	-0,85*	-0,83*
Xc-total	-0,60*	-0,14	0,23	-,055*	-0,53*	-0,58*	-0,59*
AngF-total	0,74*	-0,33*	-0,67*	0,72*	0,70*	0,68*	0,64*
TMM (Kg)	1	-0,11	-0,66*	0,92*	0,91*	0,90*	0,87*
MG (Kg)		1	0,79*	-0,12	-0,01	-0,07	-0,06
%MG			1	-0,63*	-0,61*	-0,57*	-0,55*

* p<0,001.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo da BIA me possibilitou expandir os horizontes em relação à avaliação do desempenho muscular. Observar o comportamento dos diferentes tecidos do corpo em resposta à aplicação de uma corrente elétrica, e a partir dos parâmetros brutos dela derivados, poder compreender diferentes aspectos da composição corporal, e além disso, de como estes parâmetros podem estar relacionados com a força muscular, mostrou novas formas de avaliação e levantou novos questionamentos sobre quais características físicas podem, de fato, interferir no desempenho.

A L-BIA, por sua vez, é um campo a ser explorado, e seu uso vem ganhando espaço nos últimos anos. Detectar os diferentes tipos de lesão muscular, e avaliar as respostas do corpo ao exercício são algumas possibilidades de utilização dessa técnica. Em nosso estudo, utilizamos a L-BIA para avaliar a força muscular do quadríceps, e observamos associações entre seus parâmetros brutos e a força muscular medida por um método padrão ouro, o dinamômetro isocinético.

Ao realizar essas associações, foi possível perceber, ainda, de que forma a composição corporal interfere na relação BIA-força, e as diferenças de composição corporal entre os sexos. Utilizar um método de referência para a avaliação da composição corporal, como o DXA, também foi importante para compreender que, apesar de haver outros indicadores de força muscular, o tecido mole magro é determinante para o desempenho da força.

Esperamos que o presente estudo possa contribuir para uma avaliação mais completa de indivíduos em programas de treinamento de força, ou até mesmo de pacientes em reabilitação, uma vez que a avaliação da BIA é rápida, não invasiva e não depende da colaboração do paciente, tornando-a um equipamento de fácil utilização.

Por fim, sugerimos a utilização de exames de imagem, como a ultrassonografia cinesiológica, em estudos futuros, para que seja possível visualizar as características do músculo que possam influenciar os parâmetros da L-BIA e do desempenho de força, possibilitando compreender ainda mais a relação entre as duas variáveis.

APÊNDICES

Apêndice 1 – Termo de consentimento livre e esclarecido



TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

ANÁLISE DA IMPEDÂNCIA BIOELÉTRICA E INDICADORES DE DESEMPENHO EM PRATICANTES DE DIVERSAS MODALIDADES ESPORTIVAS

Pesquisador: Aryanne Hydeko Fukuoka Bueno

Orientador: Ezequiel Moreira Gonçalves

Você está sendo convidado a participar como voluntário de um estudo. Este documento, chamado Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, garante seus direitos como participante e esclarecerá sobre o objetivo da pesquisa, procedimentos a serem submetidos, benefícios previstos e possíveis riscos e incômodos.

Por favor, leia com atenção todo o documento e com calma, caso haja dúvidas, pergunte ao pesquisador, a quaisquer momentos, seja antes ou até mesmo depois de assina-lo. Todas as suas dúvidas serão esclarecidas. Caso seja necessário, tem a total liberdade em levar este documento para ler em sua casa, consultar seus familiares ou outras pessoas antes de decidir participar e assinar. Você não terá nenhum tipo de penalização ou prejuízo caso escolha não participar.

De acordo com a resolução CNS N° 466 de 2012, o participante fica assegurado de ressarcimento, indenização e assistência, ou seja, compensação material de qualquer despesa, cobertura de qualquer possível dano que possa vir a ocorrer durante a pesquisa e assistência imediata e integral até após a pesquisa, caso seja necessário, sem ser atribuído qualquer custo para o mesmo. Deixando claro que você pode recusar ou desistir de participar da pesquisa a qualquer momento, sem custo ou prejuízo.

Caso você tenha dúvidas ou denúncias de cunho ético, pode procurar o Comitê de Ética (CEP/UENP, Rod. BR 369, Km 54 - Bandeirantes-PR, CEP 86360-000, Caixa Postal 261, Fone (43)3542-8056, e-mail: cep@uenp.edu.br. Funcionamento de segunda a sexta-feira das 7h30min às 12h e das 13h30min às 17h.

Justificativa e objetivos do estudo: A impedância bioelétrica (BIA) é um aparelho que realiza uma avaliação segura no seu corpo de forma rápida, não é invasiva, sem dor, sem radiação e barata. Os valores obtidos neste exame estão sendo utilizados em diversos contextos dentro da pesquisa científica, como na monitoração de pacientes portadores de alguma doença e no esporte. Isso é possível porque a BIA é sensível ao detectar informações sobre o nível de hidratação corporal e saúde das membranas celulares. Porém, é necessário realizar mais estudos em praticantes de diversas modalidades e indivíduos saudáveis não praticantes, visto que existem poucos estudos sobre esta temática, no qual foi avaliado os parâmetros da BIA pré e pós teste de

Rubrica do pesquisador: _____

Rubrica do participante: _____



desempenho, afim de esclarecer dúvidas sobre a utilidade deste método e possíveis possibilidades de uso. Portanto, o objetivo deste estudo é verificar a associação entre os parâmetros da BIA e indicadores de desempenho entre praticantes de diversas modalidades e indivíduos saudáveis não praticantes.

Procedimentos: A amostra será composta por praticantes de diversas modalidades) por pelo menos 6 meses e indivíduos saudáveis não praticantes, maiores de 18 anos, sendo residentes da região de Jacarezinho/PR. Não podendo apresentar qualquer tipo de doença, limitação e/ou lesão que impossibilite de realizar os testes de desempenho, ou estar fazendo o uso de medicamentos e/ou suplementação que possam interferir nos resultados.

Se você decidir participar do estudo, será submetida a realizar alguns testes e avaliações:

Medidas antropométricas: deverão estar vestidos com roupas de tecidos leves, como camiseta e shorts. Será solicitado que fique em posição ereta, ou seja, em pé olhando para frente, onde será mensurado seu peso corporal através de uma balança e a estatura por meio do estadiômetro, ou seja, um objeto semelhante a uma régua grande. O Índice de Massa Corporal (IMC) será calculado pelo seu peso dividido pela estatura ao quadrado. Todos os cuidados serão tomados quanto a transmissão do COVID-19, no qual você e todos os pesquisadores estarão utilizando máscaras e uso do álcool em gel nas mãos.

Teste de salto vertical: é um teste de potência muscular realizado em uma plataforma, sendo de fácil execução. Será solicitado que fique em pé com as mãos fixas no quadril, e então realizar um salto contra movimento, ou melhor dizendo, você partirá da posição em pé com as mãos fixas no quadril, realizando um movimento para baixo com flexão de quadril, joelhos e tornozelos (como um agachamento), seguido por uma extensão de quadril, joelhos e tornozelos (como saltar), tentando alcançar a maior altura possível, assim, realizando o salto contra movimento. O teste será repetido por três vezes, tendo um intervalo de 2 minutos entre as tentativas. Será higienizado o aparelho com álcool em gel antes e após o teste.

Teste de wingate: é um teste de potência anaeróbia, onde será realizado em um cicloergômetro (bem semelhante a uma bicicleta tradicional). Consiste em pedalar na maior velocidade possível durante 30 segundos com uma carga fixa individualizada correspondente a cerca de 10% da massa corporal, por exemplo, se você pesa 100kg, a carga fixa será de 10kg, ou seja, 10% da sua massa corporal. O aparelho será limpo com álcool em gel antes e após cada teste.

Teste no dinamômetro isocinético: é um teste de força muscular realizado em uma aparelho semelhante a uma cadeira, onde será solicitado que você fique sentado, e posteriormente será colocado faixas de contenção no tronco, cintura e coxa, ou seja, cintos de segurança para que você não caia do equipamento e para que não haja outro tipo de contribuição de força, somente da extensão/flexão de joelho, ou melhor dizendo, ao realizar a movimento de esticar e dobrar a perna. Porém haverá uma força resistindo ao movimento. Deverá ficar sentado, com os cintos ajustados em você, e ao sinal do pesquisador, realizar o

Rubrica do pesquisador: _____

Rubrica do participante: _____



movimento indicado, dobrando e esticando a perna com a maior força e velocidade possível. Vale ressaltar que o equipamento será higienizado com álcool em gel antes e depois de cada teste.

Teste de força máxima (1RM): é um teste de força máxima, ou seja, realizar uma repetição máxima. Para determinar essa repetição máxima, será utilizado um equipamento chamado hack, muito comum nas academias, este equipamento é uma máquina que simula um agachamento, com possibilidade de regular o peso. Será solicitado que você se posicione neste equipamento depois de ser higienizado com álcool em gel, e posteriormente será iniciado o teste na fase excêntrica, ou seja, partir da posição agachada. Você deverá realizar o movimento quantas vezes conseguir, caso realize duas ou mais repetições, o peso será aumentado, até atingir 3 tentativas, se mesmo assim não conseguir encontrar a sua uma repetição máxima, deverá voltar ao laboratório no dia seguinte. Após o teste, o equipamento será limpo com álcool em gel.

Exame da impedância bioelétrica (BIA): Será solicitado que você siga os seguintes protocolos: estar em jejum por pelo menos 4 horas; não ter ingerido alimentos e/ou bebidas cafeinadas ou alcoólicas por 24 horas que antecede o teste; não ter praticado atividade física extenuante menos de 12 horas antes do teste; não estar no período menstrual; não fazer o uso de nenhum diurético por pelo menos 7 dias antes do teste; urinar cerca de 30 minutos que antecede o teste e retirar todos os utensílios de metais (pulseiras, relógios, correntes, brincos, entre outros). Será solicitado que fique deitada em uma maca, longe de qualquer condutor elétrico. Será colocado eletrodos (adesivos com fios) emissores na superfície da mão e do pé (após realizar a limpeza da pele com álcool em gel). O equipamento fará todo o processo de forma segura, rápida e indolor, coletando os dados necessários para a pesquisa. O processo leva menos de 10 minutos. A maca será higienizada antes e após cada avaliação e todos estão de máscara.

Exame da composição corporal na absorciometria por dupla emissão de raios-x (DXA): Será solicitado para que você fique deitado em uma maca (do próprio aparelho) sem a presença de nenhum objeto metálico e ficar sem se mexer, ou seja, realizar o menor tipo de movimento possível, em uma média de sete minutos. Assim que iniciar a avaliação, um pequeno feixe de luz vai fotografar o seu corpo todo e posteriormente transmitir esses dados para o computador. Este exame é indolor e a exposição à radiação é mínima. Antes e após a utilização do aparelho será realizada a higienização, sendo necessário o uso de máscara.

Exame de ultrassonografia da coxa e da panturrilha: Será solicitado para que você fique deitado em uma maca. Um examinador treinado realizará o exame de ultrassonografia, posicionando o ultrassom em cima da sua coxa, e após, sobre sua panturrilha. Será utilizado um gel à base de água em contato com a sua pele para visualizar melhor as imagens. O exame dura aproximadamente 5 minutos, é indolor e ausente de radiação.

Rubrica do pesquisador: _____

Rubrica do participante: _____



Benefícios

Você terá conhecimento de como está seu desempenho de força e potência muscular por meio de equipamentos que são referência de qualidade, sem custo algum. Como também terá seus valores de BIA, a qual fornece informações sobre a hidratação e saúde celular. Avaliação da composição corporal utilizando um equipamento considerado como padrão ouro, ou seja, um exame de referência, tendo informações sobre seu percentual de gordura, massa magra e densidade mineral óssea. Todos os resultados dos exames serão entregues a você, com também orientações para a melhora da saúde física. Você estará contribuindo para o crescimento da pesquisa científica brasileira.

Riscos e Desconfortos

Para que não haja desconforto durante a avaliação, você será avaliada por uma pessoa capacitada, e se preferir, sendo do mesmo sexo. Os dois avaliadores sempre estarão na sala. O exame da BIA não oferece qualquer risco, visto que só necessita que você fique deitada enquanto o exame ocorre. Devido a necessidade de estar em jejum por conta do exame, caso venha a sentir queda de pressão ou mal estar por qualquer outro motivo, estaremos prontos para atendê-lo rapidamente, ofertando alimentos e água, bem como leva-lo ao centro de saúde mais próximo, caso seja necessário. O exame do DXA não oferece desconforto, indolor e a exposição à radiação é mínima, apenas é necessário que fique parado por alguns minutos. O teste de salto vertical não oferece risco se for realizado da maneira correta, mas caso se desequilibre ao realizar o movimento de salto e ocorra uma queda, será prestado todo o atendimento imediatamente. O teste de wingate exige um grande esforço, podendo causar náuseas e vômito, e caso você se sinta mal, poderá desistir do teste a qualquer momento, sem nenhum prejuízo, sendo prestado os devidos atendimentos por imediato. O teste de no dinamômetro isocinético não oferece riscos, pois deverá apenas estar sentado e realizar o movimento de esticar e dobrar a perna. O teste de força máxima (1RM) não oferece riscos, pois será realizada em uma máquina, e caso não suporte o peso colocado, terá uma trava de segurança para que não venha a machuca-lo, sem contar que o pesquisador estará presente durante a avaliação e atento para possíveis divergências. Caso ocorra qualquer tipo de queda e/ou mal estar durante os testes de desempenho, será prestado o atendimento imediato e se necessário, será levado até o centro de saúde mais próximo para receber os devidos cuidados, sem custo algum para você. **Todos os protocolos para evitar a transmissão e propagação do COVID-19 serão adotados, como o uso de máscaras e álcool em gel, sendo higienizados todos os equipamentos antes e após cada avaliação, higienização das mãos, bem como manter o distanciamento adequado.** Qualquer outro problema, risco ou dano que venha a surgir decorrente da pesquisa que não esteja previsto neste documento a você, durante ou após as avaliações será realizado o ressarcimento imediatamente.

Sigilo e privacidade

As avaliações propostas pelo estudo somente serão realizadas com a sua prévia autorização, mediante

Rubrica do pesquisador: _____

Rubrica do participante: _____



a apresentação deste termo de consentimento livre e esclarecido assinado.

Todas as informações pessoais, assim como os resultados deste projeto de pesquisa serão mantidos em absoluto sigilo. Se essas informações fornecidas ou os resultados forem utilizados para fins de publicação científica, nenhum nome será mencionado. Sua participação nesta pesquisa é de forma voluntária e você poderá recusar ou retirar seu consentimento a qualquer momento, sem sofrer qualquer penalidade ou prejuízo. Qualquer dúvida ou esclarecimento sobre os procedimentos da pesquisa podem ser obtidos pelo e-mail: aryanneuenp@gmail.com ou pelo telefone (15) 99824-0261. Denúncias ou queixas podem ser feitas a qualquer momento ao Comitê de Ética em Pesquisa (CEP).

Os resultados obtidos nesta pesquisa serão disponibilizados quando finalizada. Seu nome ou o material que indique sua participação não será liberado sem sua devida permissão. Os dados e instrumentos utilizados na pesquisa ficarão arquivados com o pesquisador responsável por um período de 5 anos, e após esse tempo serão destruídos. Este termo de consentimento encontra-se impresso em duas vias, sendo que uma cópia será arquivada pelo pesquisador responsável, e a outra será fornecida a você.

Consentimento livre e esclarecido:

Após ter sido esclarecido sobre a natureza da pesquisa, seus objetivos, métodos, benefícios previstos, possíveis riscos e incômodos que esta pesquisa possa acarretar, aceito participar:

Nome do participante: _____ Data de nasc.: ____ / ____ / ____

Local/data: _____

Endereço: _____ Telefone: (____) _____

Responsabilidade do pesquisador:

Asseguro ter cumprido as exigências da resolução 466/2012 CNS/MS e complementares na elaboração do protocolo e na obtenção deste Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. Asseguro, também, ter explicado e fornecido uma cópia deste documento ao participante. Comprometo-me a utilizar o material e os dados obtidos nesta pesquisa exclusivamente para as finalidades previstas neste documento ou conforme o consentimento dado pelo participante.

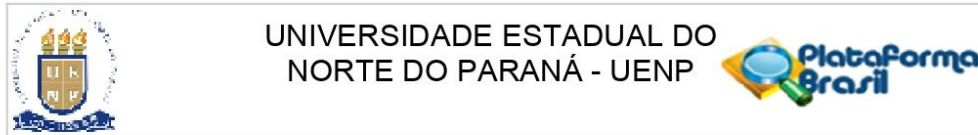
Assinatura: _____ Pesquisador: _____ Data: ____ / ____

Rubrica do pesquisador: _____

Rubrica do participante: _____

ANEXOS

Anexo 1. Aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa (CEP)



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DA EMENDA

Título da Pesquisa: ANÁLISE DA IMPEDÂNCIA BIOELÉTRICA E INDICADORES DE DESEMPENHO EM PRATICANTES DE DIVERSAS MODALIDADES ESPORTIVAS

Pesquisador: Ezequiel Moreira Gonçalves

Área Temática:

Versão: 3

CAAE: 55537521.7.0000.8123

Instituição Proponente: UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE DO PARANA

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 6.785.241

Apresentação do Projeto:

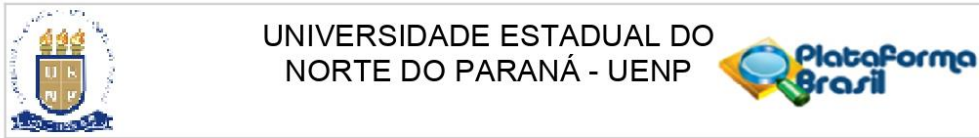
Conforme declarado na emenda do projeto, versão submetida em 17/04/2024, o pedido de emenda trata-se da inclusão de um grupo controle de indivíduos saudáveis não praticantes de modalidades esportivas na amostra da pesquisa. Esta modificação nos permitirá comparar os resultados entre indivíduos praticantes de diversas modalidades esportivas e indivíduos saudáveis não praticantes, além disso, contribuirá para o melhor entendimento das relações entre a prática esportiva e os parâmetros musculares da análise de impedância bioelétrica (BIA) e da ultrassonografia. Com isso, esperamos verificar se os parâmetros da BIA têm potencial para serem incluídos como uma opção prática e não invasiva da avaliação do desempenho físico. Para que isso ocorra, são necessárias mais informações sobre a influência das características específicas da população, do tipo de exercício realizado e do nível do treinamento físico dos indivíduos. Portanto, essa inclusão ajudará a esclarecer se as alterações fisiológicas, principalmente musculares, que ocorrem em resposta ao treinamento esportivo, podem impactar na relação do comportamento dos parâmetros da BIA e da ultrassonografia com o desempenho físico, justificando o pedido da presente emenda.

Objetivo da Pesquisa:

Conforme declarado no projeto de pesquisa (Informações Básicas), versão submetida em 17/04/2024, foi acrescentado o objetivo:

Comparar os resultados dos parâmetros da BIA, da composição corporal, e dos indicadores de

Endereço: Rodovia BR 369, Km 54, s/n., Caixa Postal 261
Bairro: Vila Maria **CEP:** 86.360-000
UF: PR **Município:** BANDEIRANTES
Telefone: (43)3542-8056 **E-mail:** cep@uenp.edu.br



Continuação do Parecer: 6.785.241

desempenho entre os praticantes de diversas modalidades com um grupo controle de indivíduos saudáveis. Os outros objetivos não foram alterados.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Não foram alterados.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Apresentou Carta Justificativa da Emenda de forma adequada.

Os critérios de inclusão e exclusão abrangem:

Critério de Inclusão:

Ser da região de Jacarezinho/PR (atletas e controles);

Idade entre 18 a 40 anos (atletas e controles);

Praticantes a pelo menos seis meses de alguma modalidade esportiva, com frequência mínima de duas vezes por semana (atletas).

Critério de Exclusão:

Não apresentar o termo de consentimento livre e esclarecido assinado;

Apresentar qualquer tipo doença, de limitação e/ou lesão que impossibilite de realizar o teste ou possa interferir nos resultados;

Estar fazendo o uso de algum tipo de suplemento e/ou medicamento que possa interferir nos resultados dos testes.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Conforme informações constantes nos anexos, o protocolo de pesquisa apresenta os termos de apresentação obrigatória:

A- Folha de rosto assinada e carimbada (ADEQUADO);

B- TCLE (ADEQUADO);

C- Projeto completo (ADEQUADO);

D- Termo de anuência do local onde o estudo será desenvolvido (ADEQUADO);

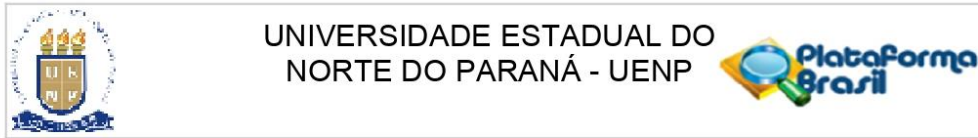
E- Orçamento (ADEQUADO);

F- Cronograma (ADEQUADO);

G- Carta Justificativa da Emenda (ADEQUADO).

Apresentou documentos que contemplam a emenda.

Endereço: Rodovia BR 369, Km 54, s/n., Caixa Postal 261
Bairro: Vila Maria **CEP:** 86.360-000
UF: PR **Município:** BANDEIRANTES
Telefone: (43)3542-8056 **E-mail:** cep@uenp.edu.br



Continuação do Parecer: 6.785.241

Recomendações:

não há.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Não há óbices éticos para emenda apresentada.

Considerações Finais a critério do CEP:

Diante do exposto, o Comitê de Ética em Pesquisa-CEP, de acordo com as atribuições definidas na Resolução CNS n. 466 de 2012 e na Norma Operacional n. 001 de 2013 do CNS, manifesta-se pela aprovação do protocolo de pesquisa.

Após o término da pesquisa encaminhar relatório final ao CEP.

Atenciosamente,

CEP/UENP

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

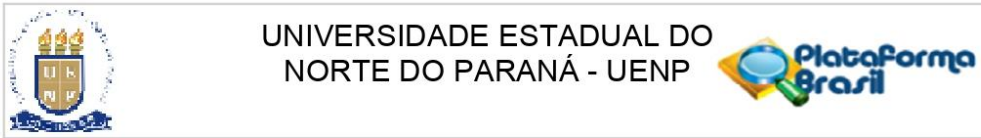
Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_2325968_E2.pdf	17/04/2024 17:24:51		Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	PROJETO_DETALHADO.pdf	17/04/2024 17:23:54	Ezequiel Moreira Gonçalves	Aceito
Cronograma	CRONOGRAMA.pdf	17/04/2024 17:23:42	Ezequiel Moreira Gonçalves	Aceito
Recurso Anexado pelo Pesquisador	CARTA_JUSTIFICATIVA.pdf	17/04/2024 17:19:44	Ezequiel Moreira Gonçalves	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLF_FINAL.pdf	17/04/2024 17:19:32	Ezequiel Moreira Gonçalves	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	TERMO_DE_ANUENCIA_INFRAESTRUTURA.pdf	17/01/2022 11:38:35	Ezequiel Moreira Gonçalves	Aceito
Folha de Rosto	FOLHA_DE_ROSTO.pdf	21/09/2021 21:47:16	Ezequiel Moreira Gonçalves	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Endereço: Rodovia BR 369, Km 54, s/n., Caixa Postal 261
Bairro: Vila Maria **CEP:** 86.360-000
UF: PR **Município:** BANDEIRANTES
Telefone: (43)3542-8056 **E-mail:** cep@uenp.edu.br



Continuação do Parecer: 6.785.241

Não

BANDEIRANTES, 24 de Abril de 2024

Assinado por:
Emiliana Cristina Melo
(Coordenador(a))

Endereço: Rodovia BR 369, Km 54, s/n., Caixa Postal 261
Bairro: Vila Maria **CEP:** 86.360-000
UF: PR **Município:** BANDEIRANTES
Telefone: (43)3542-8056 **E-mail:** cep@uenp.edu.br

