

ARYANNE HYDEKO FUKUOKA BUENO



**RELAÇÃO ENTRE OS PARÂMETROS DA
IMPEDÂNCIA BIOELÉTRICA LOCALIZADA E
INDICADORES DE DESEMPENHO EM
MULHERES JOVENS**

RELAÇÃO ENTRE OS PARÂMETROS DA IMPEDÂNCIA BIOELÉTRICA LOCALIZADA E INDICADORES DE DESEMPENHO EM MULHERES JOVENS

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

Jacarezinho

2023

Ficha catalográfica elaborada pelo autor, através do
Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UENP

Bueno, Aryanne Hydeko Fukuoka
BB928r Relação entre os parâmetros da impedância
r bioelétrica localizada e indicadores de desempenho
em mulheres jovens / Aryanne Hydeko Fukuoka Bueno;
orientador Ezequiel Moreira Gonçalves - Jacarezinho,
2023.
62 p. :il.

Dissertação (Mestrado Acadêmico CMH) -
Universidade Estadual do Norte do Paraná, Centro de
Ciências da Saúde, Programa de Pós-graduação em
Ciências do Movimento Humano, 2023.

1. Impedância Bioelétrica. 2. Força Muscular. 3.
Potência Muscular. 4. Composição Corporal. 5.
Mulheres. I. Gonçalves, Ezequiel Moreira, orient. II.
Título.

ARYANNE HYDEKO FUKUOKA BUENO

**RELAÇÃO ENTRE OS PARÂMETROS DA IMPEDÂNCIA
BIOELÉTRICA LOCALIZADA E INDICADORES DE
DESEMPENHO EM MULHERES JOVENS**

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

Prof.^a Dr.^a Débora Alves Guariglia
Universidade Estadual do Norte do Paraná

Prof.^a Dr.^a Ana Catarina Francisco Nunes Matias
Universidade Lusófona

Jacarezinho, 28 de abril de 2023.

Dedicatória

Dedico este trabalho à minha família por todo apoio, principalmente para o meu avô (*in memoriam*) por ser a minha luz.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer à Deus, pela vida, por todas as bênçãos concedidas e por sempre ser a minha força.

As pessoas mais importantes da minha vida, minha mãe, Alice Matsue Fukuoka, meu pai, Antonio da Silva Bueno, e a minha irmã, Alayane Yaeko Fukuoka Bueno, por sempre estarem presentes, por todos os ensinamentos, educação, respeito, amor e apoio recebido nesses anos. Eu amo vocês!

A Universidade Estadual do Norte do Paraná, pela oportunidade de cursar a graduação e a pós-graduação, a todo o corpo docente, coordenadores, diretores e colaboradores, pelo suporte ofertado.

Agradeço ao meu orientador, Prof. Dr. Ezequiel Moreira Gonçalves pela oportunidade de aprendizado, pela atenção, paciência, parceria e dedicação durante esses 2 anos na minha evolução. Obrigada por se tornar um pai, pelas conversas e conselhos. Gratidão!

A Prof.^a Dr.^a Débora Alves Guariglia pelos ensinamentos durante esses anos e a Prof.^a Dr.^a Ana Catarina Francisco Nunes Matias por aceitarem o convite como banca examinadora deste trabalho, contribuindo para a versão final. Obrigada pelas contribuições!

A Prof.^a Dr.^a Carla Cristiane da Silva e Prof.^a Dr.^a Tathyane Krahenbühl pelas contribuições e apontamentos no exame de qualificação, auxiliando nos ajustes a serem realizados, pontos a serem revisados e dicas sobre a apresentação. Muito obrigada!

A Núbia, por toda a parceria durante esses anos, pela paciência e ensinamentos. Obrigada por sempre sanar minhas dúvidas e ajudar com as correções e finalização dos trabalhos.

Agradeço a Nicolly, pela parceria de anos, desde a graduação, por todo amor, paciência e dedicação nesses anos. Obrigada por sempre estar presente e por sempre me dar forças.

As pessoas que mais me ajudaram durante as coletas, Mari e Geisa, pela disponibilidade em me ajudar, por todas as noites realizando as coletas. Obrigada, vocês foram essenciais!

Aos grupos de estudos “*Orientados do Zeique*” e “TIME”, por todo conhecimento compartilhado e aprendizado, em especial a Raquel e o Du, pelas discussões sobre assuntos tão pertinentes. Obrigada!

Aos meus amigos, Maria Carolina, Edivânia, Jean, Letícia, Mari Zurdo, Mayara e Gisele, pela parceria, incentivo e companheirismo. Obrigada, vocês são muito importantes na minha vida.

As voluntárias que participaram deste estudo, acadêmicas do curso de Educação Física, que se disponibilizaram a participar de todas as coletas, comprometimento e dedicação nas avaliações. Obrigada!

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) – nº do processo: 88887.830994/2023-00.

RESUMO

A análise de impedância bioelétrica (BIA) é um método simples, rápido e seguro para estimar a composição corporal. Mais recentemente, a BIA tem sido utilizada de forma localizada (L-BIA) para avaliar grupos musculares específicos, em lesões e doenças e no desempenho durante o exercício principalmente de membros superiores. Entretanto, pouco se sabe sobre a possível relação da L-BIA no desempenho de força e potência muscular de membros inferiores, principalmente no sexo feminino. **Objetivo:** Verificar a relação entre os parâmetros da L-BIA e indicadores de desempenho em jovens do sexo feminino. **Métodos:** Trata-se de um estudo transversal, com 30 jovens do sexo feminino de 18 a 30 anos. As avaliações dos parâmetros da L-BIA, resistência (L-R), reatância (L-Xc), ângulo de fase (L-AngF) foram no quadríceps pré e pós os testes de força (exercício de séries múltiplas de joelho no dinamômetro isocinético) e potência muscular (protocolo de wingate) e também foram calculadas as alterações pré e pós testes (Δ). O tecido mole magro (TMM) e o percentual de massa gorda (%MG) total e da perna direita, foram determinadas pela absorciometria por dupla emissão de raios x (DXA). As comparações foram realizadas pela Análise de Variância para medidas repetidas e teste t de *Student* pareado e a relação entre as variáveis pela análise de regressão linear. **Resultados:** Houve diferenças significativas na L-R ($p=0,001$; $p=0,002$), L-Xc ($p=0,043$; $p=0,001$) e circunferência de coxa ($p<0,001$; $p=0,002$) pré e pós séries múltiplas e wingate, respectivamente. O Δ L-AngF (Ω) apresentou correlação significativa na 1^o ($p<0,001$), 2^o ($p=0,002$) e 3^o série ($p=0,004$), explicando 39%, 28% e 24% da variação do pico de torque da 1^o, 2^o e 3^o série, respectivamente, permanecendo significativo na 1^o série do pico de torque e média do pico de torque independente do TMM total e da coxa ($p<0,05$). A L-R pré e pós wingate apresentou correlação significativa negativa com os watts médio ($p=0,022$; $p=0,014$), explicando 14% e 17% da variação. O L-AngF pós wingate apresentou correlação significativa com os watts máximo/kg ($p=0,020$), explicando 15% da variação, enquanto o TMM total e da coxa explicaram 62% e 44% da variação dos watts médio, respectivamente. O TMM total e da coxa foram significativos de forma independente ($p<0,001$; $p=0,002$) e nos watts médio, a L-R pré e pós foram significativos quando ajustados pelo TMM total e da coxa ($p<0,001$). **Conclusão:** Nessa amostra de jovens do sexo feminino o Δ L-AngF demonstrou relação significativa e independente com o desempenho de força. Na potência muscular, o TMM total e da coxa foram os melhores preditores. Mais estudos, com diferentes intensidades e volumes são necessários para determinar a capacidade da L-BIA em monitorar o desempenho no sexo feminino.

Palavras-chave: Impedância Bioelétrica; Força Muscular; Potência.

ABSTRACT

Bioelectrical impedance analysis (BIA) is a simple, fast and safe method to estimate body composition. More recently, the BIA has been used in a localized way (L-BIA) to evaluate specific muscle groups, in injuries and diseases and in performance during exercise, mainly in the upper limbs. However, little is known about the possible relationship of L-BIA in the performance of lower limb muscle strength and power, especially in females. **Objective:** To verify the relationship between L-BIA parameters and performance indicators in Young females. **Methods:** This is a cross-sectional study with 30 young females aged 18 to 30 years. The evaluations of the parameters of the L-BIA, resistance (L-R), reactance (L-Xc), phase angle (L-AngF) were in the quadriceps before and after the strength tests (exercise of multiple series of knee in the isokinetic dynamometer) and muscle power (wingate protocol) and pre- and post-test changes (Δ) were also calculated. The lean soft tissue (LST) and the percentage of fat mass (%FM) of the total and right leg were determined by dual emission x-ray absorptiometry (DXA). Comparisons were performed using Analysis of Variance for repeated measures and paired Student's t test, and the relationship between variables using linear regression analysis. **Results:** There were significant differences in L-R ($p=0.001$; $p=0.002$), L-Xc ($p=0.043$; $p=0.001$) and thigh circumference ($p<0.001$; $p=0.002$) pre and post multiple sets and wingate, respectively. The Δ L-AngF (Ω) showed a significant correlation in the 1st ($p<0.001$), 2nd ($p=0.002$) and 3rd series ($p=0.004$), explaining 39%, 28% and 24% of the peak variation of torque of the 1st, 2nd and 3rd sets, respectively, remaining significant in the 1st set of peak torque and mean of peak torque independent of total and thigh LST ($p<0.05$). The pre and post wingate L-R showed a significant negative correlation with the mean watts ($p=0.022$; $p=0.014$), explaining 14% and 17% of the variation. Post-wingate L-AngF correlated significantly with maximum watts/kg ($p=0.020$), explaining 15% of the variation, while total and thigh LST explained 62% and 44% of the variation in mean watts, respectively. Total and thigh LST were independently significant ($p<0.001$; $p=0.002$) and mean watts, pre and post L-R were significant when adjusted for total and thigh LST ($p<0.001$). **Conclusion:** In this sample of Young females, Δ L-AngF showed a significant and independent relationship with strength performance. In muscle power, total and thigh LST were the best predictors. More studies, with different intensities and volumes, are needed to determine the ability of L-BIA to monitor performance in females.

Key words: Bioelectric Impedance; Muscle strength; Potency.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Princípios da BIA das características físicas à composição corporal.	16
Figura 2. Comportamento de condutividade elétrica na massa muscular e na gordura.	17
Figura 3. Comportamento da reactância na integridade da membrana celular.	18
Figura 4. Comportamento ângulo de fase (AngF), de acordo com as alterações da resistência (R) e da reactância (Xc).....	19
Figura 5. Linha do tempo das avaliações.	27
Figura 6. Teste de wingate no cicloergômetro.	29
Figura 7. Teste no dinamômetro isocinético.	30
Figura 8. Avaliação de composição corporal.	31
Figura 9. Colocação dos eletrodos da L-BIA em quadríceps.	32
Figura 10. Gráfico de violino do pico de torque da 1º, 2º e 3º série.....	34
Figura 11. Relação entre as séries múltiplas, parâmetros da L-BIA e composição corporal. ...	37
Figura 12. Relação entre a potência muscular e os parâmetros da L-BIA e composição corporal.	41

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Características gerais da amostra de jovens do sexo feminino (n=30).....	34
Tabela 2. Comparação dos parâmetros da L-BIA e circunferência pré e pós séries múltiplas.	35
Tabela 3. Correlação entre os parâmetros de L-BIA, composição corporal e desempenho de séries múltiplas.	36
Tabela 4. Parâmetros da análise da regressão linear da relação do pico de torque nas séries com as alterações do ângulo de fase localizado (ΔL -AngF), ajustado pelo pelo tecido mole magro (TMM) total e da perna direita.	38
Tabela 5. Comparação dos parâmetros da L-BIA e circunferência pré e pós teste de potência anaeróbia (wingate).	39
Tabela 6. Correlação entre os parâmetros de L-BIA, composição corporal e desempenho de potência anaeróbia (wingate).....	40
Tabela 7. Parâmetros da análise da regressão linear da relação da potência muscular e os parâmetros da L-BIA e a composição corporal.	42

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ΔL-AngF	Delta do Ângulo de Fase
ΔL-R	Delta da Resistência Localizada
ΔL-Xc	Delta da Reatância Localizada
1RM	1 Repetição Máxima
AEC	Água Extracelular
AIC	Água Intracelular
AngF	Ângulo de Fase
AngF/H	Ângulo de Fase ajustado pela altura
BIA	Análise de Impedância Bioelétrica
CMO	Conteúdo Mineral Ósseo
CVM	Contração Voluntária Máxima
DXA	Absorciometria por Dupla Emissão de Raios X
IMC	Índice de Massa Corporal
L-AngF	Ângulo de Fase Localizado
L-BIA	Análise de Impedância Bioelétrica Localizada
L-R	Resistência Localizada
L-Xc	Reatância Localizada
MG	Massa Gorda Absoluta
MG%	Percentual de Massa Gorda
PT	Pico de Torque
R	Resistência
R/H	Resistência ajustada pela altura
RAST	<i>Running Anaerobic Sprint Test</i>
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
TMM	Tecido Mole Magro
TR	Treinamento Resistido
Xc	Reatância
Xc/H	Reatância ajustada pela altura
Z	Impedância Elétrica

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2. OBJETIVOS	15
3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	16
3.1 Avaliação da Impedância Bioelétrica (BIA).....	16
3.2 BIA e Desempenho	20
3.3 L-BIA	22
4. MÉTODOS.....	27
4.1. Caracterização do estudo e procedimentos éticos	27
4.2. População e amostra.....	28
4.3. Instrumentos e técnicas de coleta de dados	28
4.3.1. Medidas antropométricas.....	28
4.3.2. Potência muscular.....	29
4.3.3. Força muscular	30
4.3.4. Avaliação da composição corporal.....	30
4.3.5. Parâmetros da análise da impedância bioelétrica (BIA).....	31
4.4. Análise dos dados.....	32
5. RESULTADOS	34
6. DISCUSSÃO	43
7. CONCLUSÃO.....	46
REFERÊNCIAS	47
APÊNDICES	53
APÊNDICE A – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO	53
APÊNDICE B – ARTIGO PUBLICADO	58
ANEXOS	59
ANEXO A – APROVAÇÃO COMITÊ DE ÉTICA.....	59

1 INTRODUÇÃO

A análise de impedância bioelétrica (BIA) é um método não invasivo, simples, rápido e seguro, capaz de estimar a composição corporal, além de ser mais barata em comparação a outros métodos laboratoriais (LUKASKI, 2013). Os aparelhos da BIA utilizam uma corrente elétrica segura de baixa voltagem (50kHz) para a determinação da impedância elétrica (Z), a partir de dois parâmetros: a resistência (R) que está relacionada a hidratação dos tecidos e a reactância (X_c) que reflete a capacidade das membranas celulares em retardar o fluxo elétrico (KYLE et al., 2004). A partir destes parâmetros da BIA (R e X_c) pode-se determinar o ângulo de fase (AngF), o qual tem sido associado a função celular, principalmente com a permeabilidade e integridade da membrana celular (BARBOSA-SILVA et al., 2005; BAUMGARTNER; CHUMLEA; ROCHE, 1988).

Mais recentemente, a BIA de forma localizada (L-BIA), vem sendo utilizado para avaliar grupos musculares específicos (CEBRIÁN-PONCE et al., 2021), capaz de quantificar o comportamento elétrico muscular (RUTKOVE, 2009), fornecendo informações sobre a sua composição e estrutura (SANCHEZ e RUTKOVE, 2017a), relacionados a massa e volumes celulares, integridade da membrana celular e fluidos intra/extracelulares (FREEBORN; REGARD; FU, 2020). A L-BIA é utilizada em aspectos relacionados a disfunções, como a esclerose lateral amiotrófica (TARULLI et al., 2009), atrofia muscular (RUTKOVE et al., 2010) e distrofia muscular (RUTKOVE et al., 2014; STATLAND et al., 2016), na sarcopenia (AARON et al., 2006; RUTKOVE et al., 2008; DE-MATEO-SILLERAS et al., 2018) e em lesões musculares em jogadores profissionais de futebol (NESCOLARDE et al., 2013, 2015, 2017, 2020).

Com relação a aspectos relacionados ao desempenho, esses parâmetros podem variar de acordo com o estímulo aplicado, principalmente a intensidade em que é realizado (FU e FREEBORN, 2018). Nas adaptações geradas no músculo pelo exercício físico, ainda existem poucos estudos que investigaram de forma aguda (<24 h) (SHIFFMAN et al., 2003; LI L. et al., 2016; FU e FREEBORN, 2018; FREEBORN e FU, 2019; HUANG et al., 2020), sendo que exercícios em diferentes intensidades podem provocar aumento na área de secção transversa ou na circunferência do músculo, sugerindo que grande parte desse aumento se deva ao surgimento de um edema (acúmulo de líquido) (DAMAS et al., 2016; YASUDA et al., 2015), particularmente a água extracelular (TANIGUCHI; YAMADA; ICHIHASHI, 2020) que pode ocorrer devido ao dano muscular. Entretanto, pouco se sabe sobre o efeito agudo no exercício anaeróbio e de séries múltiplas em membros inferiores, principalmente no sexo feminino.

Diante disso, L-BIA demonstra potencial como um método para monitorar mudanças morfológicas e fisiológicas que ocorrem no músculo esquelético durante a contração e também como resultado da fadiga (SHIFFMAN; AARON; RUTKOVE, 2003; LI et al., 2016; FU e FREEBORN, 2018; FREEBORN e FU, 2019), pois fornecem detalhes sobre as estruturas e processos eletroquímicos dentro desses tecidos, ainda mais no sexo feminino, já que as alterações dos parâmetros da BIA são distintos entre os sexos (MASCHERINI et al., 2017).

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

Verificar a relação entre os parâmetros da L-BIA e indicadores de desempenho em jovens do sexo feminino.

2.2. Objetivos específicos

Comparar as alterações dos parâmetros da L-BIA após teste de força e potência muscular;

Verificar a relação entre os parâmetros da L-BIA com o desempenho de força e potência muscular são independentes da composição corporal em jovens do sexo feminino.

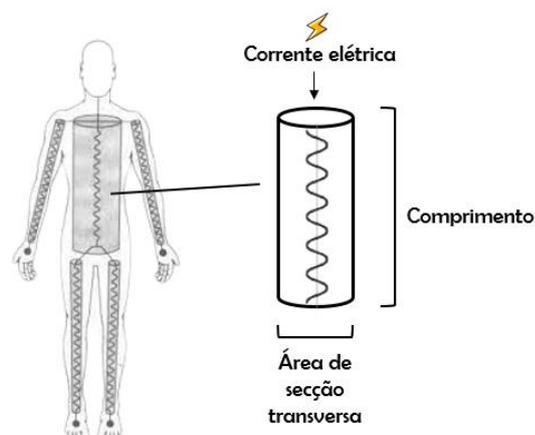
3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 Avaliação da Impedância Bioelétrica (BIA)

A aplicação da BIA se baseia na introdução da corrente elétrica contínua, segura e de baixa voltagem (50kHz) percorrendo o corpo utilizando a fixação de eletrodos, e teve sua primeira aplicação validada em 1969 (HOFFER; CLIFTON; SIMPSON, 1969). Esses eletrodos geralmente são fixados na superfície dorsal da mão e do pé (CORNISH *et al.*, 1999; ELLIS *et al.*, 1999; BAUMGARTNER, CHUMLEA, ROCHE, 1988; HOFFER, CLIFTON, SIMPSON, 1969). 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 resistência (R) relacionada a hidratação dos tecidos e a reatância (X_c) relacionada com a capacidade das membranas celulares em retardar o fluxo elétrico (KYLE *et al.*, 2004).

A R de um material condutivo homogêneo e uniforme, é proporcional ao seu comprimento e inversamente proporcional à sua área transversal, ou melhor dizendo, ainda que o corpo não seja um cilindro uniforme, assemelha-se como uma junção de cinco cilindros (tronco, dois braços e duas pernas), assim, a R encontrada no corpo é proporcional ao comprimento (ex: estatura), logo, quanto maior o comprimento, maior será o valor de R , e inversamente proporcional à área de secção transversa (ex: perímetro do braço, perímetro da perna), logo, quanto maior for a circunferência, menor será o valor de R (Figura 1) (BAUMGARTNER; CHUMLEA; ROCHE, 1990).

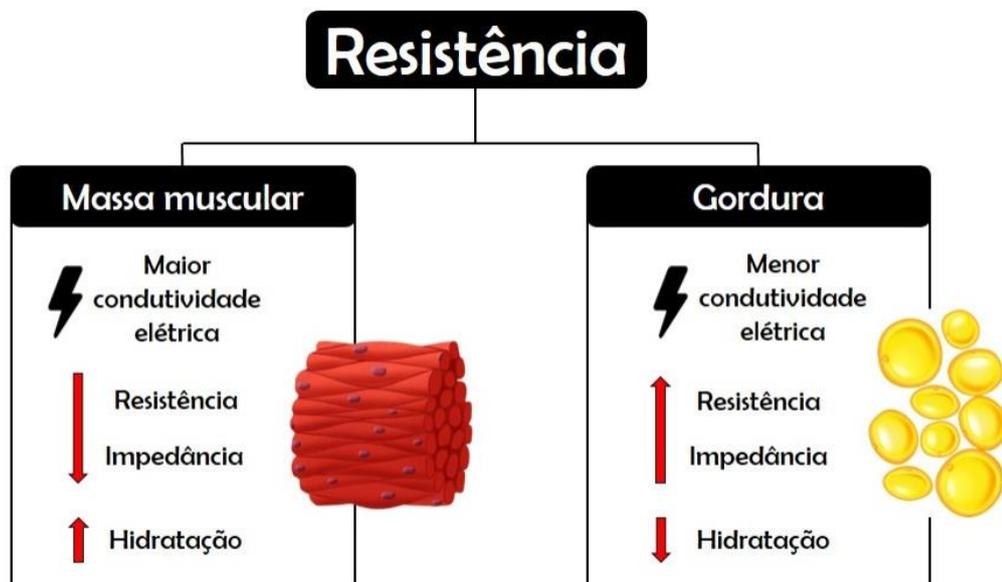
Figura 1. Princípios da BIA das características físicas à composição corporal.



Fonte: Adaptado de Kyle et al., (2004).

Outro fator importante a se considerar é que o valor de R é inversamente proporcional a quantidade de água e eletrólitos presentes nos tecidos, ou seja, quanto menor for a R , maior será a quantidade de água intracelular (AIC) e água extracelular (AEC) (KUSHNER; GUDIVAKA; SCHOELLER, 1996). Dessa forma, tecidos mais hidratados e que por isso possuem maior presença de eletrólitos (como o tecido muscular) apresentam maior facilidade na passagem da corrente elétrica, assim, o valor de R é menor. Em contrapartida, tecidos menos hidratados, ou seja, aqueles que possuem menor presença de água e eletrólitos (como o tecido adiposo e tecido ósseo) apresentam maior dificuldade na condução da corrente elétrica, logo, o valor de R é maior (KYLE *et al.*, 2004), sendo ilustrado na figura 2.

Figura 2. Comportamento de condutividade elétrica na massa muscular e na gordura.

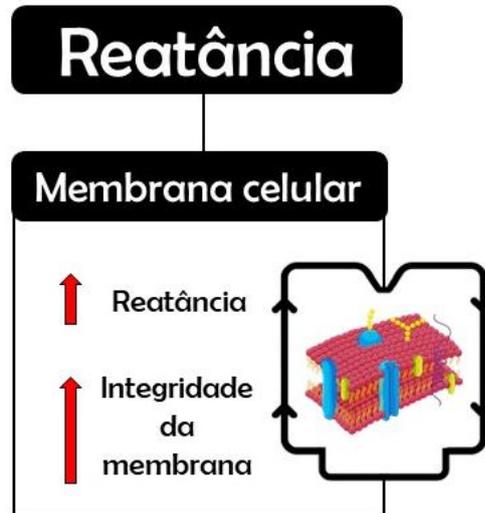


Fonte: Gonçalves et al. (2022).

A X_c é o componente capacitivo dos tecidos, presente nas membranas celulares e do que separam o fluido intra e extracelular, ou seja, quando a corrente elétrica entra no corpo, as membranas celulares recebem e liberam após um período de tempo. Quando exercida uma corrente de baixa frequência (ou zero), a corrente é incapaz de penetrar na membrana celular, atuando como um isolante, percorrendo apenas pelo líquido extracelular, responsável pela medida de R . Já em uma frequência alta (infinita), a X_c é um ótimo capacitador, portanto, reflete na combinação dos fluídos intra e extracelulares (KYLE *et al.*, 2004). 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.

Sendo assim, quanto maior for o valor de X_c , maior será a integridade da membrana celular, como ilustrado na figura 3.

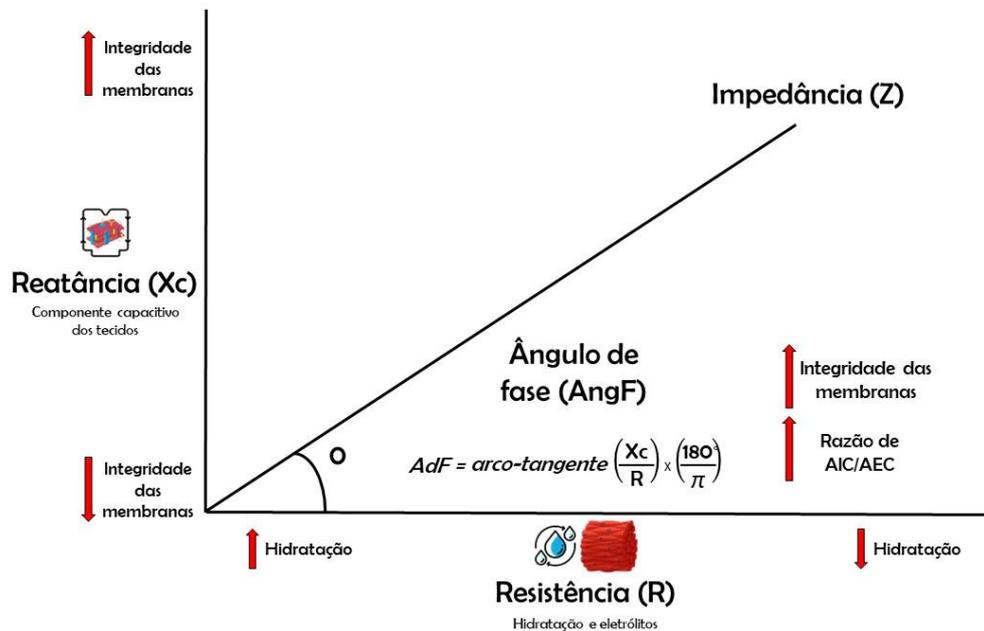
Figura 3. Comportamento da reactância na integridade da membrana celular.



Fonte: Gonçalves et al. (2022).

A relação apresentada pela R e X_c nos tecidos do corpo, representa diferentes propriedades elétricas, sendo influenciadas e afetadas por diversas maneiras, como doenças, estado nutricional, estado de hidratação, entre outros (KYLE *et al.*, 2004). A partir dos valores de R e X_c pode-se determinar o ângulo de fase (AngF), por meio da fórmula *arco-tangente* $(X_c/R) * 180/\pi$ (BAUMGARTNER; CHUMLEA; ROCHE, 1988), e tem sido associado com a função celular nos parâmetros relacionados as alterações na integridade da membrana celular (valores de X_c) e alterações no equilíbrio de fluídos intra e extracelular (valores de R) (LUKASKI, 2013; BARSOSA-SILVA *et al.*, 2005). Portanto, valores baixos de R e altos de X_c demonstram valores altos de AngF , assim como demonstrado na figura 4. Graficamente, o AngF é representado como o ângulo entre a Z e o eixo x (R) (STAHN *et al.*, 2012).

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



Fonte: Adaptado de Chumlea, Baumgartner (1988).

O AngF é considerado uma abordagem quantitativa para a análise da composição corporal avaliada pela BIA (CAMPA *et al.*, 2021). Por ser determinado pelos valores de R e Xc, representa tanto o estado de hidratação, ou seja, a distribuição da água corporal entre AIC e AEC, quanto a integridade das membranas celulares. Além disso, vem sendo utilizado em diferentes parâmetros, como no estudo de Langer *et al.* (2021), no qual fizeram uma coorte com acompanhamento de 24 anos em adultos saudáveis (2601 participantes), dos quais, aqueles que apresentaram menores valores de AngF desenvolveram doenças cardiovasculares, particularmente no sexo feminino após os ajustes confundidores (peso corporal, altura, idade, tabagismo, consumo de álcool, atividade física e escolaridade), podendo ser utilizado como um índice adicional na previsão das doenças cardiovasculares. Além disso, o AngF é considerado como uma ferramenta de triagem para a identificação de pacientes de risco com estado nutricional e funcional (NORMAN *et al.*, 2012) e como preditor de anormalidade e função muscular em pacientes com câncer (SOUZA *et al.*, 2021).

Mais recentemente, pesquisadores utilizaram a BIA para determinar o papel preditivo do AngF na sobrevivência de 90 dias em pacientes hospitalizados por conta da COVID-19 (127 pacientes), considerando que a inflamação causada pela infecção do vírus pode afetar a hidratação (estado dos fluídos) dos pacientes (CORNEJO-PAREJA *et al.*, 2021). Foi observado

que os pacientes que se encontravam no quartil mais baixo do AngF, apresentaram aumento de mortalidade e permanência hospitalar, hiperidratação e aumento da inflamação, e mesmo o AngF ajustado por diversos possíveis fatores de confusão (idade, sexo, IMC, diabetes, hipertensão, dislipidemia ou doença cardíaca), se manteve associado com o aumento da mortalidade ($p < 0,001$), sendo assim, o AngF baixo (< 3.95) foi considerado como um bom ponto de corte para prever a mortalidade pela COVID-19 (CORNEJO-PAREJA, *et al.*, 2021), sugerindo assim, a utilização da BIA nas avaliações clínicas de rotina com pacientes com COVID-19 para identificar risco aumentado de mortalidade.

3.2 BIA e Desempenho Físico

Além de ser utilizado para verificar aspectos relacionados a doenças, estudos vem demonstrando a aplicabilidade da BIA como possíveis preditores de desempenho, como o de Hetherington-Rauth, Baptista e Sardinha (2020), que analisaram as relações dos compartimentos de água corporal estimada e do AngF como marcador de desempenho muscular em crianças e adolescentes ($n=263$), adultos ($n=249$) e idosos ($n=75$), no qual o AngF pode ser um marcador útil de desempenho em crianças e adolescentes que pode estar relacionada com o crescimento, e já para os adultos e idosos, a AIC parece ser um melhor marcador de desempenho e pode estar associado a quantidade de massa muscular, pois com o passar dos anos há uma maior perda de massa muscular, logo, quanto menor a massa muscular, menor o desempenho.

No estudo de Langer *et al.* (2020), avaliou a aptidão cardiorrespiratória com o AngF em 423 adolescentes (203 meninas e 220 meninos) e verificou uma correlação positiva apenas nos meninos ($r=0,19$; $p=0,005$). Já no estudo de Genton *et al.* (2020) buscaram encontrar associação entre o AngF com o desempenho da corrida, tendo uma amostra de 2.264 participantes (1.025 sexo feminino e 1.239 sexo masculino), observaram que o AngF foi relacionado significativamente com a velocidade da corrida no sexo feminino ($r = 0.52$; $p < 0,001$) e sexo masculino ($r = 0.57$; $p < 0,001$).

Já em atletas, estudos demonstram que estes possuem melhor condição de integridade celular mensurada pela BIA quando comparados com não atletas (MARTINS *et al.*, 2020; ANDREOLI *et al.*, 2003), sendo observada relação do AngF com o nível de desempenho no futebol (MICHELI *et al.*, 2014), no qual jogadores ($n=893$) com maior nível de desempenho apresentam maiores valores de AngF (7.7°) e massa celular corporal (40.5 kg) quando comparados com aqueles que apresentam baixo desempenho (7.2° e 36.7 kg).

Atualmente, diversos estudos estão investigando possíveis associações entre os parâmetros da BIA com o desempenho em diversas modalidades esportivas (KOURY, TRUGO

e TORRES, 2014), incluindo com o desempenho de jogadores de futebol (MARTINS *et al.*, 2021; NABUCO *et al.*, 2019; MICHELI *et al.*, 2014). Martins *et al.* (2021) teve como objetivo examinar a associação entre o AngF com os componentes do desempenho de jogadores de futebol do sexo masculino de duas academias profissionais, do qual, observaram que jogadores que apresentaram maiores valores de AngF apresentaram melhor desempenho anaeróbio (velocidade de *sprints*) em *sprints* de 10 metros e 30 metros.

Em jogadores de futebol do sexo masculino, utilizando o *Running Anaerobic Sprint Test* (RAST), foi observada uma relação positiva entre o AngF com a potência máxima ($\beta = 0,66$; $p < 0,001$), mesmo após ajustes (massa livre de gordura e gordura corporal) ($\beta = 0,52$; $p = 0,020$) e uma relação negativa entre o índice de fadiga e o AngF mesmo após ajuste pela massa livre de gordura ($\beta = -0,70$; $p = 0,020$) (NABUCO *et al.*, 2019).

No estudo de Micheli *et al.* (2014) investigou possíveis diferenças de valores de AngF em diferentes níveis de desempenho no futebol (elite, alto nível, nível médio, nível médio a baixo e baixo nível), sendo 893 jogadores do sexo masculino, inscritos na Federação Italiana de Futebol, observando que quanto maior for o nível de desempenho, maior é o valor de AngF. Já em outro estudo com praticantes de diversas modalidades do sexo masculino (105 adolescentes e 90 adultos), a modalidade de futebol foi o que apresentou menor valor de AngF (6.3°), seguida da natação (7.0°), polo aquático (7.1°), basquetebol (7.2°), *triathlon* (7.6°) e atletismo (8.3°), sendo os atletas de atletismo que apresentaram o maior valor de AngF em comparação com as demais modalidades (KOURY, TRUGO e TORRES, 2014).

Estudos recentes analisaram os parâmetros da BIA com o Treinamento Resistido (RT) em diferentes intensidades. Toselli e colaboradores (2020) analisaram as alterações de R, Xc e AngF com o TR de alta intensidade e baixa intensidade, apresentando aumentos significativos na Xc/H ($\Delta = 2.4\Omega \pm 2,7$) e AngF/H ($\Delta = 0.5^\circ \pm 0.5$) no grupo de alta intensidade, não acontecendo o mesmo para o grupo de baixa intensidade. No estudo que comparou alta intensidade, baixa intensidade e grupo controle (CUNHA *et al.*, 2018), apresentando diferenças significativas no grupo de alta intensidade na R ($\Delta = -32.6\Omega \pm 59.2$), Xc ($\Delta = 3.8\Omega \pm 8.1$) e AngF ($\Delta = 0.4^\circ \pm 0.6$), diferenças significativas no grupo de baixa intensidade na R ($\Delta = -24.6\Omega \pm 49.0$), Xc ($\Delta = 3.2\Omega \pm 5.0$) e AngF ($\Delta = 0.2^\circ \pm 0.5$) e para o grupo controle, houve uma diminuição significativa do AngF ($\Delta = -0.3^\circ \pm 0.6$). Otsuka e colaboradores (2022) analisaram as alterações do AngF no TR de baixa intensidade, intensidade moderada e grupo controle, encontrando alterações no TR apenas na intensidade moderada ($\Delta = 0.3^\circ \pm 0.3$). Outro estudo analisou o TR de intensidade alta e moderada no sexo feminino, encontrando diferenças significativas em ambos os grupos, sendo na alta intensidade a R ($\Delta = -17.1\Omega \pm 55.3$), Xc ($\Delta = 3.7\Omega \pm 5.0$) e AngF

($\Delta=0.6^\circ\pm 0.9$) e na intensidade moderada na R ($\Delta=-8.40\pm 58.3$), Xc ($\Delta=1.6\Omega\pm 5.5$) e AngF ($\Delta=0.3^\circ\pm 0.9$) (RIBEIRO et al., 2017). É possível verificar que o TR ocasiona em alterações na R, Xc e AngF, principalmente quando realizados em alta intensidade (SARDINHA e ROSA, 2023).

3.3 L-BIA

Uma outra estratégia para analisar os parâmetros da BIA, mas de forma mais direcionada a grupos musculares específicos são as medições localizadas de BIA (L-BIA) sendo possível observar as mudanças dos parâmetros de R, Xc e AngF, podendo variar de acordo com o estímulo aplicado, principalmente a intensidade em que é realizado, podendo alterar os valores de R e Xc, também parece permitir a detecção do tipo lesão muscular, isso porque a BIA é sensível para detectar mudanças na hidratação do tecido magro, bem como integridade e estrutura da membrana celular em uma área específica (NESCOLARDE *et al.* 2013, 2014, 2015, 2017).

Na avaliação utilizando a L-BIA, os eletrodos são fixados na região do corpo desejado, como alguns músculos específicos, como por exemplo no estudo de Nescolarde *et al.* (2013) que utilizaram próximo a lesão muscular de jogadores de futebol, permitindo a detecção do edema, no qual, valores de R, Xc e AngF diminuíam de acordo com o grau da lesão (FRANCAVILLA et al., 2015; NESCOLARDE *et al.*, 2014; NESCOLARDE *et al.*, 2017), indicando que os valores de R diminuíram por conta do aumento da inflamação e acúmulo de fluídos e as reduções de Xc e AngF pela ruptura da integridade e lesão da membrana celular. Além disso, é possível detectar o grau da lesão muscular (NESCOLARDE *et al.*, 2015) e gap muscular (NESCOLARDE *et al.*, 2017), e como um método complementar para a diferenciação entre lesões tendíneas, miotendíneas e miofasciais (NESCOLARDE *et al.*, 2020).

Recentemente um estudo de revisão sistemática demonstrou que a avaliação de L-BIA durante o exercício físico, agudo ou crônico, é sensível para detectar as alterações e adaptações morfológicas e fisiológicas que ocorrem dentro do músculo, sendo uma ferramenta em tempo real para quantificar de forma não invasiva as alterações durante o exercício, fadiga e recuperação (CEBRIÁN-PONCE et al., 2021). Estudos analisaram a L-BIA e o exercício em três classificações: curto prazo (SHIFFMAN, AARON e RUTKOVE, 2003; Li et al., 2016; FU e FREEBORN, 2018; HUANG et al., 2020), médio prazo (FREEBORN, 2020) e a longo prazo (MASCHERINI et al., 2015).

No estudo de Shiffman, Aaron e Rutkove (2003) verificaram as mudanças nos valores de R e Xc quando realizado um movimento de contração isométrica de membros superiores,

especificamente no antebraço, utilizando um dinamômetro manual. Os valores de R e Xc aumentaram durante a contração isométrica dos flexores dos dedos (preensão), porém, suas limitações foram: ser um estudo de caso, onde a medição não foi realizada no músculo específico relacionado com o movimento de preensão e não foi controlado de forma sistematizada os níveis de contração, deixando possíveis dúvidas sobre as alterações encontradas de BIA.

Já no estudo de Li *et al* (2016) avaliaram se os valores da L-BIA variava durante os diferentes níveis de contração isométrica, sendo em: (1) repouso (*baseline*), (2) contração voluntária máxima (CVM), (3) contração de baixo nível (20% de CVM) e (4) contração de alto nível (60% de CVM), bem como as variações em diferentes condições de fadiga, sendo em: (1) repouso (*baseline*), (2) após o início da contração, (3) no final da contração (última medição antes da falha) e (4) pós fadiga em repouso após um minuto. Apenas os valores de resistência apresentaram diferenças significativas, na qual houve um aumento de 10.1% e 9.2% do valor de R nas contrações de alto nível (60% de CVM e CVM, respectivamente). Na fadiga muscular, os valores de R apresentou mudanças durante todas as quatro condições, a qual diminuiu antes da falha da tarefa quando comparada com o início da mesma e após a fadiga, diminuiu ainda mais em comparação com antes da falha da tarefa.

No estudo de Fu e Freeborn (2018) teve como objetivo avaliar se existem diferenças nas medidas de L-BIA pré e pós execução do protocolo de exercício de bíceps em diferentes intensidades (60% ou 75% de 1RM) até a fadiga. O estudo demonstrou que houve alterações significativas nos parâmetros de L-BIA pré e pós protocolo, tendo diminuição nos valores de R e aumento nos valores de Xc, não apresentando diferenças significativas entre as intensidades, desde que sejam realizadas até a fadiga.

Em outro estudo similar (FREEBORN e FU, 2019), os autores dizem que a L-BIA pode ser um monitor eficaz para quantificar as alterações que ocorrem nos músculos de forma localizada, incluindo o inchaço e o dano muscular em uma tarefa fatigante, já que os mesmos verificaram as alterações de L-BIA do bíceps ao longo de um protocolo de exercício (10 séries até a falha) em duas intensidades (60 e 75% de 1RM), do qual as medidas de L-BIA foram feitas ao longo das 10 séries, verificando ao final do protocolo que houve alterações nos parâmetros derivados da impedância bioelétrica na frequência de 50kHz, sendo uma diminuição na R a partir da 3ª e 4ª série (60% e 75% de 1RM, respectivamente); diminuição nos valores de Xc após a 4ª e 7ª série (60% e 75% de 1RM, respectivamente) - as quais (R e Xc), é possível verificar uma tendência geral decrescente dos valores ao longo das séries -; e diminuição nos

parâmetros do AngF depois da 7^o e 10^o série (60% e 75% de 1RM, respectivamente), o qual não há uma diminuição monotonamente, oscilando entre séries.

No estudo de Huang et al. (2020), analisaram contrações dinâmicas de membros superiores (bíceps braquial) em diferentes intensidades (20%, 40% e 60% da contração voluntária máxima), analisando apenas a R. Foram fixados quatro eletrodos no bíceps braquial e utilizado a eletromiografia de superfície ao mesmo tempo para verificar o uso da BIA como um indicador de fadiga. Os resultados mostraram diminuição nos parâmetros de R ($7,99\Omega \pm 1.9$) quando comparado o músculo fadigado vs. não fadigado, em que a R foi afetada em diferentes cargas, diminuindo cada vez mais de na medida em que a carga aumentava, sendo assim, a BIA pode ser utilizado como um avaliador de fadiga muscular.

No estudo a médio prazo (FREEBORN, REGARD e FU, 2020) teve como objetivo medir as alterações de L-BIA de bíceps em um protocolo de exercício excêntrico durante um período de 96 horas (pré, pós, 24h, 48h, 72h e 96h após completar o protocolo). O braço que não realizou o protocolo não apresentou diferenças significativa nos parâmetros de L-BIA e circunferência, já o braço exercitado apresentou diminuição significativa nos parâmetros de R pré e pós 72h ($p < 0,001$) e pós 96h ($p < 0,001$) e Xc pré e pós 72h ($p < 0,001$) e pós 96h ($p < 0,001$), e aumento na circunferência do braço pré e pós 72h ($p = 0,001$) e pós 96h ($p = 0,003$).

No estudo de Mascherini, Petri e Galanti (2015) analisou as adaptações de BIA e L-BIA (quadríceps, isquiotibiais e panturrilha) em jogadores de futebol de elite durante um período de treinamento pré temporada de 50 dias. Após os 50 dias, a R apresentou diminuição significativa nos três grupos musculares (quadríceps: $p < 0,001$; isquiotibiais: $p = 0,043$ e panturrilha: $p = 0,001$), o AngF aumentou significativamente apenas no quadríceps ($p = 0,002$) enquanto a Xc diminuiu significativamente na panturrilha ($p = 0,007$). A análise de corpo total apresentou aumentos da quantidade de água ($p = 0,049$), podendo explicar as alterações de R nos três grupos musculares.

A avaliação de L-BIA no sexo feminino ainda é pouco descrita, sendo discutido recentemente por Mascherini e colaboradores (2018), analisando a diferença entre os sexos (idade e treinamento semelhantes) nos parâmetros de L-BIA em membros inferiores (quadríceps, isquiotibiais e panturrilha) de atletas de futebol, no qual o sexo feminino apresenta maiores valores de R/h em quadríceps, isquiotibiais e panturrilha, e menores valores de Xc/h em quadríceps e isquiotibiais, mas apresentam maiores na panturrilha. Já no AngF, apresentam menores valores no quadríceps, isquiotibiais e panturrilha. Sendo assim, é possível verificar que há diferenças entre os sexos nos parâmetros de L-BIA de membros inferiores, porém, são

necessários mais estudos sobre a temática, já que o mesmo é o primeiro que verificou as alterações de L-BIA em atletas do sexo feminino.

Por ser uma área de estudo relativamente nova, a falta de um protocolo padronizado para o posicionamento dos eletrodos na L-BIA que permitam a comparação entre estudos, necessitam de uma maior atenção em pesquisas futuras (CEBRIÁN-PONCE et al., 2021), sendo que pequenas mudanças podem interferir nos parâmetros (R , X_c e $AngF$) como o tamanho do músculo e espessura da gordura subcutânea (JAFARPOOR et al., 2013; RUTKOVE, PACHECK, SANCHEZ, 2017), assim como a frequência do equipamento (FREEBORN e FU, 2019).

Estudos publicados sobre a L-BIA possuem predominância de avaliações em membros superiores, principalmente no bíceps braquial (FREEBORN, REGARD, FU, 2020; FREEBORN e FU, 2019; FU e FREEBORN, 2018). No estudo de Freeborn, Regard e Fu (2020) foi utilizado um equipamento tetrapolar, a amostra foi avaliada em pé, com dois eletrodos de injeção de corrente posicionados no bíceps braquial com 15 cm de distância entre eles, e dois eletrodos de detecção de voltagem foram colocados a 6 cm de distância entre eles, e o local onde o bíceps tinha a maior circunferência foi determinado como ponto médio entre os eletrodos de detecção.

No estudo de Freeborn e Fu (2019) também utilizaram um equipamento tetrapolar no bíceps braquial com a amostra avaliada em pé, entretanto, a posição dos eletrodos foi diferente, em que dois eletrodos de injeção de corrente foram posicionados a 14 cm de distância entre eles e os eletrodos de detecção com 4,67 cm de distância entre eles, sendo semelhante em outro estudo, utilizando o mesmo posicionamento dos eletros (14 cm – distância entre os eletrodos de injeção; 4,67 – distância entre os eletrodos de detecção) (FU e FREEBORN, 2019).

Em estudos realizados em membros inferiores, sua maioria é em lesões (NESCOLARDE et al., 2013; 2014; 2015; 2017; 2020), em que os eletrodos são posicionados de acordo com as lesões detectadas. Em um estudo que avaliou lesão de quadríceps, dois eletrodos sensores foram posicionados 5 cm da linha central da lesão e os eletrodos de fonte foram colocados próximos aos eletrodos sensores (NESCOLARDE et al., 2014), similar a outros estudos (NESCOLARDE et al., 2015; 2017) que analisaram os parâmetros da L-BIA com lesões, sendo que os eletrodos do quadríceps foram posicionados da mesma forma que o citado acima (NESCOLARDE et al., 2014), e analisando também o vasto lateral com os eletrodos para a detecção foram posicionados 10 cm proximalmente e 10 cm distalmente do centro da lesão e os eletrodos de injeção próximos aos de detecção e nos adutores foram posicionados os eletrodos de detecção 5 cm medialmente e 5 cm lateralmente do centro da lesão

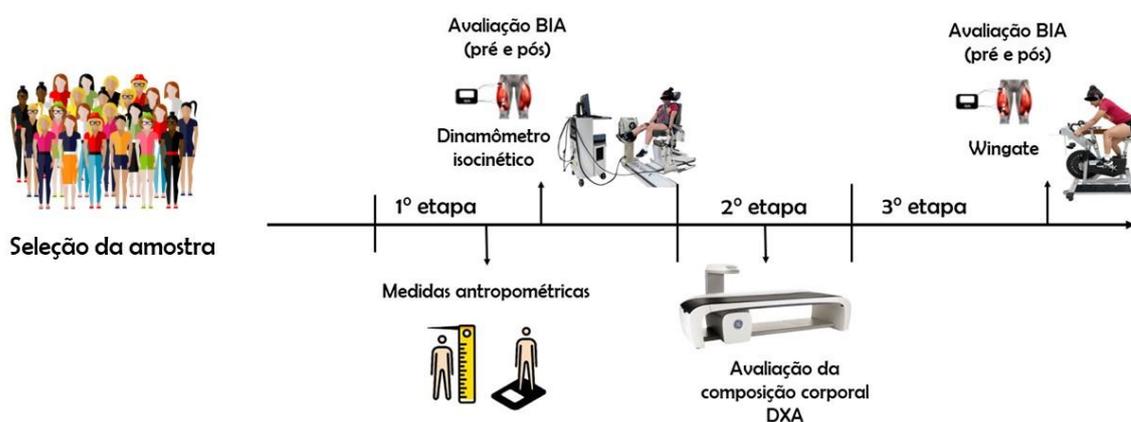
e os eletrodos de injeção próximo aos de detecção. É possível observar que os estudos que analisaram lesões utilizaram a mesma padronização, provavelmente porque tenha sido realizado pelos mesmos autores.

O único que analisou membros inferiores em indivíduos sem lesão (MASCHERINI et al., 2015), teve como objetivo de apresentar a integração do método para a avaliação segmentar utilizando um equipamento tetrapolar, avaliando três grupos musculares específicos (quadríceps, isquiotibiais e panturrilha), buscando abranger a origem e inserção dos músculos. No quadríceps, os eletrodos foram posicionados 5 e 10 cm distalmente da espinha ilíaca ântero-inferior e proximalmente do pólo superior da patela, nos isquiotibiais os eletrodos foram posicionados 5 e 10 cm distalmente da tuberosidade isquiática e proximal da linha poplítea e na panturrilha, os eletrodos foram posicionados 5 e 10 cm distalmente da linha poplítea e 15 e 10 cm da linha intermaleolar posterior. Sugerindo que essa padronização seja o mais próximo dos grupos musculares para serem analisados quando não contém nenhum tipo de lesão.

4. MÉTODOS

Trata-se de um estudo transversal, no qual, após a seleção da amostra, as participantes compareceram para a avaliação de desempenho (força e potência muscular) em dois dias, separados por no mínimo de 48 horas no Laboratório Multiusuário de Biodinâmica do Movimento Humano – Centro de Ciências da Saúde – Universidade Estadual do Norte do Paraná (UENP). Para realizar o exame de absorciometria por dupla emissão de raios x (DXA) foram até o Centro de Diagnóstico Médico por Imagem da Clínica Ultramed. Ambos realizados na cidade de Jacarezinho, Paraná, Brasil.

Figura 5. Linha do tempo das avaliações.



Fonte: elaborada pela autora.

4.1. Caracterização do estudo e procedimentos éticos

Na primeira etapa, foram coletadas as medidas antropométricas (peso, estatura, IMC, circunferência de perna), avaliação de impedância bioelétrica de corpo total (BIA) e de forma localizada (L-BIA) pré e pós teste no dinamômetro isocinético (protocolo de séries múltiplas). A segunda etapa foi realizada a avaliação de composição corporal pela absorciometria por dupla emissão de raios x (DXA) e a terceira etapa foi realizada a avaliação de BIA e L-BIA pré e pós teste de wingate no cicloergômetro. As avaliações foram previamente agendadas com as participantes (período noturno) e foram orientadas sobre vestimenta e estarem devidamente hidratadas e alimentadas de acordo com as características de cada teste.

Todas as participantes foram esclarecidas sobre o objetivo do estudo, dos procedimentos aos quais foram submetidas a realizar e informadas que a participação é de forma voluntária, podendo desistir da pesquisa a quaisquer momentos, sendo preservado seus dados de forma anônima. Todas as participantes que concordaram em participar do estudo, receberam o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), no qual entregaram assinado para participar da pesquisa.

Essa pesquisa foi aprovada pelo comitê de ética (n° 55537521.7.0000.8123). Este estudo foi desenvolvido de acordo com as normas da Resolução 466/96 do Conselho Nacional de Saúde sobre pesquisa envolvendo seres humanos.

4.2. População e amostra

A população do estudo são jovens do sexo feminino. A amostra foi composta por 30 universitárias (22,12±3,22 anos) da Faculdade de Educação Física da Universidade Estadual do Norte do Paraná (UENP).

Os critérios de inclusão foram: I) ser do sexo feminino; II) idade ≥ 18 anos; III) apresentar o Termo de Consentimento Livre Esclarecido (TCLE) devidamente assinado. Os critérios de exclusão foram: I) possuir objetos de metal no corpo que não fosse possível a retirada (*piercing*); II) apresentar limitação para a realização dos testes; III) não comparecer a algum teste.

4.3. Instrumentos e técnicas de coleta de dados

Foram coletadas as medidas antropométricas (massa corporal, estatura, IMC, circunferência de coxa), aplicados testes de desempenho: potência muscular (teste de wingate) e força muscular (dinamômetro isocinético), e por fim, a análise dos parâmetros fornecidos pela BIA e L-BIA (R, Xc e AdF) pré e pós cada teste. Foi realizada a avaliação da composição corporal por meio da absorciometria por dupla emissão de raios x (DXA).

4.3.1. Medidas antropométricas

Para a avaliação da massa corporal, a participante ficou em posição ereta, olhando para frente, braços soltos ao lado do corpo e pés levemente afastados (calcanhares unidos e pés semiabertos, como pé de pato). A avaliação foi realizada utilizando uma balança digital (Líder/P-200C), com precisão de 100 gramas. Para a estatura, a participante se posicionou da mesma forma, sendo utilizado um estadiômetro (WELMY R-110), com precisão de 0,1

centímetros. Posteriormente, o índice de massa corporal (IMC), foi calculado por meio da divisão da massa corporal em quilogramas pela estatura em metros elevada ao quadrado.

A circunferência da coxa foi medida na parte medial entre a crista-ílica ântero-inferior e o polo superior da patela, utilizando uma fita métrica (MacroLife®). Foram realizadas 3 medições, mantendo o valor médio entre as medidas.

4.3.2. Potência muscular

O teste Wingate foi realizado em um cicloergômetro (Cefise/Biotec2100) para membros inferiores com precisão de 0,25 kpm, adaptado com sensores óticos para contagem de revoluções e conectado a um software para registro e análise dos parâmetros mecânicos obtidos durante o teste (potência máxima, média e máxima/kg).

As participantes foram posicionadas no cicloergômetro e ajustadas de forma individualizada. Foram instruídas a pedalar na maior velocidade possível durante 30 segundos com uma carga fixa correspondente a aproximadamente 7% da massa corporal (BAR-OR, 1987).

A potência gerada durante os 30 segundos foi denominada potência média. A maior potência gerada durante o teste foi denominada de pico de potência. O *software* também forneceu a potência máxima relativa ao peso corporal de cada participante.

Figura 6. Teste de wingate no cicloergômetro.



Fonte: elaborada pela autora.

4.3.3. Força muscular

Para a determinação da força muscular de membro inferiores, foi utilizado um dinamômetro isocinético poliarticular, Biodex®, modelo System 3 (Biodex, NY, USA), calibrado conforme as especificações e recomendações do fabricante.

A participante foi estabilizada na cadeira com dois cintos no seu tronco, um cinto na 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. Quando a participante estava posicionada da forma adequada, foi realizado o movimento de extensão e flexão de joelho da perna direita.

O protocolo foi realizado movimento de flexão e extensão de joelho (concêntrico/concêntrico) com a perna direita, contando com três séries de 10 repetições, com um minuto de intervalo entre as séries.

Foi mensurada a fase concêntrica dos músculos extensores e flexores do joelho da perna direita. 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 das 3 séries.

Figura 7. Teste no dinamômetro isocinético.



Fonte: elaborado pela autora.

4.3.4. Avaliação da composição corporal

A avaliação da composição corporal foi realizada utilizando a absorciometria por dupla emissão de raios X (DXA), em um equipamento modelo DPX-NT (GE Medical System Lunar, Madison, WI, USA). Foram determinados o Tecido Mole Magro (TMM), Conteúdo Mineral

Ósseo (CMO) e Massa Gorda Absoluta (MG kg) e Percentual da Massa Gorda (%MG) de corpo total e segmentada (braços, tronco e pernas). Para as análises foi utilizado as medidas do TMM de corpo total e da coxa direita. As participantes foram posicionadas em decúbito dorsal e livres de qualquer objeto de metálico pelo corpo. Todo o posicionamento, calibração do aparelho e análises dos exames foram realizados de acordo com os procedimentos recomendados pelo fabricante e pelo mesmo técnico treinado.

Figura 8. Avaliação de composição corporal.



Fonte: elaborado pela autora.

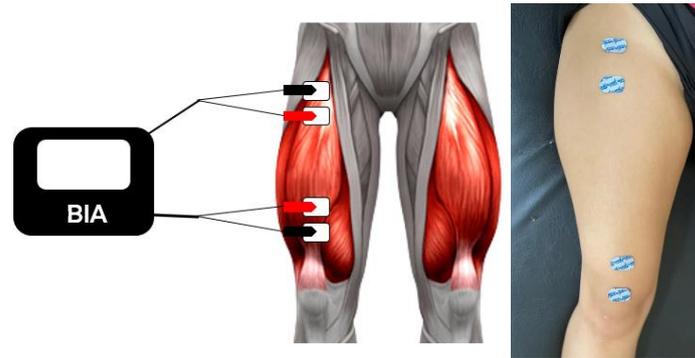
4.3.5. Parâmetros da análise da impedância bioelétrica (BIA)

Para avaliação de L-BIA foi utilizado um equipamento *Bioelectrical Body Composition Analyzer*, modelo Quantum II (RJL Systems – Detroit, EUA), tetrapolar de unifrequência de 50 KHz. Para a avaliação localizada de quadríceps, a participante estava em decúbito dorsal, com os eletrodos fixados 5 cm e 10 cm distalmente da espinha íliaca ântero-inferior e proximalmente do polo superior da patela (Figura 9).

A precisão dos parâmetros fornecidos pelo nosso dispositivo para as variáveis de L-BIA foi determinada pelo coeficiente de variação (CV) e erro técnico de medida (ETM) baseados no método teste-reteste em 8 indivíduos nosso laboratório. A %CV foi 0.66 e 0.77 para L-Xc e L-R, respectivamente, e o ETM foi de 0.71Ω para R e 0.25Ω para L-Xc.

Foram utilizados os valores de resistência localizada (L-R) e de reatância localizada (L-Xc) absolutos (ohms) fornecidos pelos equipamentos. Além disso, foi determinado o ângulo de fase localizado (L-AngF), de acordo com a equação: $AngF = \text{arco-tangente}(Xc/R) \cdot (180/\pi)$.

Figura 9. Colocação dos eletrodos da L-BIA em quadríceps.



Fonte: elaborado pela autora.

4.4. Análise dos dados

Os dados foram analisados pelo pacote estatístico SPSS versão 25.0. Foi realizado o teste de normalidade de *Shapiro-Wilk*, quando os dados não apresentaram distribuição normal, foram transformados por \log_{10} (pico de torque 1°, 2° e 3° séries, L-R pré e pós teste de potência e watts máximo) ou por Bloom: variáveis de um exercício de séries múltiplas ($\Delta L-R$ e $\Delta L-AngF$) e variáveis do teste de potência muscular ($\Delta L-R$; $\Delta L-AngF$; watts máximo/kg), no caso das variáveis que não foi possível o ajuste pela transformação (séries múltiplas – L-Xc pré e pós, L-AngF pré e pós e $\Delta L-Xc$; potência – L-Xc pré e pós e $\Delta L-Xc$), foi utilizada a estatística não paramétrica.

Os dados foram apresentados por estatística descritiva e apresentada em média \pm desvio padrão ou mediana (intervalo interquartil) e valores mínimo e máximo. Para a comparação entre o pico de torque entre as séries múltiplas foi utilizado a análise de variância (ANOVA) para medidas repetidas, foi testado a esfericidade pelo teste de *Mauchly's* e quando não assumido, foi considerado o valor ajustado de *Greenhouse-Geisser*. Para verificar as alterações pré e pós um teste de séries múltiplas e potência muscular foi realizado o teste t de *Student* para amostras pareadas ou o teste não paramétrico de *Wilcoxon*.

Foi calculado as alterações dos parâmetros da BIA ($\Delta L-R$, $\Delta L-Xc$ e $\Delta L-AngF$). Para verificar a correlação entre os parâmetros de L-BIA, composição corporal e o pico de torque das três séries foi utilizado o coeficiente de correlação *Pearson* ou *Spearman* (Xc , $AngF$ e ΔXc) e para verificar a correlação entre os parâmetros de L-BIA (L-R; L-AngF), composição corporal e o teste de potência (watts médio) foi utilizado o coeficiente de correlação *Pearson* ou *Spearman* (Xc ; ΔXc ; watts máximo; watts máximo/kg). Após determinado quais variáveis apresentavam correlação significativa com as variáveis dependentes, foi realizada a análise de regressão linear para verificar a relação entre o $\Delta L-AngF$ e pico de torque das três séries e a

média do pico de torque, e ajustado pelo TMM total e da coxa. Para o teste de potência, foi realizado a análise de regressão linear para verificar a relação entre L-R e L-AngF pós teste de wingate e os watts máximo/kg ajustado pela %MG, o TMM total e da coxa e os watts máximo e entre a L-R pré e pós teste de wingate e o watts médio, ajustado pelo TMM total e da coxa. O nível de significância adotado inicialmente foi de $p < 0,05$.

5. RESULTADOS

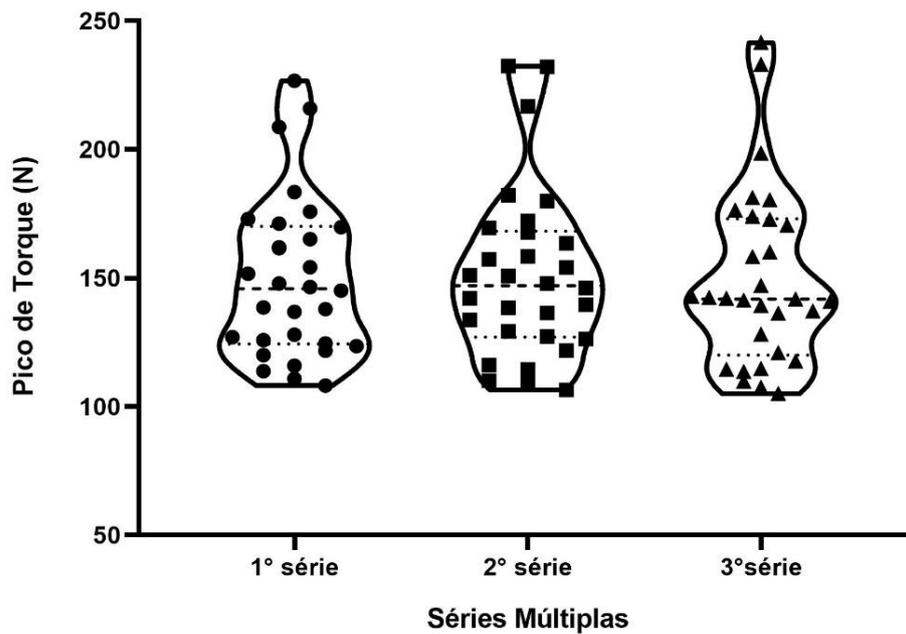
As características gerais das participantes são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Características gerais da amostra de jovens do sexo feminino (n=30).

	Média	Desvio-padrão	Mínimo	Máximo
Idade (anos)	22,12	3,22	18	30
Peso (kg)	63,27	9,52	48,20	85,60
Estatuta (cm)	162,44	4,21	156,00	171,00
Tecido mole magro (kg)	38,68	4,60	29,87	47,19
Massa gorda total (%)	32,84	7,14	20,02	44,32
Tecido mole magro da perna (kg)	6,98	1,05	5,22	10,35
Massa gorda da perna (kg)	4,33	1,36	2,05	7,28

Não houve diferenças significativas entre as três séries do pico de torque ($F=0,240$; $p=0,709$), como ilustrado na figura 1.

Figura 10. Gráfico de violino do pico de torque da 1°, 2° e 3° série



Diferenças significativas foram encontradas nas medidas de R ($p=0,001$), Xc ($p=0,043$) e circunferência da coxa ($p<0,001$) pré e pós séries múltiplas no dinamômetro isocinético, como mostrado na Tabela 2.

Tabela 2. Comparação dos parâmetros da L-BIA e circunferência pré e pós séries múltiplas.

	PRÉ	PÓS	Δ	p
Resistência da coxa (ohm)	56,60 \pm 8,59	53,70 \pm 7,40	0,02 \pm 1,45	0,001
Reatância da coxa (ohm)	12,00 (3,00)	12,00 (7,00)	2,90 \pm 4,12	0,043
Ângulo de fase da coxa (ohm)	12,61 (2,10)	12,90 (2,14)	0,77 \pm 2,49	0,453
Circunferência da coxa (cm)	56,1 \pm 4,9	56,9 \pm 5,0	0,82 \pm 0,60	<0,001

Valores expressos em média \pm desvio padrão ou mediana (intervalo interquartil).

Valores em negrito são estatisticamente significativos.

Na correlação, o ΔL -AngF (Ω) e a ΔL -Xc (Ω) apresentaram correlação significativa positiva com a 1° série ($p<0,001$; $p=0,008$), 2° série ($p=0,002$; $p=0,034$) e 3° série ($p=0,004$; $p=0,048$) do pico de torque, respectivamente. Em relação a composição corporal, o TMM total apresentou correlação significativa positiva nas três séries do pico de torque (1° série $p=0,002$; 2° série $p<0,001$; 3° série $p<0,001$). O TMM da coxa não apresentou correlação significativa na 1° série do pico de torque, mas apresentou correlação significativa positiva na 2° série ($p=0,005$) e na 3° série ($p<0,001$) (Tabela 3).

Tabela 3. Correlação entre os parâmetros de L-BIA, composição corporal e desempenho de séries múltiplas.

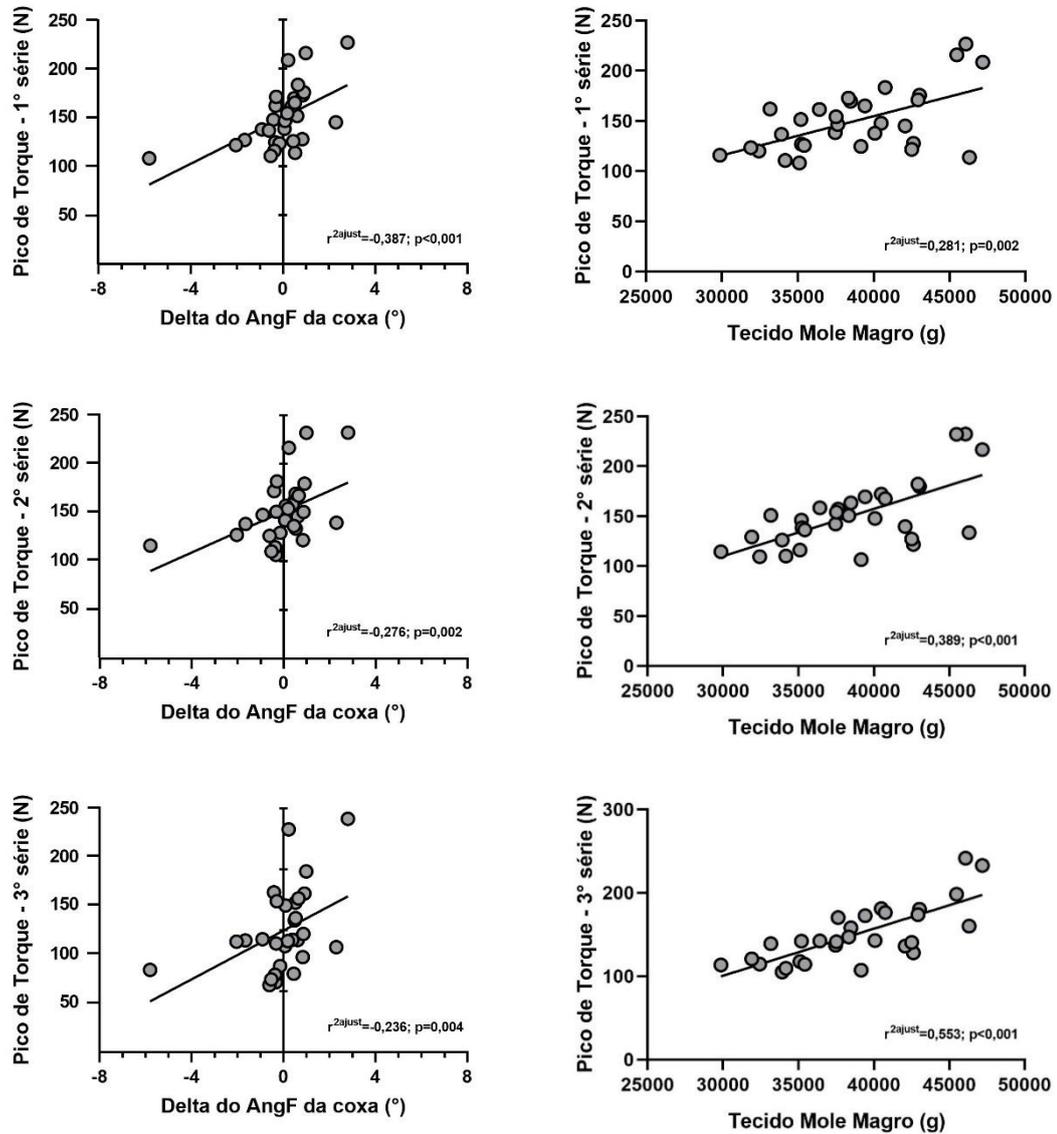
	Pico de torque		
	1° série (N)	2° série (N)	3° série (N)
L-R pré (Ω)	-0,317	-0,334	-0,311
L-Xc pré (Ω)	-0,324	-0,233	-0,179
L-AngF pré (Ω)	-0,272	-0,194	-0,021
L-R pós (Ω)	-0,292	-0,318	-0,296
L-Xc pós (Ω)	-0,126	-0,049	-0,010
L-AngF pós (Ω)	0,114	0,136	0,294
ΔL-AngF (Ω)	0,639	0,548	0,512
ΔL-R (Ω)	-0,109	-0,042	-0,030
ΔL-Xc (Ω)	0,476	0,387	0,364
TMM total (g)	0,553	0,640	0,754
TMM coxa (g)	0,343	0,496	0,628
MG (%)	0,306	0,308	0,187

L-R: resistência localizada; L-Xc: reatância localizada; L-AngF: ângulo de fase localizado; Δ : delta; TMM: tecido mole magro; MG%: percentual de massa gorda.

Valores em negrito são estatisticamente significativos.

Foi encontrada uma relação significativa do pico de torque das séries múltiplas com o Δ AngF da coxa, explicando 39%, 28% e 24% da variação do pico de torque da 1°, 2° e 3° série, respectivamente (Figura 11). Enquanto o tecido mole magro explicou 28% (1° série), 39% (2° série) e 55% (3° série) da variação do pico de torque (Figura 11).

Figura 11. Relação entre as séries múltiplas, parâmetros da L-BIA e composição corporal.



Quando ajustada a relação do ΔL -AngF da coxa pelo tecido mole magro total (modelo 1) e pelo tecido mole magro da coxa (modelo 2) no pico de torque das séries múltiplas, o ΔL -AngF da coxa permaneceu significativo apenas na 1° série (modelo 1: $\beta = 0,484$; $p = 0,005$, modelo 2: $\beta = 0,605$; $p = 0,001$). Já na média do pico de torque, quando o ΔL -AngF ajustado pelo TMM total e da coxa permaneceu significativo de forma independente (modelo 1: $\beta = 0,374$; $p = 0,022$, modelo 2: $\beta = 0,485$; $p = 0,007$) (Tabela 4).

Tabela 4. Parâmetros da análise da regressão linear da relação do pico de torque nas séries com as alterações do ângulo de fase localizado (ΔL -AngF), ajustado pelo tecido mole magro (TMM) total e da perna direita.

Pico de Torque - 1° série							
		<i>B</i>	<i>SE</i>	β	<i>p</i>	r^2	<i>p</i>
Modelo 1	ΔL -AngF	0,043	0,014	0,484	0,005	0,446	<0,001
	TMM total (g)	5,958	0,000	0,316	0,056		
Modelo 2	ΔL -AngF	0,054	0,015	0,605	0,001	0,369	0,001
	TMM da perna direita (g)	6,219	0,000	0,076	0,649		
Pico de Torque - 2° série							
		<i>B</i>	<i>SE</i>	β	<i>p</i>	r^2	<i>p</i>
Modelo 1	ΔL -AngF	0,029	0,015	0,310	0,061	0,444	<0,001
	TMM total (g)	9,609	0,000	0,489	0,005		
Modelo 2	ΔL -AngF	0,038	0,016	0,409	0,022	0,335	0,002
	TMM da perna direita (g)	2,703	0,000	0,316	0,073		
Pico de Torque - 3° série							
		<i>B</i>	<i>SE</i>	β	<i>p</i>	r^2	<i>p</i>
Modelo 1	ΔL -AngF	0,018	0,014	0,189	0,188	0,566	<0,001
	TMM total (g)	1,360	0,000	0,662	<0,001		
Modelo 2	ΔL -AngF	0,028	0,015	0,292	0,075	0,423	<0,001
	TMM da perna direita (g)	4,474	0,000	0,499	0,004		
Média do Pico de Torque – Séries múltiplas							
		<i>B</i>	<i>SE</i>	β	<i>p</i>	r^2	<i>p</i>
Modelo 1	ΔL -AngF	0,033	0,014	0,374	0,022	0,482	<0,001
	TMM total (g)	8,657	0,000	0,459	0,006		
Modelo 2	ΔL -AngF	0,043	0,015	0,485	0,007	0,366	0,001
	TMM da perna direita (g)	2,100	0,000	0,255	0,133		

ΔL -AngF: delta do ângulo de fase localizado; TMM: tecido mole magro.

Valores em negrito são estatisticamente significativos.

Na tabela 5 foram observadas diferenças significativas nos parâmetros da L-BIA, sendo na R ($p=0,002$) e na Xc ($p=0,001$) pré e pós teste de wingate e na circunferência da coxa ($p=0,002$).

Tabela 5. Comparação dos parâmetros da L-BIA e circunferência pré e pós teste de potência anaeróbia (wingate).

	PRÉ	PÓS	Δ	p
Resistência da coxa (ohm)	56,40 ± 8,73	53,00 ± 6,40	3,40 ± 6,26	0,002
Reatância da coxa (ohm)	13,00 (2,00)	12,00 (2,00)	0,70 ± 0,95	0,001
Ângulo de fase da coxa (ohm)	12,69 ± 1,87	12,65 ± 1,81	0,03 ± 1,36	0,884
Circunferência da coxa (cm)	56,89 ± 5,24	57,31 ± 5,48	-0,42 ± 0,67	0,002

Valores expressos em média±desvio padrão ou mediana (intervalo interquartil).

Valores em negrito são estatisticamente significativos.

Na correlação, a L-R pré teste de wingate apresentou correlação significativa negativa apenas com os watts médio ($p=0,022$). A L-R pós wingate demonstrou correlação significativa negativa com os watts médio ($p=0,014$) e watts máximo/kg ($p=0,020$). O L-AngF pós wingate mostrou correlação significativa positiva apenas com os watts máximo/kg ($p=0,020$). Em relação a composição corporal, o TMM total e da coxa apresentaram correlação significativa positiva com os watts máximo ($p<0,001$; $p=0,002$) e watts médio ($p<0,001$), respectivamente. Já a MG% mostrou correlação significativa negativa com os watts máximo/kg ($p=0,042$) (Tabela 6).

Tabela 6. Correlação entre os parâmetros de L-BIA, composição corporal e desempenho de potência anaeróbia (wingate).

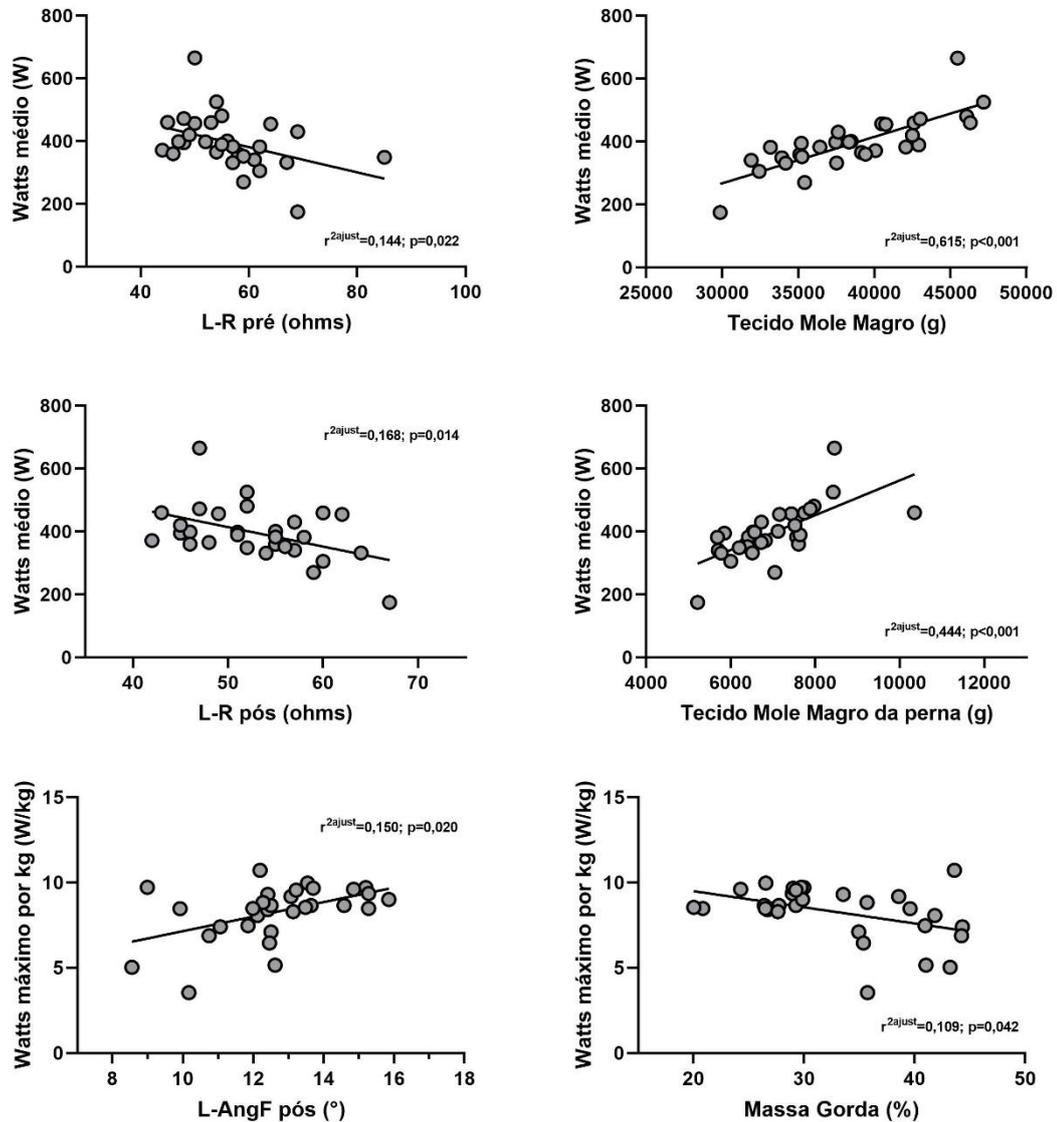
	Watts máx (W)	Watts méd (W)	Watts máx/kg (W/kg)
L-R pré (Ω)	-0,296	-0,416	-0,268
L-Xc pré (Ω)	-0,100	-0,215	0,170
L-AngF pré (Ω)	0,171	0,199	0,329
L-R pós (Ω)	-0,353	-0,443	-0,424
L-Xc pós (Ω)	-0,194	-0,210	0,231
L-AngF pós (Ω)	0,099	0,141	0,423
Δ L-AngF (Ω)	-0,088	-0,056	0,159
Δ L-R (Ω)	-0,026	0,030	0,000
Δ L-Xc (Ω)	-0,171	-0,021	0,086
TMM total (g)	0,714	0,793	0,147
TMM coxa (g)	0,544	0,681	0,098
MG (%)	0,058	0,024	-0,374

L-R: resistência localizada; L-Xc: reatância localizada; L-AngF: ângulo de fase localizado; Δ : delta; TMM: tecido mole magro; MG%: percentual de massa gorda.

Valores em negrito são estatisticamente significativos.

Foram encontradas relações significativas da L-R pré e pós teste de wingate com os watts médio (r^2 ajustado: 0,14 e 0,17, respectivamente). Já o L-AngF pós teste explicou 15% da variação dos watts máximos/kg. Enquanto ao TMM total e da coxa, explicaram 62% e 44% da variação dos watts médio, respectivamente, e o MG% explicou 11% dos watts máximo/kg. (Figura 12).

Figura 12. Relação entre a potência muscular e os parâmetros da L-BIA e composição corporal.



L-R: resistência localizada; L-AngF: ângulo de fase localizado.

Quando ajustado pelo %MG (modelo 1), a L-R e o L-AngF pós teste de wingate não apresentaram relação significativa com watts máximo de forma independente ($\beta = -0,0318$; $p = 0,113$; $\beta = -0,0313$; $p = 0,136$). Já o TMM total e da coxa foram as únicas variáveis que apresentaram relação significativa com os watts máximo ($r^2 = 0,492$, $p < 0,001$; $r^2 = 0,271$, $p = 0,002$, respectivamente). Da mesma forma com os watts médio, o TMM total e da coxa foram os preditores significativos de forma independente ($p < 0,05$) (Tabela 7).

Tabela 7. Parâmetros da análise da regressão linear da relação da potência muscular e os parâmetros da L-BIA e a composição corporal.

Watts máximo/kg (W/kg)						
	B	SE	β	p	r²	p
Modelo 1 L-R pós	-5,88	3,596	-0,318	0,113	0,159	0,037
Massa gorda (%)	-0,03	0,026	-0,221	0,265		
Modelo 1 L-AngF pós	0,17	0,109	0,313	0,136	0,150	0,042
Massa gorda (%)	-0,03	0,028	-0,204	0,325		
Watts máximo (W)						
	B	SE	β	p	r²	p
TMM total (g)	1,469	0,000	0,714	<0,001	0,492	<0,001
TMM da perna direita (g)	4,883	0,000	0,544	0,002	0,271	0,002
Watts médio (W)						
	B	SE	β	p	r²	p
Modelo 2 L-R pré	29,710	187,818	0,022	0,875	0,601	<0,001
TMM total (g)	0,015	0,003	0,805	<0,001		
Modelo 3 L-R pré	-122,743	219,327	-0,091	0,580	0,430	<0,001
TMM da perna direita (g)	0,051	0,013	0,634	0,001		
Modelo 2 L-R pós	-114,893	218,563	-0,070	0,603	0,605	<0,001
TMM total (g)	0,014	0,002	0,758	<0,001		
Modelo 3 L-R pós	-261,144	255,149	-0,160	0,315	0,445	<0,001
TMM da perna direita (g)	0,049	0,013	0,606	0,001		

L-R: resistência localizada; L-AngF: ângulo de fase localizado; TMM: tecido mole magro.
Valores em negrito são estatisticamente significativos.

6. DISCUSSÃO

Com os principais resultados, observa-se que a relação dos parâmetros da L-BIA com o desempenho em jovens do sexo feminino os parâmetros de L-R e L-Xc diminuíram significativamente após as séries múltiplas e o teste de wingate, já a circunferência da coxa aumentou significativamente após os testes de desempenho. O Δ L-AngF foi um preditor significativo de desempenho na média do pico de torque das séries múltiplas, independente do TMM total e da coxa. Já na potência muscular, o TMM total e da coxa foram os melhores preditores de desempenho.

As alterações observadas na L-R, L-Xc e na circunferência da coxa após as séries múltiplas e o teste de wingate, sugerem um acúmulo de líquido local. Em estudos realizados no bíceps braquial, relataram aumentos da espessura do bíceps avaliado pelo ultrassom, devido ao deslocamento da água após várias séries de exercício resistido (rosca direta) de baixa carga até a exaustão (YASUDA et al., 2015) e aumentos significativos na L-R em diferentes intensidades (HUANG et al., 2020). É possível observar que em diferentes estímulos, tanto de membros superiores quanto inferiores, podem causar um inchaço devido ao acúmulo de líquido local, e a L-BIA parece ser sensível para detectar essas alterações.

Apesar do protocolo de séries múltiplas de extensão de joelho (3 séries de 10 repetições, com 60 segundos de intervalo) não gerar alterações significativas no pico de torque, foi suficiente para causar diminuição significativa nos valores de L-R e na L-Xc, sem causar alterações no L-AngF. Semelhante aos nossos resultados, mas no bíceps braquial, Freeborn e Fu (2019) observaram alterações significativas na L-R após as três séries de rosca direta com halteres, e na L-Xc e L-AngF apenas após a 4^o série, além disso, durante as 10 séries com repetições até a falha, as alterações de L-R, L-Xc e L-AngF ocorreram de forma antecipada com intensidades menores (60% do 1RM) comparados com as maiores (75% de 1RM), sugerindo que as alterações desses parâmetros estão relacionadas com maior volume (séries/repetições).

Estudos anteriores demonstraram relação significativa do AngF total com o desempenho de potência (MARTINS et al., 2021; NABUCO et al., 2019) e nível de desempenho (MICHELI et al., 2014) em atletas de futebol, força de membros superiores e potência de membros inferiores em adultos fisicamente ativos (FUKUOKA et al., 2022) e com atletas de diversas modalidades esportivas (KOURY, TRUGO e TORRES, 2014), que seja de nosso conhecimento, esse é o primeiro estudo que buscou verificar a relação do Δ L-AngF com as alterações do desempenho de força e potência muscular.

O Δ L-AngF da 1ª série foi um preditor significativo do desempenho independente da composição corporal, porém, perdendo poder de explicação a partir da 2ª série. Um fato interessante, foi que as alterações do Δ L-AngF ocorreram de forma heterogênea, sendo que em cerca de metade da amostra os valores diminuíram e na outra metade os valores de L-AngF aumentaram (13 vs. 17) (Figura 11). O que pode ajudar a justificar essas diferenças observadas foi que a parte da amostra que apresentaram aumentos nos valores de L-AngF pós séries múltiplas, também apresentaram os maiores valores de TMM total e da coxa e de pico de torque, comparada as que diminuíram os valores de L-AngF pós séries múltiplas, e como demonstrado, o TMM foi um preditor importante do desempenho nessa amostra (Figura 11), similar ao estudo Fukuoka et al. (2022), no presente estudo, o TMM apresentou uma relação positiva com o desempenho, ou seja, quanto maior era o TMM total e da coxa, maiores eram os valores de desempenho no pico de torque.

De forma diferente, no teste de wingate, apesar da L-R e L-AngF ter apresentado relação significativa, o TMM foi o melhor preditor da potência muscular, diferente do estudo de Nabuco e colaboradores (2019) os quais verificaram que a relação entre o AngF de corpo total com a potência de membros inferiores de jogadores de futebol no teste de *sprints* repetidos foi independente da composição corporal. Adicionalmente, em nosso estudo, o MG% foi uma variável que apresentou correlação negativa significativa com a potência. Fukuoka e colaboradores (2022), avaliaram o sexo masculino fisicamente ativos e encontraram relação significativa entre a potência muscular (ajustada pela %MG e idade) com o AngF, entretanto o TMM foi o preditor mais importante do desempenho no teste de wingate. Observando que em diferentes testes e estímulos, a composição corporal (TMM), o nível de treinamento (MICHELI et al., 2014) e os parâmetros da L-BIA podem interferir no desempenho da potência muscular. Adicionalmente, o que dificulta a comparação entre os estudos é que nenhum avaliou a relação entre a L-BIA com o desempenho no sexo feminino.

A L-BIA, tem sido utilizada para investigar alterações musculares relacionadas as lesões musculares em atletas (NESCOLARDE et al., 2013, 2015, 2017, 2020; FRANCAVILLA et al., 2015) e de forma geral, os valores de impedância do músculo lesionado diminuem, de acordo com o grau da lesão, indicando um aumento da inflamação e acúmulo de fluídos (NESCOLARDE et al., 2013; 2015) e gradualmente se recuperam ao longo do tempo, o que parece demonstrar que a L-BIA pode ser uma técnica prática, não invasiva e barata de acompanhamento para avaliar a saúde muscular no exercício físico e nos esportes (SANCHEZ e RUTKOVE, 2017b). Visto essa relação entre a L-BIA e o desempenho muscular demonstrado em nosso estudo, esse método poderia ser uma ferramenta de monitoramento do treinamento.

Apesar desses resultados relevantes, algumas limitações estão presentes e devem ser consideradas. Nossos resultados são de interesse prático laboratorial que utilizam o mesmo modelo de equipamento, portanto, esse método pode não ser aplicável em outros modelos de BIA; por conta do desenho do estudo foi possível determinar a resposta aguda dos parâmetros da L-BIA nesses diferentes teste; e não possuir uma padronização recomendada do posicionamento dos eletrodos de forma localizada.

No entanto, alguns pontos fortes devem ser apontados, este estudo é inédito, verificando os parâmetros de L-BIA com força muscular (séries múltiplas) e potência muscular (wingate) em que a amostra é composta pelo sexo feminino. O desempenho da força foi determinado por um equipamento considerado como padrão ouro e a potência muscular por um protocolo muito utilizado. A avaliação da composição corporal não foi realizada por meio de equações preditivas, utilizamos a DXA, um método que apresenta alta validade e reprodutibilidade.

7. CONCLUSÃO

Nesta amostra com jovens do sexo feminino, após os testes de força e potência muscular houve diminuição significativa nos parâmetros da L-BIA. O ΔL -AngF apresentou relação significativa com a força muscular, e mesmo quando ajustado pelo TMM total e da coxa, permaneceu significativo de forma independente na 1ª série e na média do pico de torque. Na potência muscular, os parâmetros de L-BIA não apresentam relação significativa, no entanto, o TMM total e da coxa foram os melhores preditores.

A L-BIA parece ser uma ferramenta capaz de identificar as alterações que ocorrem nos grupos musculares, em específico de membros inferiores, podendo ser utilizado como um possível marcador e/ou acompanhamento do treinamento. Entretanto, a aplicação desse recurso necessita de mais estudos analisando em diferentes contextos, populações, tipos de esforços e períodos.

REFERÊNCIAS

- AARON, R.; ESPER, G. J.; SHIFFMAN, C. A.; BRADONJIC, K.; LEE, K. S.; RUTKOVE, S. B. Effects of age on muscle as measured by electrical impedance myography. **Physiological Measurement**, v. 27, p. 953–959, 2006.
- ANDREOLI, A.; MELCHIORRI, G.; BROZZI, M.; DI MARCO, A.; VOLPE, S. L.; GAROFANO, P.; DI DANIELE, N.; DE LOURENZO, A. Effect of different sports on body cell mass in highly trained athletes. **Acta Diabetologica**, v. 40, n. 1, p. 122-125, 2003.
- BARBOSA-SILVA, M. C. G.; BARROS, A. JD.; WANG, J.; HEYMSFIELD, S. B.; PIERSON, R. N. Bioelectrical impedance analysis: population reference values for phase angle by age and sex—. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 82, n. 1, p. 49-52, 2005.
- BAR-OR, O. The Wingate Anaerobic Test: an update on methodology, reliability and validity. **Sports Medicine**, Auckland, v. 4, n. 6, p. 381-394, 1987.
- BAUMGARTNER, R. N.; CHUMLEA, W. C.; ROCHE, A. F. Bioelectric impedance for body composition. **Exercise and Sport Sciences Reviews**, v. 18, n. 1, p. 193-224, 1990.
- BAUMGARTNER, R. N.; CHUMLEA, W. C.; ROCHE, A. F. Bioelectric phase angle and body composition. **American Journal of Clinical Nutrition**, v. 48, n.1, p. 16-23, 1988.
- CAMPA, F.; TOSELLI, S.; MAZZILLI, M.; GOBBO, L. A.; CORATELLA, G. Assessment of Body Composition in Athletes: A Narrative Review of Available Methods with Special Reference to Quantitative and Qualitative Bioimpedance Analysis. **Nutrients**, v. 13, n. 5, p. 1620, 2021.
- CEBRIÁN-PONCE, Á.; IRURTIA, A.; CARRASCO-MARGINET, M.; SACO-LEDO, G.; GIRABENT-FARRÉS, M.; CASTIZO-OLIER, J. Electrical Impedance Myography in Health and Physical Exercise: A Systematic Review and Future Perspectives. **Frontiers in Physiology**, v.12, p. 740877, 2021.
- CORNEJO-PAREJA, I.; VEGAS-AGUILAR, I. M.; GARCÍA-ALMEIDA, J. M.; BELLIDO-GUERRERO, D.; TALLURI, A.; LUKASKI, H.; TINAHONES, F. J. Phase angle and standardized phase angle from bioelectrical impedance measurements as a prognostic factor for mortality at 90 days in patients with COVID-19: A longitudinal cohort study. **Clinical Nutrition**, v. 41, n. 12, p. 3106-3114, 2021.
- CORNISH, B. H.; JACOBS, A.; THOMAS, B. J.; WARD, L. C. Optimizing electrode sites for segmental bioimpedance measurements. **Physiological Measurement**, v. 20, n. 3, p. 241, 1999.
- CUNHA, P. M.; TOMELERI, C. M.; NASCIMENTO, M. A. D.; NUNES, J. P.; ANTUNES, M.; NABUCO, H. C. G.; QUADROS, Y.; CAVALCANTE, E. F.; MAYHEW, J. L.; SARDINHA, L. B.; CYRINO, E. S. Improvement of cellular health indicators and muscle quality in older women with different resistance training volumes. **Journal of Sports Sciences**, v. 36, n. 24, p. 2843-2848, 2018.

DAMAS, F.; PHILLIPS, S. M.; LIXANDRÃO, M. E.; VECHIN, F. C.; LIBARDI, C. A.; ROSCHEL, H.; TRICOLI, V.; UGRINOWITSCH, C. Early resistance training-induced increases in muscle cross-sectional area are concomitant with edema-induced muscle swelling. **European Journal of Applied Physiology**, v. 116, n. 1, p. 49-56, 2016.

DE-MATEO-SILLERAS, B.; CAMINA-MARTÍN, M. A.; DE-FRUTOS-ALLAS, J. M.; DE-LA-CRUZ-MARCOS, S.; CARREÑO-ENCISO, L.; REDONDO-DEL-RÍO, M. P. Bioimpedance analysis as an indicator of muscle mass and strength in a group of elderly subjects. **Experimental Gerontology**, v. 113, p. 113-119, 2018.

ELLIS, K. J.; BELL, S.J.; CHERTOW, G. M.; CHUMLEA, C.; KNOX, T. A.; KOTLER, D.P.; LUKASKI, H. C.; SCHOELLER, D. A. Métodos de impedância bioelétrica em pesquisa clínica: um acompanhamento da Conferência de Avaliação de Tecnologia do NIH. **Nutrição**, v. 15, n. 11-12, pág. 874-880, 1999.

FRANCAVILLA, V.; BONGIOVANNI, T.; GENOVESI, F.; MINAFRA, P.; FRANCAVILLA, G. Localized bioelectrical impedance analysis: How useful is it in the follow-up of muscle injury? A case report. **Medicina Dello Sport**, v. 68, n. 2, p. 323-334, 2015.

FREEBORN TJ, FU B. Time-course bicep tissue bio-impedance changes throughout a fatiguing exercise protocol. **Medical Engineering & Physics**, v. 69, p. 109-115, 2019.

FREEBORN, T. J.; REGARD, G.; FU, B. Localized Bicep Tissue Bioimpedance Alterations Following Eccentric Exercise in Healthy Young Adults, **Institute of Electrical Electronics Engineers Access**, v. 8, p. 23100-23109, 2020.

FU, B.; FREEBORN, T. J. Biceps tissue bioimpedance changes from isotonic exercise-induced fatigue at different intensities. **Biomedical Physics & Engineering Express**, v. 4, n. 2, p. 25037, 2018.

FUKUOKA, A. H.; DE OLIVEIRA, N. M.; MATIAS, C. N.; TEIXEIRA, F. J.; MONTEIRO, C. P.; VALAMATOS, M. J.; REIS, J. F.; GONÇALVES, E. M. Association between Phase Angle from Bioelectric Impedance and Muscular Strength and Power in Physically Active Adults. **Biology (Basel)**, v. 11, n. 9, p. 1255, 2022.

GENTON, L.; MARESCHAL, J.; NORMAN, K.; KARSEGARD, V. L.; DELSOGLIO, M.; PICHARD, C.; GRAF, C.; HERRMANN, F. R. Association of phase angle and running performance. **Clinical Nutrition ESPEN**, v. 37, p. 65-68, 2020.

GONÇALVES, E. M.; LANGER, R. D.; OLIVEIRA, N. M.; BUENO, A. H. F. O uso da impedância bioelétrica no contexto esportivo. In: OLIVEIRA, R. G.; STABELINI NETO, A. (Organizadores). **Biodinâmica do movimento humano: respostas e adaptações orgânicas na saúde e no desempenho**, Cornélio Procópio: Editora UENP, p. 213-238, 2023.

HETHERINGTON-RAUTH, M.; BAPTISTA, F.; SARDINHA, L. B. BIA-assessed cellular hydration and muscle performance in youth, adults, and older adults. **Clinical Nutrition**, v. 39, n. 8, p. 2624-2630, 2020.

HOFFER, E.C.; CLIFTON, K.M.; SIMPSON, D.C. Correlation of whole- body impedance with total body volume. **Journal Applied Physiology**, v. 27, p. 531-534, 1969.

HUANG, L. K.; HUANG, L. N.; GAO, Y. M.; LUČEV VASIĆ, Ž.; CIFREK, M.; DU, M. Electrical Impedance Myography Applied to Monitoring of Muscle Fatigue During Dynamic Contractions. **Institute of Electrical Electronics Engineers Access**, v. 8, p. 13056-13065, 2020.

JAFARPOOR, M.; LI, J.; WHITE, J. K.; RUTKOVE, S.B. Optimizing electrode configuration for electrical impedance measurements of muscle via the finite element method. **Institute of Electrical Electronics Engineers Transaction on Bio-medical Engineering**, v. 60, n. 5, p. 1446-14452, 2013.

KOURY, J. C.; TRUGO, N. M. F; TORRES, A. G. Phase angle and bioelectrical impedance vectors in adolescent and adult male athletes. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, v. 9, n. 5, p. 798-804, 2014.

KUSHNER, R.; GUDIVAKA, R.; SCHOELLER, D. Clinical characteristics influencing bioelectrical impedance analysis measurements. **American Journal of Clinical Nutrition**, v. 64, n. 3, p. 423-427, 1996

KYLE, U. G.; BOSAEUS, I.; DE LORENZO, A. D.; DEURENBERG, P.; ELIA, M.; GÓMEZ, J. M.; HEITMANN, B. L.; KENT-SMITH, L.; MELCHIOR, J. C.; PIRLICH, M.; SCHARFETTER, H.; SCHOLS, A. M. W. J.; PICHARD, C. Bioelectrical impedance analysis - Part I: Review of principles and methods. **Clinical Nutrition**, v. 23, n. 5, p. 1226–1243, 2004.

LANGER, R. D.; GUIMARÃES, R. de F.; GONÇALVES, E. M.; GUERRA-JUNIOR, G.; MORAES, A. M. de. Phase angle is determined by body composition and cardiorespiratory fitness in adolescents. **International Journal of Sports Medicine**, v. 41, n. 09, p. 610-615, 2020.

LANGER, R. D.; LARSEN, S. C.; WARD, L. C.; HEITMANN, B. L. Phase angle measured by bioelectrical impedance analysis and the risk of cardiovascular disease among adult Danes. **Nutrition**, v.89, p.111280, 2021.

LI, L.; SHIN, H.; LI, X.; LI, S.; ZHOU, P. Localized Electrical Impedance Myography of the Biceps Brachii Muscle during Different Levels of Isometric Contraction and Fatigue. **Sensors (Basel)**, v. 16, n. 4, p. 581, 2016.

LUKASKI, H. C. Evolution of bioimpedance: a circuitous journey from estimation of physiological function to assessment of body composition and a return to clinical research. **European Journal of Clinical Nutrition**, v. 67, n. 1, p. 2-9, 2013.

MARTINS, P. C.; LIMA, L. R. A. de; BERRIA, J.; PETROSKI, E. L.; SILVA, A. M. de; SILVA, D. A. S. Association between phase angle and isolated and grouped physical fitness indicators in adolescents. **Physiology & Behavior**, v. 217, p. 112825, 2020.

MARTINS, P. C.; TEIXEIRA, A. S.; GUGLIELMO, L. G. A.; FRANCISCO, J. S.; SILVA, D. A. S.; NAKAMURA, F. Y.; LIMA, L. R. A. Phase angle is related to 10 m and 30 m sprint

time and repeated-sprint ability in young male soccer players. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 18, n. 9, p. 4405, 2021.

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 and Tendons Journal**, v. 7, n. 4, p. 573-581, 2018.

MASCHERINI, G.; PETRI, C.; GALANTI, G. Integrated total body composition and localized fat-free mass assessment. **Sport Sciences for Health**, v. 11, p. 217-225, 2015.

MICHELI, M. L.; PAGANI, L.; MARELLA, M.; GULISANO, M.; PICCOLI, A.; ANGELINI, F.; BURTSCHER, M.; GATTERER, H. Bioimpedance and impedance vector patterns as predictors of league level in male soccer players. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, v. 9, n. 3, p. 532-539, 2014.

NABUCO, H. C. G.; SILVA, A. M.; SARDINHA, L. B.; RODRIGUES, F. B.; TOMELERI, C. M.; RAVAGNANI, F. C. P.; CYRINO, E. S.; RAVAGNANI, C. F. C. Phase angle is moderately associated with short-term maximal intensity efforts in soccer players. **International Journal of Sports Medicine**, v. 40, n. 11, p. 739-743, 2019.

NESCOLARDE L, YANGUAS J, TERRICABRAS J, LUKASKI H, ALOMAR X, ROSELL-FERRER J, RODAS G. Detection of muscle gap by L-BIA in muscle injuries: clinical prognosis. **Physiological Measurement**, v. 38, n. 7, p. 1-9, 2017.

NESCOLARDE L.; YANGUAS, J.; LUKASKI, H.; RODAS, G.; ROSELL-FERRER, J. Localized BIA identifies structural and pathophysiological changes in soft tissue after post-traumatic injuries in soccer players. **Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society**, p. 3743–3746, 2014.

NESCOLARDE, L.; TERRICABRAS, J.; MECHÓ, S.; RODAS, G.; YANGUAS, J. Differentiation between tendinous, myotendinous and myofascial injuries by L-BIA in professional football players. **Frontiers in Physiology**, v. 11, p. 574124, 2020.

NESCOLARDE, L.; YANGUAS, J.; LUKASKI, H.; ALOMAR, X.; ROSELL-FERRER, J.; RODAS, G. Effects of muscle injury severity on localized bioimpedance measurements. **Physiological Measurement**, v. 36, p. 27–42, 2015.

NESCOLARDE, L.; YANGUAS, J.; LUKASKI, H.; ALOMAR, X.; ROSELL-FERRER, J.; RODAS, G. Localized bioimpedance to assess muscle injury. **Physiological Measurement**, v. 34, n. 2, p. 237-245, 2013.

NORMAN, K.; STOBÄUS, N.; PIRLICH, M.; BOSY-WESTPHAL, A. Bioelectrical phase angle and impedance vector analysis - Clinical relevance and applicability of impedance parameters. **Clinical Nutrition**, v. 31, n. 6, p. 854–861, 2012.

OTSUKA, Y.; YAMADA, Y.; MAEDA, A.; IZUMO, T.; ROGI, T.; SHIBATA, H.; FUKUDA, M.; ARIMITSU, T.; MIYAMOTO, N.; HASHIMOTO, T. Effects of resistance training intensity on muscle quantity/quality in middle-aged and older people: a randomized controlled trial. **Journal of Cachexia, Sarcopenia and Muscle**, v. 13, n. 2, p. 894-908, 2022.

RIBEIRO, A. S.; SCHOENFELD, B. J.; SOUZA, M. F.; TOMELERI, C. M.; SILVA, A. M.; TEIXEIRA, D. C.; SARDINHA, L. B.; CYRINO, E. S. Resistance training prescription with different load-management methods improves phase angle in older women. **European Journal of Sport Science**, v. 17, n. 7, p. 913-921, 2017.

RUTKOVE, S. B. Electrical impedance myography: background, current state, and future directions. **Muscle Nerve** v. 40, p. 936–946, 2009.

RUTKOVE, S. B.; FOGERSON, P. M.; GARMIRIAN, L. P.; TARULLI, A. W. Reference values for 50-kHZ electrical impedance myography. **Muscle Nerve**, v. 38, n. 3, p. 1128-1132, 2008.

RUTKOVE, S. B.; GEISBUSH, T. R.; MIJAILOVIC, A.; SHKLYAR, I.; PASTERNAK, A.; VISYAK, N.; WU, J. S.; ZAIDMAN, C.; DARRAS, B.T. Cross-sectional evaluation of electrical impedance myography and quantitative ultrasound for the assessment of Duchenne muscular dystrophy in a clinical trial setting. **Pediatric Neurology**, v. 51, n. 1, p. 88-92, 2014.

RUTKOVE, S. B.; PACHECK, A.; SANCHEZ, B. Sensitivity distribution simulations of surface electrode configurations for electrical impedance myography. **Muscle Nerve**, v. 56, n. 5, p. 887-895, 2017.

RUTKOVE, S. B.; SHEFNER, J. M.; GREGAS, M.; BUTLER, H.; CARACCILOLO, J.; LIN, C.; FOGERSON, P. M.; MONGIOVI, P.; DARRAS, B. T. Characterizing spinal muscular atrophy with electrical impedance myography. **Muscle Nerve**, v. 42, n. 6, p. 915-921, 2010.

SANCHEZ, B.; RUTKOVE, S. B. Electrical Impedance Myography and Its Applications in Neuromuscular Disorders. **Neurotherapeutics**, v. 14, n. 1, p. 107-118, 2017a.

SANCHEZ, B.; RUTKOVE, S. B. Present Uses, Future Applications, and Technical Underpinnings of Electrical Impedance Myography. **Current Neurology and Neuroscience Reports**, v. 17, n. 11, p. 86, 2017b.

SARDINHA, L. B.; ROSA, G. B. Phase angle, muscle tissue, and resistance training. **Reviews in Endocrine Metabolic Disorders**, p. 1-22, 2023.

SHIFFMAN, C. A.; AARON, R.; RUTKOVE, S. B. Electrical impedance of muscle during isometric contraction. **Physiological Measurement**, v. 24, p. 213–34, 2003.

SOUZA, N. C.; AVESANI, C. M.; PRADO, C. M.; MARTUCCI, R. B.; RODRIGUES, V. D.; PINHO, N. B.; HEYMSFIELD, S. B.; GONZALEZ, M. C. Phase angle as a marker for muscle abnormalities and function in patients with colorectal cancer. **Clinical Nutrition (Edinburgh, Scotland)**, v. 40, n. 7, p. 4799-4806, 2021.

STAHN, A.; TERBLANCHE, E.; GUNGA, H. C. Use of Bioelectrical Impedance: General Principles and Overview. **In Handbook of Anthropometry: Physical Measures of Human Form in Health and Disease**, p. 49–90, 2012.

STATLAND, J. M.; HEATWOLE, C.; EICHINGER, K.; DILEK, N.; MARTENS, W. B.; TAWIL, R. Electrical impedance myography in facioscapulohumeral muscular dystrophy. **Muscle Nerve**, v. 54, n. 4, p.696-701, 2016.

TANIGUCHI, M.; YAMADA, Y.; ICHIHASHI, N. Acute effect of multiple sets of fatiguing resistance exercise on muscle thickness, echo intensity, and extracellular-to-intracellular water ratio. **Applied Physiology, Nutrition and Metabolism**, v. 45, n. 2, p. 213-219, 2020.

TARULLI, A. W.; GARMIRIAN, L. P.; FOGERSON, P. M.; AND RUTKOVE, S. B. Localized muscle impedance abnormalities in amyotrophic lateral sclerosis. **Journal of Clinical Neuromuscular Disease**, v. 10, p. 90–96, 2009.

TOSELLI, S.; BADICU, G.; BRAGONZONI, L.; SPIGA, F.; MAZZUCA, P.; CAMPA, F. Comparison of the Effect of Different Resistance Training Frequencies on Phase Angle and Handgrip Strength in Obese Women: a Randomized Controlled Trial. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 17, n. 4, p. 1163, 2020.

YASUDA, T.; FUKUMURA, K.; IIDA, H.; NAKAJIMA, T. Effect of low-load resistance exercise with and without blood flow restriction to volitional fatigue on muscle swelling. **European Journal of Applied Physiology**, v. 115, n. 5, p. 919-926, 2015.

APÊNDICES

APÊNDICE A – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)

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

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 Nº 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.

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 esportes, principalmente em mulheres que jogam futsal, visto que existem poucos estudos sobre esta temática, no qual foi avaliado os parâmetros da BIA pré e pós teste

de 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 força e potência muscular em jogadoras de futsal.

Procedimentos: A amostra será composta por jogadoras de futsal, maiores de 18 anos, sendo residentes da região de Jacarezinho/PR, com prática de pelo menos 6 meses. Não podendo apresentar qualquer tipo de 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: deverá estar vestida 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 sentada, 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 sentada, com os cintos ajustados em você, e ao sinal do pesquisador, realizar o 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 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 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.

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. 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-la rapidamente, ofertando alimentos e água, bem como levá-la ao centro de saúde mais próximo, caso seja necessário. 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 sentada 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 machucá-la, 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 levada 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 proposta pelo estudo somente será realizada com a sua prévia autorização, mediante 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: _____

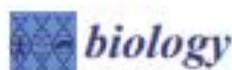
Endereço: _____ Telefone: (____) _____

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. Informo que o estudo foi aprovado pelo CEP perante o qual o projeto foi apresentado e pela CONEP, quando pertinente. 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: ____/____

APÊNDICE B – ARTIGO PUBLICADO



Article

Association between Phase Angle from Bioelectric Impedance and Muscular Strength and Power in Physically Active Adults

Aryanne Hydeko Fukunaka ^{1,2,3}, Núbia Maria de Oliveira ^{2,3,4}, Catarina N. Matias ^{4,5}, Filipe J. Teixeira ^{6,6,7}, Cristina F. Monteiro ^{8,9}, Maria J. Valamatos ^{8,9}, Joana F. Reis ^{8,9,10} and Ezequiel Moreira Gonçalves ^{1,2,3,11}

- ¹ Postgraduate Program in Human Movement Sciences, Center for Health Sciences, State University of North Paraná (UNEP), Jacarezinho 86400-000, PR, Brazil
- ² TIME, Exercise and Metabolism Investigation Team, UENI, Center for Health Sciences, Jacarezinho 86400-000, PR, Brazil
- ³ School of Medical Sciences, State University of Campinas (UNICAMP), Campinas 13083-888, SP, Brazil
- ⁴ CEFEPES, Universidade Lusófona, 1748-024 Lisboa, Portugal
- ⁵ Battery Life Lab, Battery S.A., 2740-262 Oeiras, Portugal
- ⁶ Interdisciplinary Center for the Study of Human Performance (CIPER), Faculdade de Motricidade Humana, Universidade de Lisboa, Estrada da Costa, 1495-751 Cruz-Quebrada, Portugal
- ⁷ Atlântica Instituto Universitário, Department of Nutrition Fábrika da Polveira de Barcelos, 2730-036 Barcelos, Portugal
- ⁸ Laboratory of Physiology and Biochemistry of Exercise, Faculdade de Motricidade Humana, Universidade de Lisboa, 1495-751 Cruz-Quebrada, Portugal
- ⁹ Neuromuscular Research Lab, Faculdade de Motricidade Humana, Universidade de Lisboa, Estrada da Costa, 1495-751 Cruz-Quebrada, Portugal
- ¹⁰ Portugal Football School, Portuguese Football Federation, 1485-403 Cruz Quebrada, Portugal
- ¹¹ Correspondence: ezequiel.goncalves@uefp.edu.br; Tel.: +55-43-9-9180-7291
- [†] These authors contributed equally to this work.



Citation: Fukunaka, A.H.; Oliveira, N.M.; Matias, C.N.; Teixeira, F.J.; Monteiro, C.F.; Valamatos, M.J.; Reis, J.F.; Gonçalves, E.M. Association between Phase Angle from Bioelectric Impedance and Muscular Strength and Power in Physically Active Adults. *Biology* **2022**, *11*, 1255. <https://doi.org/10.3390/biology11091255>

Academic Editors: Giuseppe Cecchi, Filip Kukar and Katie M. Helmrich

Received: 30 July 2022

Accepted: 21 August 2022

Published: 24 August 2022

Publisher's Note: MDPI stays neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.



Copyright: © 2022 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

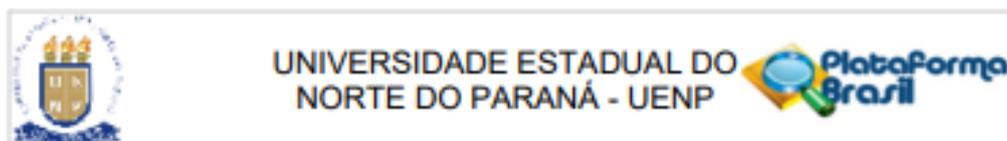
Simple Summary: This study compared muscle strength and power indicators in resistance-trained men by evaluating associations between phase angle and performance, while controlling for body composition. We evaluated dynamic muscle strength in bench press and back squat, and muscle power using the Wingate test and countermovement jump. Participants with higher phase angle displayed superior muscle strength of the upper limbs and greater muscle power of the lower limbs. Regarding countermovement jump and bench press, phase angle showed moderate association with performance, even after controlling for body composition. Still, lean soft tissue was the most important predictor of muscle strength and power.

Abstract: This study aimed to compare muscle strength and power indicators according to bioimpedance spectroscopy's phase angle (PhA) values, in resistance-trained (RT) men, while exploring associations between PhA and performance. Forty-four men aged 18–45 years, engaged in RT, were allocated according to PhA tertiles. Lean soft tissue (LST) and fat mass (%FM) were assessed using dual-energy x-ray absorptiometry; dynamic muscle strength using 1 repetition maximum (1RM) of bench press (BP) and back squat (BS) and muscle power using Wingate test (WT) and countermovement jump (CMJ). For WT and CMJ, the 3rd tertile was significantly higher than the 1st tertile ($p = 0.027$ and $p = 0.038$, respectively). Regarding BP 1RM, the 3rd tertile was significantly higher than the 2nd tertile ($p = 0.057$). LST better explained the variability in the WT, BS and BP ($p < 0.001$), while %FM better accounted for jump height in CMJ ($p < 0.001$). PhA was a predictor of performance in both CMJ ($p = 0.040$) and BP ($p = 0.012$), independently of LST and %FM. Participants with higher PhA also displayed superior muscle strength of the upper limbs and greater muscle power of the lower limbs. PhA displayed significant moderate associations with performance in CMJ and BP, even after controlling for body composition. Still, LST was the most important predictor of muscle strength and power.

Keywords: phase angle; muscle power; muscle strength; body composition

ANEXOS

ANEXO A – APROVAÇÃO COMITÊ DE ÉTICA



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

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

Pesquisador: Ezequiel Moreira Gonçalves

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 55537521.7.0000.8123

Instituição Proponente: UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE DO PARANÁ

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 5.264.732

Apresentação do Projeto:

Conforme declarado no Projeto de Pesquisa (versão submetida em 17/01/2022) "recentemente a impedância bioelétrica (BIA) está sendo aplicada para analisar os indicadores de integridade celular em atletas, demonstrando a aplicabilidade em diferentes contextos esportivos, no monitoramento de hidratação e alterações morfológicas e fisiológicas na musculatura durante a contração e também em situações de fadiga e lesão. A amostra será composta por adultos de 18 a 65 anos, praticantes de qualquer modalidade esportiva por pelo menos 6 meses, sendo da região de Jacarezinho/PR. Serão feitas avaliações antropométricas (peso, estatura e IMC). Exame de composição corporal utilizando a BIA de corpo todo e localizada. Também serão aplicados testes de força (1 RM e dinamômetro isocinético) e potência (wingate e salto vertical). O teste de Shapiro-Wilk será utilizado para verificar a normalidade dos dados. Para as comparações entre os parâmetros da BIA antes e após os testes físicos será utilizado o teste t-Student ou Wicoxon, para amostras pareadas. Para determinar a relação entre as variáveis dependentes e independentes a análise da regressão linear. Resultados esperados: Espera-se verificar se existe associação da BIA com os indicadores de desempenho em praticantes de diversas modalidades esportivas, afim de agregar tanto na literatura como na prática, outras formas de utilizar a BIA no âmbito esportivo, visto que possui diversos estudos da BIA dentro deste contexto. Além disso, a BIA é barata, prática, rápida e não invasiva, e portanto, mais aplicável na prática do que os outros métodos."

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



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO
NORTE DO PARANÁ - UENP



Continuação do Parecer: 5.264.732

Objetivo da Pesquisa:

Objetivo Primário:

"Verificar a associação entre os parâmetros da BIA e indicadores de desempenho em praticantes de diversas modalidades esportivas."

Objetivo Secundário:

- "Avaliar os parâmetros de BIA de corpo total e localizada em praticantes de diversas modalidades esportivas;
- Verificar se há influência dos indicadores de desempenho nos parâmetros de BIA nos praticantes;
- Analisar os parâmetros fornecidos pela BIA pré e pós teste de desempenho nos participantes."

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Riscos declarados pelo pesquisador:

- "Na realização dos testes, os participantes podem desequilibrar-se e ocasionar em uma queda;
- Durante os testes, pode causar náuseas e vômitos por conta do esforço máximo a ser realizado;
- Por conta da força realizada, pode causar algum tipo de lesão muscular no participante.

Para minimizar os riscos, o pesquisador sempre está ao lado dos participantes durante a realização dos testes, para um possível desequilíbrio. Se o participante sentir-se mal ou lesionar-se durante os testes, será prestado os primeiros socorros no local e caso necessário será encaminhado ao hospital da cidade, após acionar o SAMU para seu devido transporte com segurança".

Benefícios previstos pelo pesquisador:

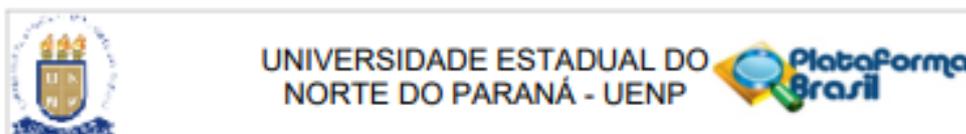
- "Descobrir seu esforço máximo de força e potência;- Entender o quanto a avaliação pode dizer sobre o desempenho em sua modalidade;
- Verificar a relação entre a BIA com seus indicadores de desempenho;
- Ajudar a contribuir com a literatura."

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Conforme declarado no Protocolo de Pesquisa (versão submetida em 17/01/2022), trata-se de um projeto de pesquisa relacionado a um trabalho para conclusão da Pós-graduação em Ciências do Movimento Humano da UENP.

Crítérios de Inclusão:

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: 5.264.732

- *Ser da região de Jacarezinho/PR;
- Idade entre 18 a 65 anos;
- Praticar qualquer tipo de modalidade esportiva, individual ou coletiva;
- Ser praticantes por pelo menos 6 meses.*

Critério de Exclusão:

- *Não apresentar o termo de consentimento livre e esclarecido assinado;
- Apresentar qualquer tipo de limitação e/ou lesão que impossibilite de realizar o teste;
- 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:

O protocolo de pesquisa apresenta adequadamente os termos de apresentação obrigatória: folha de rosto assinada e carimbada, cronograma e orçamento (custeio do próprio pesquisador) e TCLE e Termo de anuência institucional.

Recomendações:

Não há recomendações.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Conclui-se pela aprovação do projeto.

Considerações Finais a critério do CEP:

Prezado pesquisador, o protocolo de pesquisa está aprovado sem restrições. Após o término da pesquisa encaminhar relatório final ao CEP.

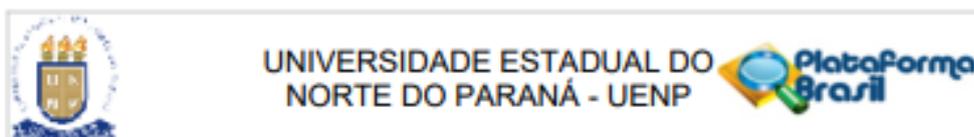
Atenciosamente,

CEP/UENP

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_P ROJETO_1822857.pdf	17/01/2022 11:39:03		Aceito
Declaração de	TERMO_DE_ANUENCIA_INFRAESTR	17/01/2022	Ezequiel Moreira	Aceito

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: 5.254.732

Instituição e Infraestrutura	URA.pdf	11:38:35	Gonçalves	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_.pdf	04/01/2022 21:18:33	Ezequiel Moreira Gonçalves	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto_de_Pesquisa_Detalhado.pdf	04/01/2022 21:18:10	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:

Não

BANDEIRANTES, 25 de Fevereiro de 2022

Assinado por:
EDNA APARECIDA LOPES BEZERRA KATAKURA
(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)3542-8058 E-mail: cep@uenp.edu.br