UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE DO PARANÁ – UENP
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DO MOVIMENTO HUMANO

MARIA EDUARDA FERNANDES LEITE

RELAÇÃO ENTRE DIFERENTES INDICADORES DE COMPOSIÇÃO CORPORAL LOCALIZADA E A FORÇA MUSCULAR EM ADULTOS JOVENS

Jacarezinho
2025

MARIA EDUARDA FERNANDES LEITE

RELAÇÃO ENTRE DIFERENTES INDICADORES DE COMPOSIÇÃO CORPORAL LOCALIZADA E A FORÇA MUSCULAR EM ADULTOS 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
2025

Leite, Maria Eduarda Fernandes
L533r Relação entre diferentes indicadores de composição corporal localizada e a força muscular em adultos jovens / Maria Eduarda Fernandes Leite; orientador Ezequiel Moreira Gonçalves - Jacarezinho, 2025.
58 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, 2025.

1. Dinamômetro de força muscular. 2. Impedância Elétrica. 3. Músculo Quadríceps. I. Gonçalves, Ezequiel Moreira, orient. II. Título.

CDD: 796.081

MARIA EDUARDA FERNANDES LEITE

RELAÇÃO ENTRE DIFERENTES INDICADORES DE COMPOSIÇÃO CORPORAL LOCALIZADA E A FORÇA MUSCULAR EM ADULTOS 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

Profª. Drª. Carla Cristiane da Silva
Universidade Estadual do Norte do Paraná

Prof. Dr. Juliano Casonatto
Universidade Anhanguera Unopar

Jacarezinho, 04 de abril de 2025

AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar à Deus por despertar em meu coração o desejo de cuidar do próximo e sempre buscar conhecimento para poder proporcionar o meu melhor, e por me sustentar em todos meus momentos.

Agradeço à toda minha família, em especial à minha mãe e minha avó que sempre fizeram e fazem tudo por mim e pelo meu sonho, são minha base e inspiração para isso. Ao meu tio, que sempre me incentivou em meus estudos e me acompanhou diversas vezes.

Agradeço ao meu orientador, Ezequiel Moreira Gonçalves, que sem dúvidas foi a melhor pessoa e profissional que Deus poderia enviar para me guiar nesse trajeto, o qual para mim foi um exemplo de professor, pesquisador, amigo e pai. Essa caminhada foi muito mais leve e com muito aprendizado seguindo suas orientações.

Também agradeço à família que construí no mestrado, as meninas que se tornaram irmãs e deixaram tudo mais fácil, muito obrigada, Brenda, Pâmela, Núbia, Natália e Jeniffer.

E à todos que cruzaram meu caminho durante esse processo, com certeza levarei cada experiência e aprendizado em meu coração.

RESUMO

Introdução: A força muscular é um importante indicador de saúde e desempenho atlético e apresenta relação com composição corporal. A análise de impedância bioelétrica (BIA) tem seus parâmetros associados com a integridade celular e desempenho físico, podendo ser utilizada como forma de avaliação da composição corporal total e localizada (L-BIA), de maneira simples e prática. Já a absorciometria por dupla emissão de raio X (DXA) é considerado um método de referência, e tem a vantagem de apresentar os componentes corporais de forma segmentada e localizada por região de interesse. A ultrassonografia (US) também é uma ferramenta capaz de avaliar a qualidade muscular, morfologia, área, secção transversa e volume. No entanto, ainda não está claro se os parâmetros obtidos pela avaliação muscular localizada por meio da BIA, DXA e da US podem ser preditores da força muscular. **Objetivo:** Verificar a relação entre os valores obtidos pela avaliação muscular localizada da DXA, L-BIA e US com a força muscular determinada pelo dinamômetro isocinético em jovens saudáveis de ambos os sexos. **Métodos:** Trata-se de um estudo transversal. No total, 66 universitários (18 a 30 anos) foram incluídos no estudo (41 mulheres). Foram determinados os componentes corporais pelo DXA, resistência (R), reactância (Xc) e ângulo de fase (AngF) total e localizada nos músculos do quadríceps (coxa) utilizando um equipamento de BIA, o pico de torque (PT) e pico de torque médio (PTM) isométrico e isocinético de extensão do joelho utilizando o dinamômetro isocinético e a área e espessura muscular através do ultrassom. **Resultados:** No sexo masculino o tecido mole magro (TMM) total foi o melhor preditor dos parâmetros da força muscular explicando 68% e 63% do PT isométrico e isocinético, respectivamente. A Xc-coxa foi variável da BIA que apresentou maior relação com o PT isométrico (R^2ajust=0,43) e isocinético (R^2 ajust= 0,25). Já do US, a ASTRF foi variável que apresentou relação com o PT isométrico (R^2ajust=0,14) e isocinético (R^2 ajust= 0,20). Nas mulheres, o TMM da coxa foi a variável que melhor explicou a variação do PT isométrico (R^2ajust= 0,70) e PT isocinético (R^2ajust=0,66). Já a variável da BIA que melhor explicou o PT isométrico (42%; $p<0,001$) e isocinético (38% $p<0,001$) foram a R-coxa. A EMRF explicou 12% e 14% da variação PT do isométrico e isocinético, respectivamente. **Conclusão:** Nessa amostra, os parâmetros da DXA que melhor explicaram a força muscular isométrica e isocinética, foram, no grupo feminino, a medida localizada do TMM (TMM-coxa) e no grupo masculino o TMM total. Já os parâmetros da BIA apresentaram uma relação negativa com a força muscular em ambos os sexos, sendo a R-coxa os melhores preditores no sexo feminino e a Xc-coxa no sexo masculino. As variáveis do US, a EMRF e ARF apresentaram menor poder de explicação quando comparado com as outras variáveis. Nenhum dos parâmetros analisados se mostraram preditores da força muscular, independentes do TMM, em ambos os sexos.

Palavras-chave: Dinamômetro de força muscular, Impedância Elétrica, Músculo Quadríceps.

ABSTRACT

Introduction: Muscle strength is an important indicator of health and athletic performance and is related to body composition. Bioelectrical impedance analysis (BIA) has parameters associated with cellular integrity and physical performance and can be used as a simple and practical method for assessing total and localized body composition. Dual-energy X-ray absorptiometry (DXA) is considered a reference method and has the advantage of segmenting body components by region of interest. Ultrasound (US) is also a valuable tool for evaluating muscle quality, morphology, cross-sectional area, and volume. However, it remains unclear whether muscle evaluation parameters obtained through localized BIA, DXA, and US can predict muscle strength. **Objective:** To examine the relationship between muscle assessment parameters obtained through DXA, localized BIA (L-BIA), and US with muscle strength determined by an isokinetic dynamometer in healthy young individuals of both sexes.**Methods:** This was a cross-sectional study including a total of 66 university students (aged 18 to 30 years), of whom 41 were women. Body composition components were determined using DXA, while resistance (R), reactance (Xc), and phase angle (PA) were measured both in total body composition and specifically in the quadriceps muscle (thigh) using BIA equipment. Peak torque (PT) and mean peak torque (MPT) for isometric and isokinetic knee extension were assessed using an isokinetic dynamometer. Muscle area and thickness were evaluated via ultrasound. **Results:** In men, total lean mass (TLM) was the best predictor of muscle strength parameters, explaining 68% and 63% of isometric and isokinetic PT, respectively. Xc-thigh was the BIA variable most associated with isometric (adjusted $R^2 = 0.43$) and isokinetic (adjusted $R^2 = 0.25$) PT. Regarding US, the rectus femoris cross-sectional area (ASTRF) was the variable most correlated with isometric (adjusted $R^2 = 0.14$) and isokinetic (adjusted $R^2 = 0.20$) PT. In women, thigh TLM was the best predictor of isometric (adjusted $R^2 = 0.70$) and isokinetic (adjusted $R^2 = 0.66$) PT. The BIA variable most strongly associated with isometric (42%; $p<0.001$) and isokinetic (38%; $p<0.001$) PT was R-thigh. The echogenicity of the rectus femoris (EMRF) explained 12% and 14% of the variance in isometric and isokinetic PT, respectively. **Conclusion:** In this sample, DXA parameters that best explained isometric and isokinetic muscle strength were localized TLM (TLM-thigh) in women and total TLM in men. BIA parameters showed a negative relationship with muscle strength in both sexes, with R-thigh being the best predictor in women and Xc-thigh in men. US variables, specifically ERF and ARF, demonstrated low explanatory power. None of the analyzed parameters independently predicted muscle strength, regardless of TLM, in either sex.

Keywords: Muscle strength dynamometer, Electrical impedance, Quadriceps muscle.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01: Parâmetros da análise da impedância bioelétrica: reactância (ohms), resistência (ohms), impedância (ohms) e ângulo de fase (graus)..... 14

Figura 02. Desenho experimental do estudo.....30

Figura 03. Análise de DXA localizada por área de interesse na região da coxa direita..... 31

Figura 04: Posicionamento dos eletrodos na L-BIA no quadríceps. 32

Figura 05. Relação entre as variáveis de força e os parâmetros da L-BIA, US e DXA no sexo masculino. 38

Figura 06. Relação entre as variáveis de força e os parâmetros da L-BIA, US e DXA no sexo feminino. 40

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

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

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 10
1.2 Objetivos 12
1.2.1 Objetivo geral 12
1.2.2 Objetivos específicos 12
1.3 Hipóteses 12
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA 13
2.1 Força muscular 13
2.2 Análise de impedância bioelétrica (BIA) 14
2.2.1 Análise de impedância bioelétrica localizada (L-BIA) 15
2.3 Ultrassonografia (US) 17
2.4 Absorciometria por dupla emissão de raio-x (DXA) 19
3. REFERÊNCIAS 20
5. ARTIGO CIENTIFÍCO 29
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS 48

1. INTRODUÇÃO

A força muscular é um componente importante da aptidão física relacionada à saúde, sendo que baixos níveis estão associados desde o aumento do risco metabólico em crianças (1) até o aumento do risco de desenvolvimento de doenças cardiovasculares e mortalidade por todas as causas em diferentes populações (2,3,4,5).

Além disso, maiores níveis de força muscular estão relacionados com o envelhecimento saudável (6) e a melhora do desempenho em atletas (7, 8). Estudos demonstram que existe uma forte relação entre a força muscular e os componentes da composição corporal, principalmente o tecido magro (9,10).

Na avaliação da composição corporal existem vários métodos, entre eles a análise de impedância bioelétrica (BIA), que é uma forma portátil e prática de avaliação (9), na qual uma corrente elétrica percorre um condutor biológico (11), fornecendo parâmetros como a resistência (R) e a reactância (Xc), refletindo a hidratação do tecido e a integridade da membrana celular, respectivamente. Esses parâmetros têm sido associados a indicadores importantes, como a integridade celular (12) e mortalidade por diversas doenças (13).

Uma medida derivada da R e Xc, é o ângulo de fase (AngF), que tem sido utilizado como um indicador de saúde (14), associado à qualidade muscular e funcionalidade (15), função muscular em idosos (16), aptidão aeróbica em diferentes faixas etárias (17), força muscular em ex atletas (18) e idosas (19) e força e potência muscular em adultos jovens (20,21).

Além das avaliações tradicionais da BIA, envolvendo o corpo todo, também podem ser utilizados grupos musculares específico, conhecidas como BIA localizada (L-BIA) (22). Os parâmetros obtidos pela L-BIA podem auxiliar na compreensão da fisiologia muscular em um segmento de interesse. Esse método se mostrou sensível para detectar lesões em jogadores profissionais (24,23,22) e ser eficaz para monitorar alterações musculares durante o exercício de força (25). Além disso, o AngF obtido através da L-BIA também mostrou ser um marcador significativo dos níveis de potência muscular em mulheres jovens ativas (21).

Outro método muito utilizado na avaliação da composição corporal localizada, é a ultrassonografia (US) uma ferramenta que pode ser utilizada para visualizar imagens musculares em tempo real, sendo capaz de avaliar a qualidade muscular, morfologia, área, secção transversa e volume (26, 27, 28). A US pode ser utilizada para a detecção de patologias neuromusculares (29), no diagnóstico de lesões tendíneas (28) e inferir a força e a capacidade funcional de forma segura, não invasiva (30). Diversas váriaveis da US podem contribuir na explicação da variação de força como a ecogenicidade, o comprimento do fascículo do vasto lateral e a circunferência do reto femoral (31), El Ansary e colaboradores observaram que existem diferenças na contribuição dos músculos para variação de força do quadríceps, sendo que o vasto lateral contribui com uma porcentagem menor que o reto femoral.

Além disso, a US também se correlaciona com a absorciometria por dupla emissão de raio X (DXA) (31), o qual é considerado um método de referência por sua precisão e acurácia (32), que permite a avaliação de três componentes corporais, o conteúdo mineral ósseo (CMO), a gordura corporal (MG) e o tecido mole magro (TMM), fornecendo medidas corporais totais e segmentares (33,32) e também de forma localizada selecionando uma região de interesse para a avaliação.

A avaliação utilizando a DXA mostrou que maior MG são preditores de um pior desempenho de corrida e da força muscular (34) e também do desempenho em exercício de séries múltiplas no dinamômetro isocinético em mulheres (21). Em contrapartida, o TMM são os principais determinantes da força e potência muscular de membros inferiores em homens ativos (20).

Apesar da relação dos componentes da composição corporal e do desempenho físico citados pelos instrumentos acima, ainda não se têm claro se a avaliação muscular realizada de forma localizada (US, BIA e DXA) pode acrescentar informações e fornecer novos parâmetros para a avaliação e acompanhamento da força muscular em jovens saudáveis de ambos os sexos, possibilitando que essa ferramenta seja empregada como forma de monitoramento dos resultados do treino de força.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo geral

Verificar a relação entre os valores obtidos pela avaliação muscular localizada da DXA, L-BIA e US com a força muscular de extensão de joelho determinada pelo dinamômetro isocinético em adultos jovens de ambos os sexos.

1.2.2 Objetivos específicos

- Analisar se existem diferenças entres os sexos, nas relações observadas entre os valores obtidos pela avaliação localizada da DXA, L-BIA e US com a força muscular.

- Verificar a capacidade de cada método para a predição da força muscular.

1.3 Hipóteses

Espera-se que os parâmetros do US apresentem uma relação inferior aos da L-BIA e da DXA com os indicadores de força muscular determinados pelo dinamômetro isocinético, devido à avaliação ser realizada de forma localizada apenas no reto femoral. Além disso, espera-se que existam diferenças nessas relações entre os sexos.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Força muscular

A força muscular é definida como a capacidade de exercer força sobre um objeto externo ou resistência (35) e pode contribuir para um melhor desempenho muscular, podendo ser melhorada com um treino regular (36). Está associada a um menor risco de desenvolvimento de doenças cardiovasculares e mortalidade por todas as causas (2), já a baixa força muscular apresenta um risco aumentado de fraturas (37). Além disso, estudos mostram que a força muscular é um indicador de capacidade funcional, riscos de hospitalização e mortalidade (38, 39), que maiores níveis de força muscular aumenta a potência e também diminui o risco de lesões (7).

Existem várias formas para monitorar a força muscular, entre elas o teste de uma repetição máxima (1RM) (20), teste de preensão manual (1) e o dinamômetro isocinético (21), o qual é considerado padrão ouro para a avaliação da força muscular (40). As medidas de força isocinética são úteis para uma comparação bilateral do desempenho funcional e da força do joelho (40).

Os testes de força muscular isocinética têm sido utilizados há décadas e são as medidas mais comumente utilizadas para avaliar a força muscular do quadríceps e dos isquiotibiais, tanto na população atlética quanto na não-atlética (41,42). Sendo que, a força muscular do quadríceps e isquiotibiais de um atleta é uma parte importante da capacidade funcional e contribui significativamente para a biomecânica e o desempenho dos membros inferiores (43).

A força muscular também apresenta uma associação com o TMM, um estudo realizado por Raymond-Pope e colaboradores (44), com atletas universitários, que realizaram exames através do DXA de corpo total e de ambas as pernas, avaliação da força muscular por meio do dinamômetro isocinético com testes de flexão e extensão de joelho e também de saltos em uma plataforma de força, encontrou correlações entre o pico de torque com o TMM da perna. O aumento da força muscular também foi observado junto com mudanças em alguns parâmetros da BIA, melhoras significativas na força, na reatância e no ângulo de fase, foram observadas após um programa de treinamento de resistência progressiva em mulheres idosas (45).

O TMM também foi o preditor mais importante de força e potência muscular em um estudo realizado por Fukuoka (20) com homens entre 18 e 45 anos, no qual a força muscular foi avaliada através de 1RM de supino e agachamento e a potência muscular usando teste de Wingate e salto com contramovimento, além disso, o TMM total e da perna foram as variáveis que melhor explicaram o desempenho em um exercício de séries múltiplas realizada com um dinamômetro isocinético (46) em mulheres jovens.

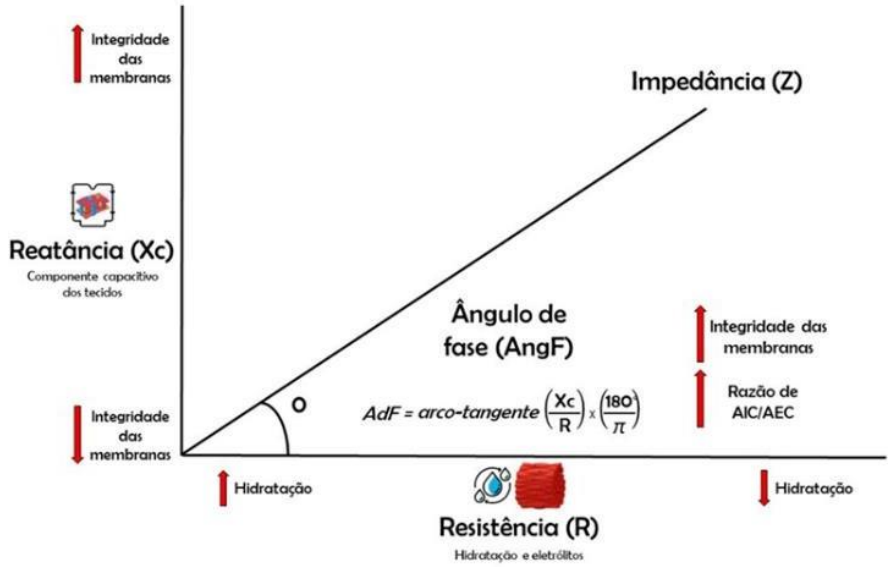
2.2 Análise de impedância bioelétrica (BIA)

A análise de impedância bioelétrica (BIA) é um método rápido, seguro, não invasivo e relativamente barato, utilizado para a avaliação da composição corporal em diversas populações (15). Através dos valores fornecidos no exame de BIA, é possível estimar parâmetros, como por exemplo a água corporal total (ACT), a massa isenta de gordura (MIG) e a MG (47).

A BIA utiliza uma corrente elétrica de baixa voltagem (50kHz) que percorre o corpo utilizando como condutor os eletrólitos presentes na água corporal e detecta dois tipos de oposição, a R que é oferecida pela passagem da corrente elétrica pelo corpo e reflete a hidratação do tecido, sendo diretamente proporcional ao comprimento do condutor e inversamente proporcional à sua área de secção transversa. A Xc à qual é determinada pela capacidade das membranas celulares em retardar a passagem do fluxo elétrico, indicando a integridade da mesma, a partir desses dois parâmetros é determinada a impedância corporal (Z) (11).

Além disso, outro parâmetro obtido por meio da BIA é o AngF, que está associado à integridade e permeabilidade da membrana celular, além de ser considerado como um indicador biológico de integridade celular, massa celular corporal e distribuição de água entre espaços intra e extracelulares (48) (Figura 01).

Figura 01: Parâmetros da análise da impedância bioelétrica: reactância (ohms), resistência (ohms), impedância (ohms) e ângulo de fase (graus).



Fonte: Gonçalves et al., 2021.

O AngF vem sendo analisado como indicador do prognóstico de gravidade durante a hospitalização, valores mais baixos do AngF são associados a um maior tempo de internação, readmissão hospitalar, quedas e mortalidade (49). Um estudo realizado com crianças gravemente enfermas demonstrou que o AngF pode ser útil para o diagnóstico e monitoramento nutricional além de ser um indicador na estimativa do prognóstico (50).

Outros estudos mostraram a associação do AngF, a força muscular e capacidade aeróbica em diferentes faixas etárias e indivíduos com diversas condições de saúde (17), como por exemplo em ex atletas com sobrepeso, explicando 32% da massa muscular, 31% da força de membro superior e 12% da força de membro inferior (18), também tem sido associado à função muscular em idosos (16) e ao componente mesomórfico em atletas, que se relaciona com maior massa muscular (15). Dessa forma, tem se estudado sobre o uso potencial de AngF e o desempenho muscular (19, 51), foi encontrado uma relação positiva entre o AngF e a potência muscular em ciclistas do sexo masculino (52) e entre o AngF e a força de preensão manual em jogadoras de voleibol feminino (13).

O AngF e a Xc podem ser utilizados para diagnosticar e prevenir perigos relacionados com o declínio da qualidade muscular, além disso, a reatância explicou 24% da variância na força muscular (60), sendo que o AngF foi um preditor de desempenho no salto com contramovimento e no teste de 1 repetição máxima de supino independentemente de TMM, os participantes com AngF mais alto também apresentaram maior força muscular nos membros superiores e maior potência muscular nos membros inferiores (20).

Além disso, o AngF também é um preditor significativo da água intracelular, já a R e a Xc são preditores significativos da água extracelular (61). Menores valores de R e Xc podem ser observados após exercícios de séries múltiplas, o que sugere um aumento do volume de fluido local na região exercitada, oferecendo menor resistência a corrente elétrica. Já em relação a Xc, menores valores podem indicar alterações induzidas pelo exercício nas estruturas dos tecidos (46).

2.2.1 Análise de impedância bioelétrica localizada (L-BIA)

A L-BIA é uma das diversas variações de avaliações utilizando a BIA, a qual é um método prático para determinar alterações nos componentes bioelétricos dos tecidos, representados pela R, Xc e o AngF (62) sendo suficientemente sensível para detectar alterações na hidratação dos tecidos moles e na integridade e estrutura da membrana celular em uma área específica (23).

Esse método é utilizado para avaliar lesões no músculo esquelético, as quais provocam uma diminuição dos parâmetros de R, Xc e AngF, essa alteração no parâmetro de R, é justificada pelo acúmulo de líquidos, como por exemplo o sangue e fluidos presentes na

inflamação pós lesão (23). Já a redução da Xc se explica pelo dano as células musculares e ruptura da integridade da membrana. Dessa forma, vem sendo utilizada para investigar o grau das lesões musculares e a diferenciação entre lesões tendíneas e miofasciais (22,23)

A utilização da L-BIA demonstra ter potencial para aplicação em doenças neuromusculares (63), para obter informações sobre o desempenho físico de indivíduos saudáveis (21) e na avaliação de programas de treinamento em atletas (64). Por avaliar grupos musculares específicos a aplicação da L-BIA, teria alguns efeitos adversos de interferência minimizados em comparação a BIA de corpo total, a qual pode ser influenciada por diversos efeitos, como a hidratação e a porcentagem de gordura (11).

Um estudo realizado com o objetivo de investigar a relação entre os parâmetros da L-BIA e o desempenho em mulheres jovens, encontrou menores valores de R e Xc após exercícios de séries múltiplas, o que sugere um aumento do fluido local e alterações nas estruturas dos tecidos. Além desse, outro estudo realizado para verificar a capacidade do ângulo de fase localizado (L-AngF), utilizou o teste de Wingate e dinamômetro isocinético e observou que L-AngF pode ser utilizado como marcador de potência muscular em mulheres jovens (21).

Os parâmetros L-BIA, R e AngF também foram significativamente associados ao desempenho em um grupo de atletas do sexo masculino (16,5 ± 1,6 anos) independente de idade, altura, massa isenta de gordura e pico de velocidade de crescimento, sendo que valores mais altos de L-AngF foram associados a melhores tempos de sprint, enquanto valores mais altos de L-R foram associados a piores tempos de sprint e desempenho de CMJ (65).

A L-Xc é um parâmetro bioelétrico objetivo, direto, em tempo real, fácil e não invasivo que também pode prever o desempenho muscular, um estudo realizado por Nescolarde (56) com o objetivo de analisar a resposta dos níveis séricos de biomarcadores musculares inflamatórios de alta energia e as medidas de L-BIA dos isquiotibiais e verificar se eles se correlacionam entre si ou com o tempo de corrida da Maratona de Barcelona 2019 no sexo masculino, observou que a Xc pré e imediatamente após a corrida > 15,6 Ω e 15,8 Ω, respectivamente, previu o tempo de corrida de 3:00 horas e a Xc e o AngF aumentaram imediatamente após a corrida.

No entanto, uma das limitações encontradas nas avaliações realizadas com a L-BIA é a falta de padronização, o que dificulta a comparação entre os resultados obtidos nos estudos. Mascheirini (66), utilizou a L-BIA em membros inferiores, adotando como forma de padronização para avaliação de quadriceps, com os eletrodos a 5cm e 10cm distalmente a 15 espinha ilíaca ântero-inferior e proximal ao polo superior da patela, o mesmo posicionamento foi utilizado no estudo de Oliveira e colaboradores (21), para avaliar a relação do AngF com a

potência e força muscular em mulheres jovens.

Já para os músculos da panturrilha o posicionamento de 5cm e 10cm distalmente a linha poplitea e 15cm e 10cm da parte posterior da linha intermaleolar foi utilizado, para os músculos isquiotibiais os eletrodos foram posicionados 5cm e 10cm distalmente a tuberosidade isquiática e proximal a linha poplítea (66). No estudo de Nescolarde (67), ao utilizar a L-BIA para avaliar lesões musculares, os eletrodos foram posicionados em região de panturrilha a 5cm e 10cm distalmente da linha poplítea e proximal da linha intermaleoar, para a avalição de isquiotibiais, os eletrodos foram posicionados 5cm proximal e distal ao ponto de dor máxima, a qual foi localizada por palpação e ultrassonografia, sendo os outros eletrodos posicionados adjacentes aos demais.

Em outro estudo realizado por Honorato (68) utilizando a L-BIA na região de isquiotibiais, foi adotado o posicionamento dos eletrodos no muscular, na metade da distância entre origem e inserção dos isquiotibiais e esses autores observaram que a confiabilidade determinada pelo coeficiente de correlação intraclasse (CCI), foi alta a excelente (CCI> 0,85) entre todos os componentes da L-BIA, exceto para a Xc e que partir desses achados, a avaliação dos isquiotibiais utilizando a técnica da L-BIA é confiável para avaliar o tecido muscular e possibilita a avaliação de mudanças/adaptações em contextos clínicos e aplicados.

2.3 Ultrassonografia (US)

A US é um método seguro, rápido e que pode ser utilizado para quantificar a massa muscular e características arquitetônicas do músculo, relacionando esses parâmetros à função muscular (69, 70), apresenta imagens em tempo real, sendo capaz de avaliar a qualidade muscular, morfologia, área, secção transversa e volume, além de ser uma ferramenta com uma boa sensibilidade e especificidade para complementar o diagnóstico de lesões tendíneas (27,26, 28).

Além disso, a US pode ser usada como uma ferramenta para determinar a variação do músculo extensor do joelho antes e depois de intervenções (71) e o uso da US para verificar o efeito do treinamento de quadríceps na espessura muscular no pós operatório do ligamento cruzado anterior, demonstrou melhoras significativas no reto femoral e vasto intermédio após 8 semanas de intervenção (71).

Para a avaliação, diversas metodologias são utilizadas, o ultrassom convencional modo B fornece informações quantitativas e qualitativas sobre o musculo esquelético (69), no qual depende da transmissão de pulsos de eco de um transdutor. Para a análise dos músculos esqueléticos é utilizada a frequência de 510 MHz e a capacidade das ondas ultrassônicas de penetrar no corpo é diretamente proporcional ao seu comprimento de onda (72). Com isso, um dos parâmetros que pode ser avaliado é a espessura muscular (EM), sendo considerada como a

distância perpendicular entre a aponeurose superficial e profunda.

Outra análise que pode ser feita é a de contração muscular, onde o comprimento dos fascículos musculares, que é definido como o trajeto entre as inserções do fascículo nas aponeuroses superficial e profunda, se alteram dinamicamente, dessa forma, o nível de ativação muscular é então determinado comparando o tamanho de um músculo contraído com o seu tamanho durante o repouso (73,74). A área de secção transversa também pode ser avaliada através da US, e é definida como a área de seção transversa de um músculo perpendicular ao seu eixo longitudinal (75).

Dessa forma, a ultrassonografia pode fornecer informações quantitativas e qualitativas sobre o músculo, sendo a qualidade muscular considerada como a força ou potência muscular por unidade de massa muscular (76). Além disso, pode ser utilizada para a detecção de patologias neuromusculares (29), na avaliação de interações entre músculo e tendão (30), apresentando também uma correlação com o DXA (31) e medições realizadas pela ressonância magnética (77).

Um estudo realizado para analisar o efeito de períodos de descanso mais longos no aumento da força muscular e a hipertrofia em homens treinados, no qual o US foi utilizado para obter medidas da espessura muscular, verificou um aumento significativo na espessura anterior do quadríceps femoral para maiores tempos de descanso (78). Franchi (74) em seu estudo, demonstrou que a espessura muscular medida por meio da ultrassonografia antes e após um protocolo de treinamento correlacionou-se com a medida da área de secção transversa e volume avaliados pela ressonância magnética avaliada no mesmo momento.

A arquitetura muscular também apresenta uma relação com a força muscular dos membros inferiores, a US foi utilizada em um estudo para avaliar um grupo de pacientes com esclerose múltipla e um grupo de participantes saudáveis, no qual avaliaram o ângulo de penetração, o comprimento das fibras musculares e a espessura muscular dos músculos reto femoral, bíceps femoral, sóleo, gastrocnêmio e tibial anterior, a força dos músculos flexores e extensores do quadril, flexores e extensores do joelho e flexores dorsais e plantares também foi avaliada através de um dinamômetro portátil. Foram encontradas correlações positivas entre a força dos flexores do joelho e o ângulo de penação do bíceps femoral. Além disso, a força dos extensores do joelho e o comprimento da fibra do reto femoral e a espessura muscular foram correlacionados positivamente (79)

A US, pode ser realizada com os indivíduos posicionados em decúbito dorsal, com ambos os joelhos estendidos e relaxados, uma compressão mínima do transdutor deve ser realizada de forma perpendicular à pele. As marcações para um ponto fixo de avaliação do quadríceps, são feitas entre a espinha ilíaca e o polo superior da patela, para as medições, é

definido o ponto médio e também 2/3 do comprimento (80), para a espessura muscular, é utilizado uma média dos valores obtidos em ambos os pontos (81).

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

A avaliação da composição corporal também pode ser realizada por meio da DXA, o qual é considerado um método de referência e um dispositivo objetivo e preciso (32). Permite avaliação com elevada acurácia do CMO, MG e TMM, além de fornecer medidas corporais totais e segmentares (32, 33). No entanto, o uso do DXA é limitado em ambiente clínico porque a máquina é volumosa, imóvel, cara, requer conhecimentos técnicos e envolve exposição à radiação ionizante (32).

A proporção de gordura corporal medida através do DXA é uma ferramenta útil para avaliar indiretamente o desempenho de corrida e a força muscular, sendo o aumento da MG e do percentual de gordura preditores de pior aptidão física (34). A avaliação da composição corporal pela DXA é indicada para atletas ou qualquer indivíduo como parte da avaliação do estado nutricional ou para monitorar os resultados de intervenções (82), o percentual de gordura analisado através do DXA apresenta uma maior precisão quando comparada aos analisadores BIA e as equações de espessura de dobras cutâneas (32).

Adicionalmente, a análise do DXA pode ser realizada em áreas especificas de interesse e é recomendada para ajudar a definir o estado clínico, em vez de usar medidas do corpo inteiro, como o índice de massa corporal (IMC) (83). Um estudo verificou que o percentual de massa gorda total, medido pela DXA influenciou negativamente potência muscular média de terminada pelo teste de Wingate em mulheres jovens (21) e o desempenho no salto contra movimento em homens treinados em musculação (20). Em contrapartida, o TMM foi o melhor preditor da potência muscular no teste Wingate e da força muscular de membros superiores e inferiores em homens ativos (20) e do desempenho em teste de series múltiplas de extensão do joelho executadas no dinamômetro isocinético em mulheres, juntamente com a alterações do AngF da coxa (46).

3. REFERÊNCIAS

1. Cohen DD, Gómez-Arbeláez D, Camacho PA, Pinzon S, Hormiga C, Trejos-Suarez J, Duperly J, Lopez-Jaramillo P. Low muscle strength is associated with metabolic risk factors in Colombian children: the ACFIES study. PLoS One. 2014 Apr 8;9(4):e93150
2. Qiu S, Wang Q, Chen W, Xie B, Wang D, Cai X, et al. Cumulative Muscle Strength and Risk of Cardiovascular Disease and All-cause mortality: A Prospective Cohort Study. Archives of Medical Research. 2023 Apr;54(3):261–9.
3. Ruiz JR, Sui X, Lobelo F, Morrow JR Jr, Jackson AW, Sjöström M, Blair SN. Association between muscular strength and mortality in men: prospective cohort study. BMJ. 2008 Jul 1;337(7661):439.
4. Li R, Xia J, Zhang XI, Gathirua-Mwangi WG, Guo J, Li Y, McKenzie S, Song Y. Associations of Muscle Mass and Strength with All-Cause Mortality among US Older Adults. Med Sci Sports Exerc. 2018 Mar;50(3):458-467.
5. López-Bueno R, Andersen LL, Koyanagi A, Núñez-Cortés R, Calatayud J, Casaña J, Del Pozo Cruz B. Thresholds of handgrip strength for all-cause, cancer, and cardiovascular mortality: A systematic review with dose-response meta-analysis. Ageing Res Rev. 2022 Dec;82:101778
6. McLeod M, Breen L, Hamilton DL, Philp A. Live strong and prosper: the importance of skeletal muscle strength for healthy ageing. Biogerontology. 2016 Jun;17(3):497-510
7. Suchomel T, Nimphius S, Stone M. The Importance of Muscular Strength in Athletic Performance [Internet]. Sports medicine (Auckland, N.Z.). 2016. Available from: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26838985/
8. Mujika I, Rønnestad BR, Martin DT. Effects of Increased Muscle Strength and Muscle Mass on Endurance-Cycling Performance. International Journal of Sports Physiology and Performance. 2016 Apr;11(3):283–9.
9. Matias CN, Campa F, Nunes CL, Francisco R, Jesus F, Cardoso M, et al. Phase Angle Is a Marker of Muscle Quantity and Strength in Overweight/Obese Former Athletes. International Journal of Environmental Research and Public Health [Internet]. 2021 Jan 1 [cited 2023 Feb 4];18(12):6649. Available from:https://www.mdpi.com/1660-4601/18/12/6649
10. Fukuoka AH, de Oliveira NM, Matias CN, Teixeira FJ, Monteiro CP, Valamatos MJ, et al. Association between Phase Angle from Bioelectric Impedance and Muscular Strength and

Power in Physically Active Adults. Biology [Internet]. 2022 Winter;11(9):1255. Available from: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36138734/

11. Kyle U. Bioelectrical impedance analysis?part I: review of principles and methods. Clinical Nutrition [Internet]. 2004 Oct;23(5):1226–43. Available from: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0261561404000937
12. Bellido D, García-García C, Talluri A, Lukaski H, José Manuel García-Almeida. Future lines of research on phase angle: Strengths and limitations. 2023 Apr 12;24(3):563–83. Available from: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC10090740/
13. Di Vincenzo O, Marra M, Sammarco R, Speranza E, Cioffi I, Scalfi L. Body composition, segmental bioimpedance phase angle and muscular strength in professional volleyball players compared to a control group. The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness. 2020 May;60(6).
14. 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. 2012 Dec;31(6):854–61.
15. Campa F, Toselli S, Mazzilli M, Gobbo LA, Coratella G. Assessment of Body Composition in Athletes: A Narrative Review of Available Methods with Special Reference to Quantitative and Qualitative Bioimpedance Analysis. Nutrients. 2021 May 12;13(5):1620.
16. Cunha PM, Nunes JP, Tomeleri CM, Nascimento MA, Schoenfeld BJ, Antunes M, et al. Resistance Training Performed With Single and Multiple Sets Induces Similar Improvements in Muscular Strength, Muscle Mass, Muscle Quality, and IGF-1 in Older Women. Journal of Strength and Conditioning Research. 2020 Apr;34(4):1008–16.
17. Martins PC, Alencar C, Silva AM, Augusto D. Phase angle and body composition: A scoping review. Clinical Nutrition ESPEN. 2023 Aug 1;56:237–50.
18. Matias CN, Campa F, Nunes CL, Francisco R, Jesus F, Cardoso M, et al. Phase Angle Is a Marker of Muscle Quantity and Strength in Overweight/Obese Former Athletes. International Journal of Environmental Research and Public Health [Internet]. 2021 Jan 1;18(12):6649. Available from: https://www.mdpi.com/1660-4601/18/12/6649
19. Tomeleri CM, Cavalcante EF, Antunes M, Nabuco HCG, de Souza MF, Teixeira DC, et al. Phase Angle Is Moderately Associated With Muscle Quality and Functional Capacity, Independent of Age and Body Composition in Older Women. Journal of Geriatric Physical Therapy. 2019 Oct;42(4):281–6.
20. Fukuoka AH, de Oliveira NM, Matias CN, Teixeira FJ, Monteiro CP, Valamatos MJ, et al. Association between Phase Angle from Bioelectric Impedance and Muscular Strength and

Power in Physically Active Adults. Biology [Internet]. 2022 Winter;11(9):1255. Available from: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36138734/

21. Oliveira NM, Fukuoka AH, Matias CN, Guerra-Júnior G, Gonçalves EM. Is muscle localized phase angle an indicator of muscle power and strength in young women? Physiological Measurement. 2023 Dec 1;44(12):125007.
22. 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. 2020 Sep 4;11.
23. Nescolarde L, Yanguas J, Lukaski H, Alomar X, Rosell-Ferrer J, Rodas G. Localized bioimpedance to assess muscle injury. Physiological Measurement [Internet]. 2013 Jan 28;34(2):237–45. Available from: http://europepmc.org/abstract/MED/23354019
24. Nescolarde L, Yanguas J, Lukaski H, Alomar X, Rosell-Ferrer J, Rodas G. Effects of muscle injury severity on localized bioimpedance measurements. Physiological Measurement [Internet]. 2014 Dec 11;36(1):27–42. Available from:https://upcommons.upc.edu/handle/2117/25145
25. Freeborn TJ, Fu B. Time-course bicep tissue bio-impedance changes throughout a fatiguing exercise protocol. Medical engineering & physics [Internet]. 2019 Jul;69:109–15. Available from: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31056402/
26. Bemben MG. Use of diagnostic ultrasound for assessing muscle size. Journal of strength and conditioning research [Internet]. 2002 Feb;16(1):103–8. Available from: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11834114/
27. Adler RS, Finzel KC. The Complementary Roles of MR Imaging and Ultrasound of Tendons. Radiologic Clinics of North America. 2005 Jul;43(4):771–807.
28. Mohammadrezaei N, Seyedhosseini J, Vahidi E. Validity of ultrasound in diagnosis of tendon injuries in penetrating extremity trauma. The American Journal of Emergency Medicine. 2017 Jul;35(7):945–8.
29. Pillen S, van Alfen N. Skeletal muscle ultrasound. Neurological Research. 2011 Dec;33(10):1016–24.
30. Selva Raj I, Bird SR, Shield AJ. Ultrasound Measurements of Skeletal Muscle Architecture Are Associated with Strength and Functional Capacity in Older Adults. Ultrasound Med Biol. 2017 Mar;43(3):586-594. doi: 10.1016/j.ultrasmedbio.2016.11.013. Epub 2017 Jan 4. PMID: 28063610.
31. El-Ansary D, Marshall CJ, Farragher J, Annoni R, Schwank A, McFarlane J, Bryant A, Han J, Webster M, Zito G, Parry S, Pranata A. Architectural anatomy of the quadriceps and the relationship with muscle strength: An observational study utilising real-time ultrasound in healthy adults. J Anat. 2021 Oct;239(4):847-855. doi: 10.1111/joa.13497. Epub 2021 Aug 29.

PMID: 34458993; PMCID: PMC8450473.

32. Abe T, Fujita E, Thiebaud RS, Loenneke JP, Akamine T. Ultrasound-Derived Forearm Muscle Thickness Is a Powerful Predictor for Estimating DXA-Derived Appendicular Lean Mass in Japanese Older Adults. Ultrasound in Medicine & Biology. 2016 Sep;42(9):2341–

33. González-Ruíz K, Medrano M, Correa-Bautista J, García-Hermoso A, Prieto-Benavides D, Tordecilla-Sanders A, et al. Comparison of Bioelectrical Impedance Analysis, Slaughter Skinfold-Thickness Equations, and Dual-Energy X-ray Absorptiometry for Estimating Body Fat Percentage in Colombian Children and Adolescents with Excess of Adiposity. Nutrients. 2018 Aug 14;10(8):1086.
34. Chaves LGC de M, Gonçalves TJM, Bitencourt AGV, Rstom RA, Pereira TR, Velludo SF. Assessment of body composition by whole-body densitometry: what radiologists should know. Radiologia Brasileira [Internet]. 2022 Aug 26;55(5):305–11. Available from: https://www.scielo.br/j/rb/a/xCP7kTVvddp4Qr9FG9PD8CN/?lang=en
35. Mattila VM, Tallroth K, Marttinen M, Pihlajamäki H. Body Composition by DEXA and Its Association With Physical Fitness in 140 Conscripts. Medicine & Science in Sports & Exercise [Internet]. 2007 Dec 1;39(12):2242–7. Available from: https://journals.lww.com/acsm-msse/Fulltext/2007/12000/Body_Composition_by_DEXA_and_Its_Association_With.19.aspx
36. Siff MC. Biomechanical Foundations of Strength and Power Training. Biomechanics in Sport. 2001. 103–39.
37. Garber CE, Blissmer B, Deschenes MR, Franklin BA, Lamonte MJ, Lee I-Min, et al. Quantity and Quality of Exercise for Developing and Maintaining Cardiorespiratory, Musculoskeletal, and Neuromotor Fitness in Apparently Healthy Adults. Medicine & Science in Sports & Exercise [Internet]. 2011 Jul;43(7):1334–59. Available from: https://journals.lww.com/acsm-msse/fulltext/2011/07000/quantity_and_quality_of_exercise_for_developing.26.aspx
38. Dima Alajlouni, Bliuc D, Tran T, Blank RD, Center JR. Muscle strength and physical performance contribute to and improve fracture risk prediction in older people: A narrative review. Bone. 2023 Jul 1;172:116755–5.
39. Cawthon PM, Fox KM, Gandra SR, Delmonico MJ, Chiou CF, Anthony MS, et al. Do Muscle Mass, Muscle Density, Strength, and Physical Function Similarly Influence Risk of Hospitalization in Older Adults? Journal of the American Geriatrics Society. 2009 Aug;57(8):1411–9.
40. Newman AB, Kupelian V, Visser M, Simonsick EM, Goodpaster BH, Kritchevsky SB, et al. Strength, But Not Muscle Mass, Is Associated With Mortality in the Health, Aging and

Body Composition Study Cohort. The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences [Internet]. 2006 Jan 1;61(1):72–7. Available from: https://academic.oup.com/biomedgerontology/article/61/1/72/549632

41. Sueyoshi T, Nakahata A, Emoto G, Yuasa T. Single-Leg Hop Test Performance and Isokinetic Knee Strength After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction in Athletes. Orthopaedic Journal of Sports Medicine. 2017 Nov;5(11):232596711773981.
42. Danneskiold-Samsøe B, Bartels EM, Bülow PM, Lund H, Stockmarr A, Holm CC, et al. Isokinetic and isometric muscle strength in a healthy population with special reference to age and gender. Acta Physiologica. 2009 Oct;197(s673):1–68.
43. Lanshammar K, Ribom EL. Differences in muscle strength in dominant and non-dominant leg in females aged 20–39 years – A population-based study. Physical Therapy in Sport [Internet]. 2011 May;12(2):76–9. Available from: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1466853X10001094
44. Ardern CL, Pizzari T, Wollin MR, Webster KE. Hamstrings Strength Imbalance in Professional Football (Soccer) Players in Australia. The Journal of Strength & Conditioning Research [Internet]. 2015 Apr 1;29(4):997–1002. Available from: https://journals.lww.com/nsca-jscr/FullText/2015/04000/Hamstrings_Strength_Imbalance_in_Professional.19.aspx?casa_token=NQu9TST5yTIAAAAA:oMmYVgBHayvPweuj3iwK5P5aIOAGkavFojLES3H4qhjpO5Iq186PAbQfhNfS_vCicjqOkQkmJNNebw8LgCWeiMlqogakig
45. Raymond-Pope CJ, Dengel DR, Fitzgerald JS, Bosch TA. Association of Compartmental Leg Lean Mass Measured by Dual X-Ray Absorptiometry With Force Production. Journal of Strength and Conditioning Research. 2020 Jun;34(6):1690–9.
46. Nunes JP, Ribeiro AS, Silva AM, Schoenfeld BJ, Dos Santos L, Cunha PM, et al. Improvements in Phase Angle Are Related With Muscle Quality Index After Resistance Training in Older Women. Journal of aging and physical activity [Internet]. 2019 Jan;27(4):515–20. Available from: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30507279/
47. Fukuoka AH, Oliveira NM, Matias CN, Guariglia DA, Guerra-Júnior G, Gonçalves EM. Association between muscle-localized bioelectrical impedance analysis parameters and performance in a multi-set exercise on the isokinetic dynamometer in young women. Eur J Sport Sci. 2024 Sep;24(9):1319-1327. doi: 10.1002/ejsc.12167. Epub 2024 Aug 6. PMID: 39106159; PMCID: PMC11369348.

48. Lukaski HC. 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. 2013 Jan;67(S1):S2–9.
49. Marini E, Campa F, Buffa R, Stagi S, Matias CN, Toselli S, et al. Phase angle and bioelectrical impedance vector analysis in the evaluation of body composition in athletes. Clinical Nutrition [Internet]. 2020 Feb 1;39(2):447–54. Available from: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0261561419300706
50. Del Giorno R, Quarenghi M, Stefanelli K, Rigamonti A, Stanglini C, De Vecchi V, et al. Phase angle is associated with length of hospital stay, readmissions, mortality, and falls in patients hospitalized in internal-medicine wards: A retrospective cohort study. Nutrition. 2021 May;85:111068.
51. Zamberlan P, Feferbaum R, Doria Filho U, Brunow de Carvalho W, Figueiredo Delgado A. Bioelectrical Impedance Phase Angle and Morbidity and Mortality in Critically Ill Children. Nutrition in Clinical Practice: Official Publication of the American Society for Parenteral and Enteral Nutrition [Internet]. 2019 Feb 1 [cited 2023 Oct 19];34(1):163–71. Available from: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30303570/
52. Basile C, Della-Morte D, Cacciatore F, Gargiulo G, Galizia G, Roselli M, et al. Phase angle as bioelectrical marker to identify elderly patients at risk of sarcopenia. Experimental Gerontology. 2014 Oct;58:43–6.
53. Pollastri L, Lanfranconi F, Tredici G, Burtscher M, Gatterer H. Body Water Status and Short-term Maximal Power Output during a Multistage Road Bicycle Race (Giro d'Italia 2014). International journal of sports medicine [Internet]. 2016 Apr;37(4):329–33. Available from: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26701829/
54. Cruz-Jentoft AJ, Bahat G, Bauer J, Boirie Y, Bruyère O, Cederholm T, et al. Sarcopenia: revised European consensus on definition and diagnosis. Age and Ageing. 2019 May 13;48(4):601–1.
55. Steinberg N, Dar G, Dunlop M, Gaida JE. The relationship of hip muscle performance to leg, ankle and foot injuries: a systematic review. The Physician and Sportsmedicine [Internet]. 2017 Feb 1;45(1):49–63. Available from: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28067582
56. Kuschel LB, Sonnenburg D, Engel T. Factors of Muscle Quality and Determinants of Muscle Strength: A Systematic Literature Review. Healthcare. 2022 Oct 3;10(10):1937
57. Nescolarde L, Yanguas J, Hernández-Hermoso JA. Localized hamstring bioimpedance in marathon runners is related to muscle high-energy enzyme serum levels and predicts race

time. Front Physiol. 2024 Mar 5;15:1337119. doi: 10.3389/fphys.2024.1337119. PMID: 38505706; PMCID: PMC10948513.

58. Dutta C, Hadley EC, Lexell J. Sarcopenia and physical performance in old age: overview. Muscle & Nerve Supplement [Internet]. 1997;5:S5-9. Available from: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/9331374/
59. Lum D, Barbosa TM. Brief Review: Effects of Isometric Strength Training on Strength and Dynamic Performance. International Journal of Sports Medicine [Internet]. 2019 Apr 3;40(06):363–75. Available from: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30943568/ 1.
60. Martins PC, Souza Alves Junior CA, Augustemak de Lima LR, Petroski EL, Santos Silva DA. Muscle mass indicators as fat-free mass and lean soft tissue mass are associated with handgrip strength in HIV-diagnosed children and adolescents. Journal of bodywork and movement therapies [Internet]. 2022 Apr;30:76–81. Available from: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35500982/
61. Kolodziej M, Ignasiak Z, Ignasiak T. Relationship Between Bioelectrical Impedance Parameters and Appendicular Muscle Functional Quality in Older Adults from South-Western Poland. Clinical Interventions in Aging. 2021 Feb;Volume 16:245–55.
62. Francisco R, Matias CN, Santos DA, Campa F, Cláudia Minderico, Rocha P, et al. The Predictive Role of Raw Bioelectrical Impedance Parameters in Water Compartments and Fluid Distribution Assessed by Dilution Techniques in Athletes. International Journal of Environmental Research and Public Health. 2020 Jan 24;17(3):759–9.
63. Lukaski HC, Moore M. Bioelectrical Impedance Assessment of Wound Healing. Journal of Diabetes Science and Technology [Internet]. 2012 Jan [cited 2019 Oct 20];6(1):209–12. Available from: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3320840/
64. Rutkove SB, Aaron R, Shiffman CA. Localized bioimpedance analysis in the evaluation of neuromuscular disease. Muscle & Nerve [Internet]. 2002 Feb 19 [cited 2021 Nov 14];25(3):390–7. Available from: https://doi.org/10.1002%2Fmus.10048
65. Mascherini G., Petri, C, Galanti, G. Integrated total body composition and localized fat-free mass assessment. Sport Sci Health. 2015. 11, 217–225. https://doi.org/10.1007/s11332-015-0228-y
66. Oliveira NM, Lázari E, Matias CN, Guerra-Júnior G, Gonçalves EM. Sprint and jump performance are determined by localized BIA - an ecological study in track and field adolescent athletes. BMC Sports Sci Med Rehabil. 2024 Nov 27;16(1):235. doi: 10.1186/s13102-024-01023-z. PMID: 39605091; PMCID: PMC11603856.

67. Mascherini G. Differences between the sexes in athletes body composition and lower limb bioimpedance values. Muscles, Ligaments and Tendons Journal. 2017;7(4):573.
68. Nescolarde L, Yanguas J, Terricabras J, Lukaski H, Alomar X, Rosell-Ferrer J, et al. Detection of muscle gap by L-BIA in muscle injuries: clinical prognosis. Physiological measurement [Internet]. 2017 [cited 2019 Dec 2];38(7):L1–9. Available from: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28636566
69. Honorato R de C, Ferraz ASM, Kassiano W, Carvalho DP, Ceccatto VM. Test-retest reliability of electrical impedance myography in hamstrings of healthy young men. Journal of Electromyography and Kinesiology. 2021 Feb;56:102511.
70. Ticinesi A, Meschi T, Narici M, Lauretani F, Maggio M. Muscle Ultrasound and Sarcopenia in Older Individuals: A Clinical Perspective. Journal of the American Medical Directors Association [Internet]. 2017 Apr 1;18(4):290–300. Available from: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S152586101630545X
71. Lieber RL, Fridén J. Functional and clinical significance of skeletal muscle architecture. Muscle & Nerve [Internet]. 2000 Nov 1;23(11):1647–66. Available from: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11054744/
72. Li X, Li J, Qing L, Wang H, Ma H, Huang P. Effect of quadriceps training at different levels of blood flow restriction on quadriceps strength and thickness in the mid-term postoperative period after anterior cruciate ligament reconstruction: a randomized controlled external pilot study. BMC Musculoskeletal Disorders. 2023 May 8;24(1):360–0.
73. Chan VWS, Abbas S, Brull R, Morrigl B, Perlas A. Ultrasound imaging for regional anesthesia. A practical guide. 2nd ed Toronto, ON: Toronto Publishing; 2008.
74. Koppenhaver SL, Hebert JJ, Parent EC, Fritz JM. Rehabilitative ultrasound imaging is a valid measure of trunk muscle size and activation during most isometric sub-maximal contractions: a systematic review. Australian Journal of Physiotherapy. 2009;55(3):153–69.
75. Franchi MV, Longo S, Mallinson J, Quinlan JI, Taylor T, Greenhaff PL, et al. Muscle thickness correlates to muscle cross-sectional area in the assessment of strength training-induced hypertrophy. Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports [Internet]. 2018 Mar 1;28(3):846–53. Available from: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5873262/
76. Aagaard P, Andersen JL, Dyhre-Poulsen P, Leffers AM, Wagner A, Magnusson SP, et al. A mechanism for increased contractile strength of human pennate muscle in response to

strength training: changes in muscle architecture. The Journal of Physiology [Internet]. 2001 Jul;534(2):613–23. Available from: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2278719/

77. Goodpaster BH, Park SW, Harris TB, Kritchevsky SB, Nevitt M, Schwartz AV, et al. The Loss of Skeletal Muscle Strength, Mass, and Quality in Older Adults: The Health, Aging and Body Composition Study. The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences. 2006 Oct 1;61(10):1059–64.
78. Sanada K, Kearns CF, Midorikawa T, Abe T. Prediction and validation of total and regional skeletal muscle mass by ultrasound in Japanese adults. European Journal of Applied Physiology [Internet]. 2006 Jan 1 [cited 2020 Jul 26];96(1):24–31. Available from: https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs00421-005-0061-0
79. Schoenfeld BJ, Pope ZK, Benik FM, Hester GM, Sellers J, Nooner JL, et al. Longer Interset Rest Periods Enhance Muscle Strength and Hypertrophy in Resistance-Trained Men. Journal of Strength and Conditioning Research [Internet]. 2016 Jul;30(7):1805–12. Available from: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26605807/
80. Kirmaci ZİK, Firat T, Özkur HA, Neyal AM, Neyal A, Ergun N. Muscle architecture and its relationship with lower extremity muscle strength in multiple sclerosis. Acta Neurologica Belgica. 2021 Aug 20;
81. Sahathevan S, Khor BH, Singh BKS, Sabatino A, Fiaccadori E, Daud ZAM, et al. Association of Ultrasound-Derived Metrics of the Quadriceps Muscle with Protein Energy Wasting in Hemodialysis Patients: A Multicenter Cross-Sectional Study. Nutrients. 2020 Nov 23;12(11):3597.
82. Lambell KJ, Tierney AC, Wang JC, Nanjayya V, Forsyth A, Goh GS, et al. Comparison of Ultrasound-Derived Muscle Thickness With Computed Tomography Muscle Cross-Sectional Area on Admission to the Intensive Care Unit: A Pilot Cross-Sectional Study. Journal of Parenteral and Enteral Nutrition. 2020 Apr 15;45(1):136–45.
83. PETAK, S; BARBU, CG; YU, EW., et al. The official positions of the International Society for Clinical Densitometry: body composition analysis reporting. J Clin Densitom. Vol. 16 p. 508–19, 2013.
84. Chang SH, Beason TS, Hunleth JM, Colditz GA. A systematic review of body fat distribution and mortality in older people. Maturitas. 2012 Jul;72(3):175-91. doi: 10.1016/j.maturitas.2012.04.004. Epub 2012 May 16. PMID: 22595204; PMCID: PMC3367099.

5. ARTIGO CIENTIFÍCO

A BIOIMPEDÂNCIA LOCALIZADA PODE SER UM BOM PREDITOR DA FORÇA MUSCULAR EM ADULTOS? UM ESTUDO COMPARATIVO COM AS MEDIDAS LOCALIZADAS DA DXA E DA ULTRASSONOGRAFIA

Maria Eduarda Fernandes Leite[1], Ezequiel Moreira Gonçalves[1].

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

RESUMO

Objetivo: Verificar a relação entre os valores obtidos pela avaliação muscular localizada da impedância bioelétrica (L-BIA), absorciometria por dupla emissão de raio-x (DXA) e ultrassonografia (US) com a força muscular determinada pelo dinamômetro isocinético em jovens saudáveis de ambos os sexos. **Métodos:** Trata-se de um estudo transversal, no qual 66 universitários (41 mulheres) de 18 a 30 anos, foram incluídos no estudo. Foram determinados, o tecido mole magro (TMM) e massa gorda (MG) total, da perna direita e da coxa pela DXA, os valores de resistência (R), reactância (Xc) e ângulo de fase (AngF) localizada nos músculos do quadríceps (coxa) por um equipamento de BIA tetrapolar e unifrequencia (50hHz) e a área de secção transversa (AST) e espessura muscular (EM) utilizando um equipamento de US modo B. O pico de torque (PT) e pico de torque médio (PTM) isométrico e isocinético de extensão do joelho foram obtidos utilizando o dinamômetro isocinético. **Resultados:** No sexo masculino o TMM total foi o melhor preditor dos parâmetros da força muscular explicando 68% e 63% do PT isométrico e isocinético, respectivamente. A Xc-coxa foi variável da BIA que apresentou maior relação com o PT isométrico (R^2ajust=0,43) e isocinético (R^2 ajust= 0,25). Já do US, a ASTRF foi variável que apresentou relação com o PT isométrico (R^2ajust=0,14) e isocinético (R^2 ajust= 0,20). Nas mulheres, o TMM da coxa foi a variável que melhor explicou a variação do PT isométrico (R^2ajust= 0,70) e PT isocinético (R^2ajust=0,66). Já a variável da BIA que melhor explicou o PT isométrico (42%; $p<0,001$) e isocinético (38% $p<0,001$) foram a R-coxa. A EMRF explicou 12% e 14% da variação PT do isométrico e isocinético, respectivamente. **Conclusão:** Nessa amostra, os parâmetros da BIA apresentaram uma relação negativa com a força muscular em ambos os sexos, sendo a R-coxa os melhores preditores no sexo feminino e a Xc-coxa no sexo masculino. Entretanto, os parâmetros da DXA foram o que melhor explicaram a força muscular isométrica e isocinética, nas mulheres, a medida localizada do TMM (TMM-coxa) e nos homens o TMM total. As variáveis do US, a apresentaram menor poder de explicação quando comparado com as outras variáveis. Nenhum dos parâmetros se mostraram preditores da força muscular, independentes do TMM, em ambos os sexos.

Palavras-chave: Dinamômetro de força muscular, Impedância Elétrica, Músculo Quadríceps.

INTRODUÇÃO

A análise de impedância bioelétrica (BIA), é um método portátil, prático e não invasivo de avaliação da composição corporal (1,2). Os parâmetros da BIA têm sido associados a integridade celular (3) e mortalidade por diversas doenças (4). Adicionalmente, estudos mostram que o ângulo de fase (AngF) derivado da BIA, está associado à diversos fatores como a qualidade muscular e funcionalidade (5), função muscular em idosos (6), aptidão aeróbica em diferentes faixas etárias (7), força e potência muscular em diversas populações (8,9).

As medidas da BIA também podem ser feitas em um grupo muscular específico, conhecidas como BIA localizada (L-BIA) (10) e os parâmetros obtidos pela L-BIA podem auxiliar na compreensão da fisiologia muscular em um segmento de interesse. Esse método se mostrou sensível para detectar lesões em jogadores profissionais (10,11,12), além de ser eficaz para monitorar alterações musculares durante o exercício de força (13) e estar associado a potência muscular (9) e desempenho em exercício no dinamômetro isocinético em mulheres jovens (14).

Outro método que pode ser utilizado na determinação de parâmetros da composição corporal localizada é a ultrassonografia (US), que permite visualizar os músculos em tempo real, sendo capaz de avaliar a qualidade muscular, morfologia, área de secção transversa (AST) e volume (15,16,17).

Um estudo realizado para verificar a relação entre a força e a espessura muscular (EM) medida por US encontrou que a EM foi independentemente relacionada à força muscular de extensão do tronco (18). O aumento da EM do quadríceps e tríceps braquial e da força muscular também foram observados em um estudo realizado com jovens treinados (19).

Adicionalmente, a US também se correlaciona com a absorciometria por dupla emissão de raio X (DXA) (20), o qual é considerado um método de referência por sua precisão e acurácia (21), que permite a avaliação de três componentes corporais, o conteúdo mineral ósseo (CMO), a massa gorda (MG) e o tecido mole magro (TMM), fornecendo medidas corporais totais e segmentares (21,22). A DXA também pode ser realizada de forma localizada selecionando uma região de interesse para a avaliação.

A avaliação utilizando a DXA mostrou que o aumento da MG absoluta e relativa são preditores de um pior desempenho de corrida e da força muscular (23). Os componentes da composição corporal apresentam uma forte relação com a força muscular (8,14), sendo que maiores níveis de força muscular, estão associados a um menor risco de desenvolvimento de doenças cardiovasculares, mortalidade por todas as causas (24) e aumento do desempenho em atletas (25,26).

No entanto, ainda não se têm claro se a avaliação muscular realizada de forma localizada (US, BIA e DXA) pode acrescentar

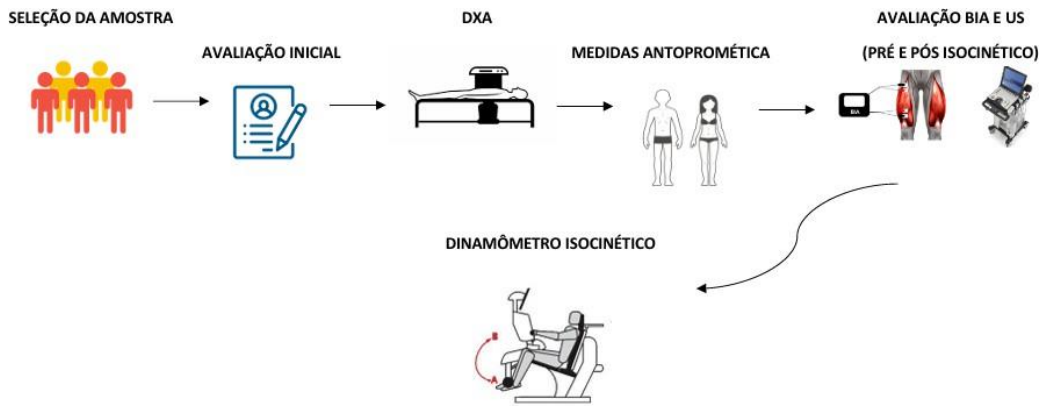
informações e fornecer novos parâmetros para a avaliação e acompanhamento da força muscular, possibilitando que essa ferramenta seja empregada como forma de monitoramento dos resultados do treino de força. Dessa forma, o objetivo do presente estudo foi de verificar a relação entre os valores obtidos pela avaliação muscular localizada da DXA, L-BIA e US com a força muscular de extensão de joelho determinada pelo dinamômetro isocinético em adultos saudáveis de ambos os sexos.

MÉTODOS

Desenho experimental e procedimentos éticos

Trata-se de um estudo transversal. A amostra foi composta por adultos, universitários, aparentemente saudáveis, de ambos os sexos. Após a seleção, os participantes compareceram ao Laboratório de Biodinâmica do Movimento Humano da Universidade Estadual do Norte do Paraná (UENP) para uma bateria de testes que foi iniciada pela avaliação da DXA, seguida das medidas antropométricas, L-BIA, US e por último, a avaliação da força muscular utilizando o dinamômetro isocinético (Figura 2), os testes foram realizados no mesmo dia para cada participante. O estudo foi desenvolvido de acordo com as normas da Resolução 466/96 do Conselho Nacional de Saúde sobre pesquisa envolvendo seres humanos. Todos os participantes após serem informados que a participação no estudo era voluntária, que poderiam desistir da participação a qualquer momento, sendo preservado o anonimato dos dados e serem esclarecidos sobre os objetivos e procedimentos do estudo, assinaram oTermo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE). O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da UENP (CAAE: 55537521.7.0000.8123).

Figura 02. Desenho experimental do estudo.



FONTE: Próprio autor.

Participantes

A amostra foi composta por 66 jovens universitários (41 mulheres e 25 homens). Como critérios de inclusão foram adotados: a) possuir acima de 18 anos e b) estar matriculado em um dos cursos da UENP. Como critérios de exclusão: a) não apresentar o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido assinado; b) apresentar doença, lesão e/ou limitação que a impossibilite de realizar os testes; c) estar fazendo o uso de algum tipo de suplementação e/ou de medicamento que possa interferir nos resultados dos testes; d) apresentar índice de massa corporal (IMC) ≥30kg/m²; e) apresentar idade acima de 30 anos. Foram incluídos 78 participantes. Desses, 2 foram excluídos por possuir idade acima de 30 anos, e 10 participantes foram excluídos por possuir IMC ≥30kg/m². Em nossa amostra, 39 participantes (59%) declararam realizar treinos de musculação de forma sistematizada por pelo menos 3 meses (17 homens 22 mulheres).

Medidas antropométricas

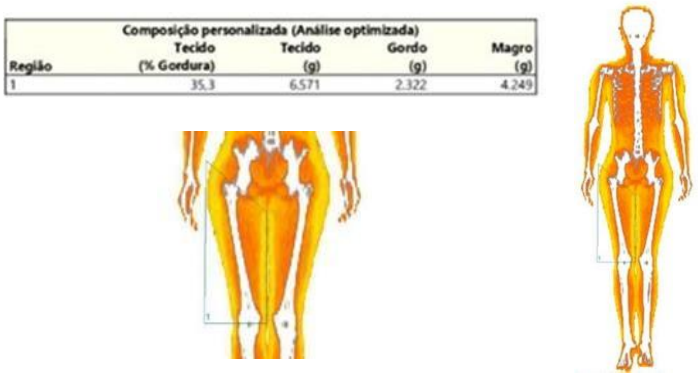
Para a avaliação da massa corporal foi utilizada uma balança digital, com precisão de 100 gramas. A estatura foi avaliada utilizando um estadiômetro, com precisão de 0,1 centímetro. Posteriormente, o IMC foi calculado por meio da divisão da massa corporal em quilogramas pela estatura em metros elevada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

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

Para a determinação da composição corporal, foi utilizado um equipamento de DXA, modelo *Lunar Prodigy Advance* (*GE Healthcare*). Os participantes permaneceram deitados em decúbito dorsal para a realização do escaneamento do corpo total. Foi solicitado aos participantes que utilizassem roupas que não possuíssem artefatos metálicos, além de remover quaisquer acessórios metálicos (ex: brincos, pulseiras, anéis). Foram determinados a MG em valores absolutos (kg) e percentuais (%MG) e o (TMM) de forma total de por segmentos. Todas as avaliações foram realizadas por um único técnico treinado e seguindo todas as orientações do fabricante. O coeficiente de variação relativo (CV%) e erro técnico percentual (ETM%) de nosso laboratório determinado no teste-reteste em 16 indivíduos em dias diferentes, foi de 0,03% e 1,03% para a MG e 0,004% e 0,61% para o TMM, CV% e ETM%, respectivamente. Para a determinação dessa área de interesse da coxa direita foi traçada uma linha diagonal tendo como referência a articulação coxofemoral e outra linha no polo superior da patela, conforme a Figura 03. 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 03. Análise de DXA localizada por área de interesse na região da coxa direita.



Composição personalizada (Análise optimizada)				
Região	Tecido (% Gordura)	Tecido (g)	Gordo (g)	Magro (g)
1	35.3	6.571	2.322	4.249

FONTE: Próprio autor.

Parâmetros da análise da impedância bioelétrica (BIA)

Foi utilizado um aparelho Bioeletrical Body Composition Analyzer, modelo *Quantum II (RJL Systems* – Detroit, EUA), tetrapolar, de unifrequência de 50 KHz. O equipamento fornece os valores de R e de Xc absolutos (ohms). A partir desses valores foi determinado o AngF, de acordo com a equação: AngF = arco-tangente (Xc/R) x 180/π. Para a avaliação localizada do quadríceps (coxa) foi utilizado o protocolo descrito anteriormente (9,14), o participante foi mantido em decúbito dorsal, com os eletrodos fixados 5 cm e 10 cm distalmente da espinha ilíaca ântero-inferior e 5 cm proximalmente do polo superior da patela (Figura 04). Devido a influência do tamanho do condutor elétrico nos parâmetros da BIA, todos os valores de R e Xc foram ajustados pelo comprimento da coxa e são apresentados em ohms/metros. A reprodutibilidade dos parâmetros fornecidos pelo nosso dispositivo para as variáveis da BIA foi determinada pelo CV% e ETM%, a partir de teste-reteste em dois dias diferentes, em 45 indivíduos para BIA-total e 31 indivíduos para a L-BIA, o %CV foi 0.01%, 0.04%, 0,95% e 0,28% para R-total, R-coxa, Xc-total e Xc-coxa, respectivamente, e o ETM% 0,81%, 1,58%, 1,45% e 4,24% para R-total, R-coxa, Xc-total e Xc-coxa, respectivamente.



Figura 04: Posicionamento dos eletrodos na BIA localizada (B) no quadríceps (9).

3.3.2 Ultrassom

Para determinar as medidas da ultrassonografia do músculo reto femoral (RF) da perna direita, foi utilizado um equipamento GE LOGIQ-e de alta resolução (GE Healthcare, Milwaukee, WI). Os participantes foram posicionados em decúbito dorsal e foi determinado o ponto médio entre a espinha ilíaca ântero-superior e o polo superior da patela. A partir do ponto médio foi determinado 2/3 da parte inferior da coxa, no qual o transdutor linear (4 a 12 MHz) foi posicionado no plano transversal. Foram determinadas a ASTRF e a EMRF analisadas diretamente no software do equipamento de US.

3.3.3 Teste no dinamômetro isocinético

Para a determinação da força de membro inferiores, foram realizados dois testes: um teste dinâmico (isocinético) e um teste isométrico, utilizando um dinamômetro isocinético poliarticular, Biodex®, modelo System 3 (*Biodex, NY, USA*), calibrado, por um único técnico treinado, conforme as especificações e recomendações do fabricante. Os participantes foram estabilizados na cadeira com dois cintos na região do tronco, um cinto na região da pelve e outro na coxa, para evitar contribuição dos membros superiores e a retroversão pélvica, ou mesmo uma possível contribuição de qualquer outra parte do corpo. Após um aquecimento de 3 minutos na bicicleta ergometria a 60 rpm, foram posicionados da forma adequada, foi realizada uma sessão de familiarização com uma série de dez repetições do movimento de extensão e flexão de joelho a 180º por segundo de velocidade angular, realizado com o membro inferior dominante. Após a familiarização, os participantes

realizaram um sorteio para determinar qual teste seria realizado no dia, a avaliação isocinética concêntrica para os músculos extensores e flexores de joelho da perna direita, na qual foram realizadas 5 repetições na velocidade angular de 60º por segundo ou realizavam o teste isométrico com a articulação do joelho mantida em 60º de flexão. Foram realizadas 5 repetições de cinco segundos cada e com um minuto de descanso entre elas. Os parâmetros isocinéticos com seus respectivos valores foram obtidos por um programa computadorizado, que acompanha o equipamento, o que permite a determinação do pico de torque (PT), maior valor atingido durante o teste e pico de torque médio (PTM), média dos maiores valores alcançados em cada série dos testes isocinético e isométrico. Os participantes realizaram o teste de força isométrica e isocinética em dias diferentes, com um mínimo de 48 horas e máximo uma semana entre eles.

Análise estatística

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

RESULTADOS

Foram observadas diferenças significativas ($p<0,001$) nas variáveis: estatura, massa corporal, ASTRF, EMRF, PT isométrico e isocinético e no TMM total, da perna e da coxa,

sendo maiores no sexo masculino em comparação ao feminino (Tabela 1). Já as variáveis R-coxa, Xc-coxa, MG total, da perna e da coxa e o %MG total e da perna direita foram superiores (p<0,001) no sexo feminino em comparação ao masculino (Tabela 1).

Tabela 1. Características gerais da amostra de acordo com sexo.

Variáveis	**Masculino (n=25)**		**Feminino (n=41)**		*t/Z*	*p-valor*
Idade (anos)	21,3	(5,0)	21,4	(4,3)	-0,69	NS
Estatura (cm)	177,6	± 7,3	163,2	± 7,3	7,78	<0,001
Massa corporal (kg)	73,8	(15,6)	60,5	(16,7)	-4,77	<0,001
IMC (kg/m^2)	23,8	± 2,7	22,7	± 2,6	1,54	NS
R-coxa (Ω/m) [A]	107,9	(22,3)	139,2	(24,5)	-5,17	<0,001
Xc-coxa (Ω/m) [A]	24,2	± 4,7	30,2	± 5,2	-4,61	<0,001
AngF-coxa (°) [A]	12,4	(1,6)	12,1	(2,2)	-1,00	NS
EMRF (cm)	1,7	± 0,4	1,4	± 0,3	3,64	0,001
ASTRF (cm^2)	4,3	± 1,7	2,9	± 1,2	-3,53	<0,001
MG-total (kg)	14,9	± 4,1	19,7	± 4,9	-4,06	<0,001
MG-perna (kg)	2,9	± 0,7	4,2	± 1,1	-4,95	<0,001
MG-coxa (kg)	1,7	± 0,5	3,1	± 0,9	-8,37	<0,001
TMM-total (kg)	57,4	±8,3	38,9	± 5,4	11,10	<0,001
TMM-perna (kg)	10,7	± 1,6	7,30	± 1,3	9,40	<0,001
TMM-coxa (kg)	7,1	± 1,3	5,4	± 1,0	5,93	<0,001
%MG-total (%)	19,6	± 3,8	32,1	± 4,7	-11,09	<0,001
%MG-perna (%)	20,5	± 3,7	35,0	± 5,1	-12,44	<0,001
%MG-coxa (%)	18,5	± 4,5	34,9	± 5,7	-12,28	<0,001
PT isométrico (Nm)	293,1	± 47,8	189,3	± 42,1	9,22	<0,001
PT isocinético (Nm)	243,0	± 60,5	160,0	± 37,1	6,93	<0,001

Valores em média ±desvio padrão ou mediana (intervalo interquartil); IMC: índice de massa corporal; R: resistência; Xc: Reactância; AngF: ângulo de fase; EMRF: espessura muscular reto femoral; ASTRF: área secção transversa reto femoral; MG: massa gorda; TMM: tecido mole magro; %MG: percentual de massa gorda; PT: pico de torque; PTM: pico de torque médio; NS: não significativo. [A] Masculino n=23; feminino n=39.

A tabela 2 apresenta as correlações entre as variáveis de força muscular e da composição corporal. No sexo masculino correlações positivas significativas foram observadas entre as variáveis MG da perna e da coxa (r= 0,50 a 0,54; p<0,001), do TMM total, da perna e da coxa (r=0,73 a 0,83; p<0,001) com as variáveis de força muscular. A Xc-coxa, apresentaram correlações negativas com os indicadores de força muscular (r=-0,53 a -0,68; p<0,05). A R-coxa apresentou correlação apenas com o PT isométrico (r=-0,51; p= 0,010). A ASTRF apresentou correlação significativa com PT isométrico e isocinético (r=0,42 e 0,49, respectivamente), sendo que EMRF se correlacionou apenas com o PT isocinético (r=0,48;

p<0,05). No sexo feminino, observamos correlações significativas positivas fortes entre o PT isométrico e isocinético com TMM total, da perna direita e da coxa (r=0,76 a 0,83; p<0,001). Foram observadas correlações positivas moderadas da EMRF e ASTRF com PT isométrico e isocinético (r= 0,34 a 0,40; p<0,05). Também foram observadas correlações significativas negativas entre os valores de R-coxa e Xc-coxa com as variáveis de força muscular (r=-0,46 a -0,67; p<0,05).

Tabela 2. Correlações entre os parâmetros da BIA, US e DXA com as variáveis de força isométrica e isocinética.

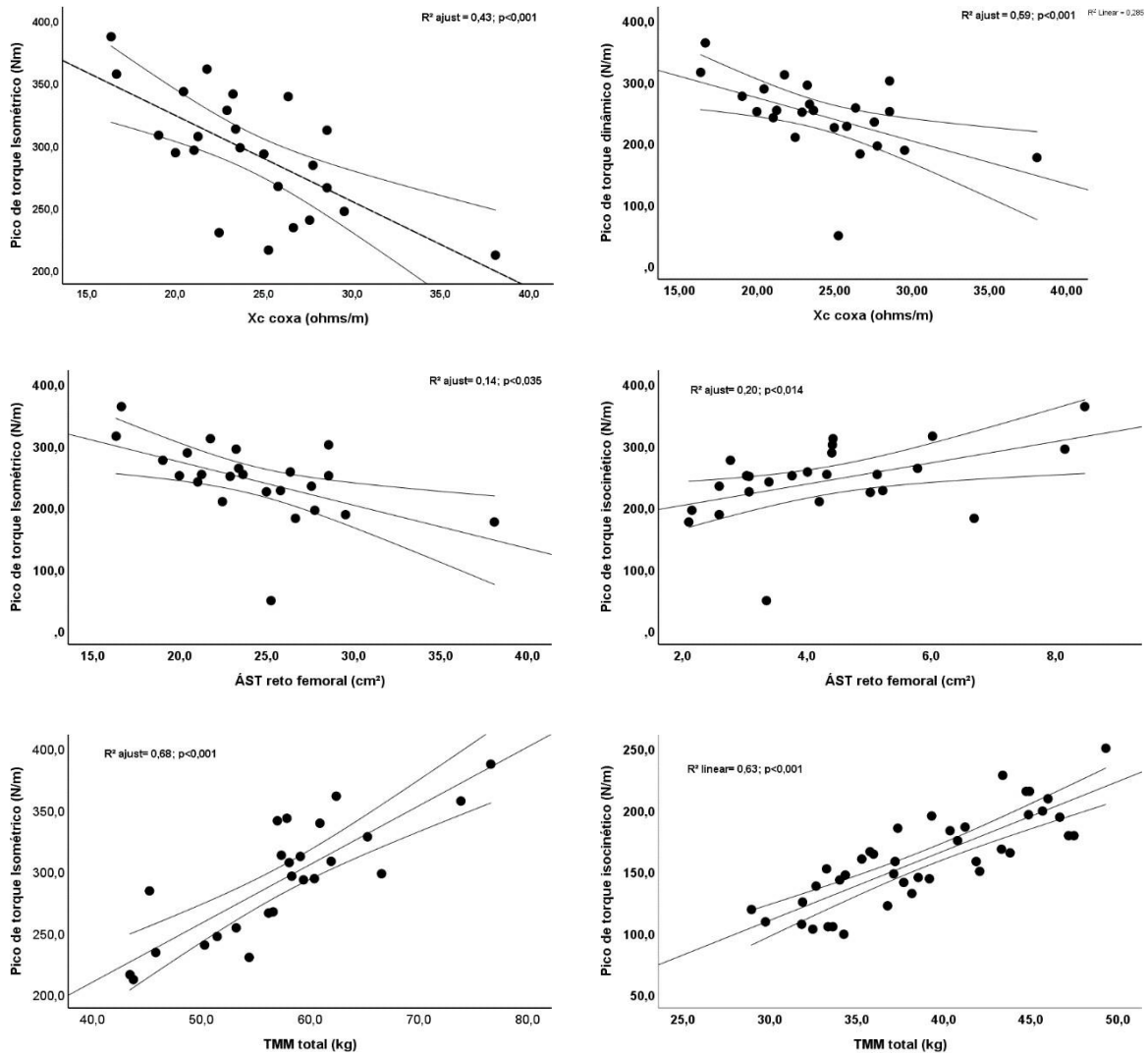
	Masculino		**Feminino**	
	PT Isométrico	**PT Isocinético**	**PT Isométrico**	**PT Isocinético**
R-coxa [A]	-0,51*	NS	-0,67*	-0,64*
Xc-coxa [A]	-0,67*	-0,53*	-0,46*	-0,46*
AngF-coxa [A]	NS	NS	NS	NS
EMRF (cm)	NS	0,48*	0,38*	0,40*
ASTRF (cm^2)	0,42*	0,49*	0,34*	0,35*
%MG-total	NS	NS	NS	NS
%MG-perna	NS	NS	NS	NS
%MG-coxa	NS	NS	NS	NS
MG-total	NS	0,43*	0,33*	0,36*
MG-perna	0,50*	0,50*	0,36*	0,34*
MG-coxa	0,54*	0,52*	0,32*	NS
TMM-total	0,83*	0,74*	0,79*	0,82*
TMM-perna	0,83*	0,79*	0,81*	0,82*
TMM-coxa	0,79*	0,73*	0,83*	0,83*

R: resistência; Xc: Reactância; AngF: ângulo de fase; EMRF: espessura muscular reto femoral; ARF: área de secção transversa reto femoral; MG: massa gorda; TMM: tecido mole magro; %MG: percentual de massa gorda; PT: pico de torque; PTM: pico de torque médio; NS: não significativo.

[A] Masculino n=23; feminino n=39. *correlações significativas, p<0,05

Ao utilizar o método stepwise, no sexo masculino o TMM total foi o melhor preditor dos parâmetros da força muscular explicando 68% e 63% do PT isométrico e isocinético, respectivamente (Figura 06). A Xc-coxa foi variável da BIA que apresentou maior relação com o PT isométrico (R^2ajust=0,43) e isocinético (R^2 ajust= 0,25). Já do US, a ASTRF foi variável que apresentou relação com o PT isométrico (R^2ajust=0,14) e isocinético (R^2 ajust= 0,20) (Figura 05).

Figura 05: Relação entre as variáveis de força e os parâmetros da L-BIA, US e DXA no sexo masculino.



Xc: Reactância; AST: área de secção transversa reto femoral; TMM: tecido mole magro; R² ajust: coefiente de explicação ajustado.

Analisando de forma localizada, no sexo masculino, o TMM da perna foi a variável que melhor explicou os parâmetros de força muscular (67% e 53% do PT isométrico e isocinético, respectivamente). Ambas as variáveis de força demonstraram uma relação significativa com a MG da perna e da coxa (R^2ajust= 0,23 a 0,26), diferente da EMRF e MG total, que apresentaram relação apenas com o PT isocinético (R^2ajust= 0,20 e 0,15), porém não foram observados valores significativos com o PT isométrico (R^2ajust= 0,11 e 0,11). Nenhum dos parâmetros demonstraram relações significativas de forma independente, nos modelos ajustados pelo TMM-total (Tabela 3).

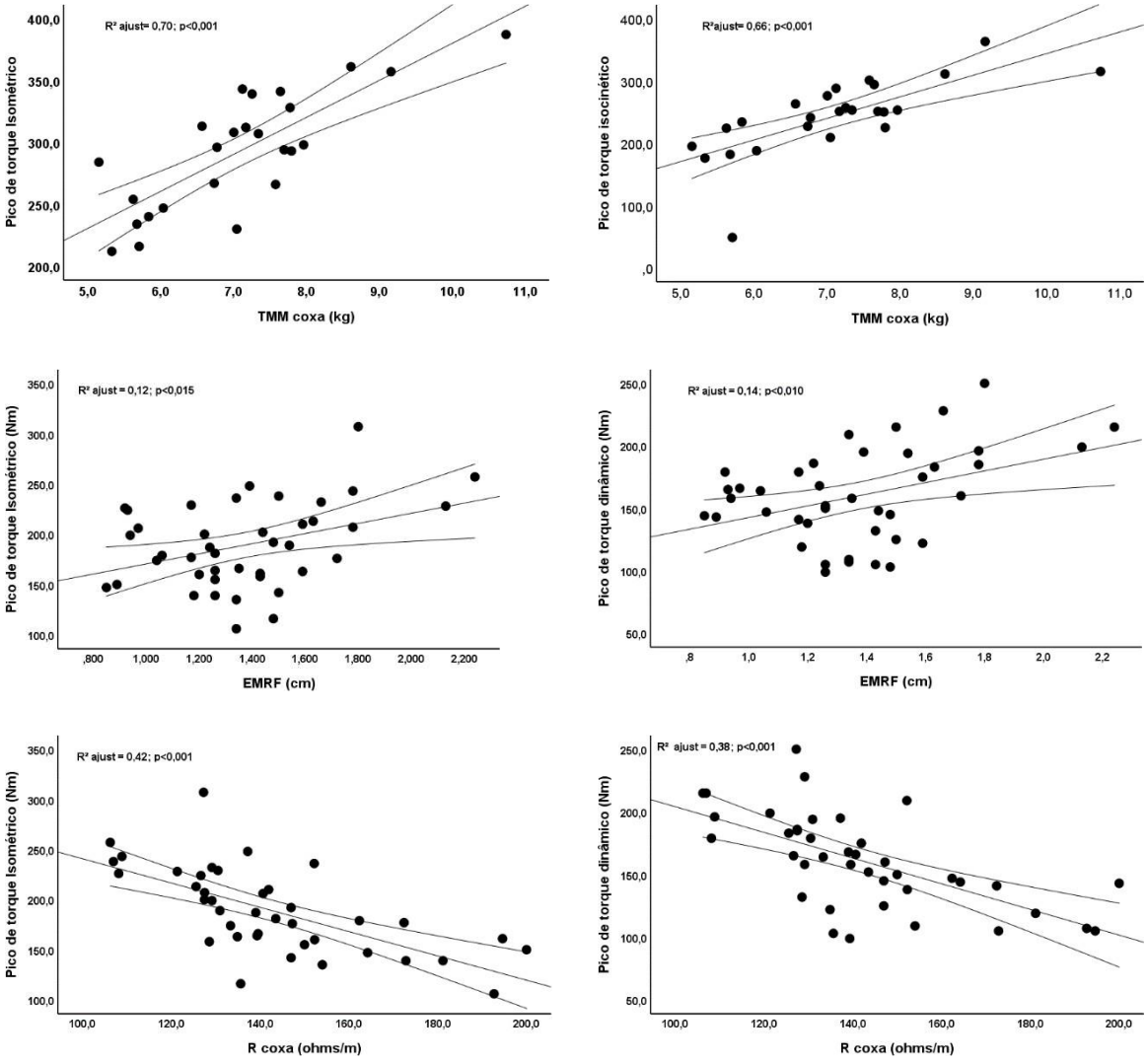
Tabela 3. Modelos de regressão linear brutos e ajustados pelo tecido mole magro total no sexo masculino.

	Masculino	***PT isométrico***				***PT isocinético***			
Modelo		***β***	***p-valor***	***R² ajust***	***p-valor***	***β***	***p-valor***	***R² ajust***	***p-valor***
1	R-coxa	-0,51	0,010	0,23	0,010	-	-	-	-
2	R-coxa	-0,13	0,377	0,66	<0,001	-	-	-	-
1	Xc-coxa	-0,67	<0,001	0,43	<0,001	-0,53	0,01	0,25	0,007
2	Xc-coxa	-0,15	0,403	0,66	<0,001	0,09	0,65	0,59	<0,001
1	EMRF	0,38	0,059	0,11	NS	0,48	0,14	0,20	0,014
2	EMRF	0,08	0,528	0,66	<0,001	0,22	0,12	0,63	<0,001
1	ASTRF	0,42	0,035	0,14	0,035	0,49	0,01	0,20	0,014
2	ASTRF	0,11	0,420	0,66	<0,001	0,20	0,16	0,63	<0,001
1	MG-total	0,39	0,055	0,11	NS	0,43	0,03	0,15	0,031
2	MG-total	-0,01	0,960	0,65	<0,001	0,07	0,63	0,60	<0,001
1	MG-perna	0,50	0,010	0,22	0,010	0,50	0,01	0,22	0,011
2	MG-perna	0,11	0,438	0,66	<0,001	0,12	0,42	0,60	<0,001
1	MG-coxa	0,54	0,005	0,26	0,005	0,52	0,01	0,23	0,008
2	MG-coxa	0,15	0,276	0,67	<0,001	0,14	0,35	0,61	<0,001
1	TMM-perna	0,83	<0,001	0,67	<0,001	0,74	<0,001	0,53	<0,001
1	TMM-coxa	0,79	<0,001	0,62	<0,001	0,73	0,00	0,51	<0,001

Modelo 2 ajustado pelo TMM total. IMC: índice de massa corporal; R: resistência; Xc: Reactância; AngF: ângulo de fase; EMRF: espessura muscular reto femoral; ASTRF: área de secção transversa reto femoral; MG: massa gorda; TMM: tecido mole magro; %MG: percentual de massa gorda; PT: pico de torque; PTM: pico de torque médio; NS: não significativo. [A] Masculino n=23; feminino n=39.

Nas mulheres, utilizando a regressão linear múltipla pelo o método *stepwise*, o TMM da coxa foi a variável que melhor explicou a variação do PT isométrico (R^2ajust= 0,696) e PT isocinético (R^2ajust=0,656). Já a variável da BIA que melhor explicou o PT isométrico (42%; p<0,001) e isocinético (38% p<0,001) foram a R total e da coxa. A EMRF explicou 12% e 14% da variação PT do isométrico e isocinético, respectivamente (Figura 06).

Figura 06: Relação entre as variáveis de força e os parâmetros da L-BIA, US e DXA no sexo feminino.



R: Resistência da coxa; EMRF: espessura muscular reto femoral;TMM: tecido mole magro.

Ainda nas mulheres, considerando os modelos brutos (Tabela 4), o TMM total foi o melhor preditor de força muscular, apresentando maior relação com o PT isométrico e isocinético (R²ajust= 0,64 e 0,67). A Xc-coxa e a ASTRF explicaram 19% e 10% de ambos os indicadores de força muscular, respectivamente. Já a MG total e da perna apresentaram poder de explicação variando entre 9% e 11%. Todos os parâmetros perderam a significância quando ajustados pelo TMM da coxa (Modelo 2) (Tabela 4).

Tabela 4. Modelos de regressão linear brutos e ajustados pelo tecido mole magro total no sexo feminino.

		PT isométrico				*PT isocinético*			
Modelo	***Feminino***	***β***	***p-valor***	***R² ajust***	***p-valor***	***β***	***p-valor***	***R² ajust***	***p-valor***
1	R-coxa	-0,66	<0,001	0,42	<0,001	-0,63	<0,001	0,38	<0,001
2	R-coxa	-0,21	NS	0,71	<0,001	-0,18	NS	0,69	<0,001
1	Xc-coxa	-0,46	<0,001	0,19	0,003	-0,46	<0,001	0,19	0,003
2	Xc-coxa	0,07	NS	0,68	<0,001	0,05	NS	0,67	<0,001
1	EMRF	0,38	0,02	0,12	0,015	0,40	0,01	0,14	0,010
2	EMRF	0,10	NS	0,68	<0,001	0,12	NS	0,68	<0,001
1	ASTRF	0,34	0,03	0,10	0,028	0,35	0,02	0,10	0,023
2	ASTRF	0,14	NS	0,69	<0,001	0,15	NS	0,69	<0,001
1	MG-total	0,33	0,03	0,09	0,033	0,36	0,02	0,09	0,033
2	MG-total	-0,70	NS	0,67	<0,001	-0,04	NS	0,67	<0,001
1	MG-perna	0,36	0,02	0,11	0,020	0,34	0,03	0,10	0,027
2	MG-perna	-0,05	NS	0,67	<0,001	-0,08	NS	0,67	<0,001
1	TMM-perna	0,79	<0,001	0,62	<0,001	0,82	<0,001	0,66	<0,001
1	TMM-total	0,81	<0,001	0,64	<0,001	0,82	<0,001	0,67	<0,001

Modelo 2 ajustado pelo TMM-coxa. IMC: índice de massa corporal; R: resistência; Xc: Reactância; AngF: ângulo de fase; EMRF: espessura muscular reto femoral; ASTRF: área secção transversa reto femoral; MG: massa gorda; TMM: tecido mole magro; %MG: percentual de massa gorda; PT: pico de torque; PTM: pico de torque médio; NS: não significativo. [A] Masculino n=23; feminino n=39.

DISCUSSÃO

Nesse estudo com adultos jovens de ambos os sexos, ao analisar a força muscular de extensão de joelho, no sexo masculino o TMM-total foi o melhor preditor, sendo que e no sexo feminino foi o TMM-coxa. Analisando os parâmetros da BIA, a Xc-coxa e R-coxa se mostraram as variáveis que melhor se relacionaram negativamente com a força muscular, nos homens e mulheres, respectivamente. Além disso, nos parâmetros do US, a EMRF foi o melhor preditor de força muscular no sexo feminino e o no sexo masculino foram a EMRF para PT isocinético e ASTRF para o PT isométrico e isocinético. As variáveis da BIA e do US perderam a significância nas relações com a força quando ajustados pelo TMM, mostrando que estas relações são dependente desse tecido.

Em nosso estudo foi encontrada uma relação negativa entre os valores de R-coxa e a força muscular em ambos os sexos (homens apenas com PT isométrico), sendo observado menores valores de R e maior TMM no sexo masculino, consequentemente também uma maior força muscular. Menores valores de R e maiores de massa isenta de gordura (MIG), água corporal total (ACT), extra (AEC) e intracelular (AIC) foram encontrados no sexo masculino, em estudos realizados com atletas (27,28). Considerando que valores mais baixos de R estão associados à uma menor oposição à corrente elétrica, o TMM, encontrado em maior quantidade

nos homens, contém grande quantidade de água e eletrólitos, facilitando a condutividade elétrica.

Um estudo realizado por SATO e colaboradores (29) observaram correlações negativas entre a força de extensão isométrica do joelho e a R intra e extracelular, medida por um equipamento multifrequência em homens saudáveis, isso pode ser explicado pelo fato da água corporal (ACT, AIC e AEC), apresentar uma forte relação com a MIG e uma R mais baixa estar associada a maiores concentrações de água (28).

Contrariando nossa hipótese, os valores de Xc-coxa apresentaram uma relação negativa com a força muscular, o que difere de estudos anteriores em adultos mais velhos utilizando a BIA de corpo total (30,31). Em nosso estudo, a Xc também apresentou uma correlação negativa com o TMM (dados não apresentados: -0,73 masculino; -0,58), o que parece ter refletido na relação negativa encontrada com a força muscular.

Resultados parecidos foram observados em atletas jovens de ambos os sexos, com a BIA de corpo total (27) e a associação entre o aumento da gordura infiltrada e a diminuição da força muscular também foi observada em uma população de adultos jovens (29). Acreditamos que maiores valores de Xc podem estar associados a infiltrações gordurosas no músculo, o que consequentemente diminuiria a força muscular. Estudos anteriores encontraram maiores valores de TMM e menores valores de Xc localizada no sexo masculino (32), uma diminuição da infiltração de gordura e um aumento da força muscular também foram observadas após um treinamento (33), dessa forma, analisando a baixa condutividade elétrica do tecido adiposo, maiores valores de Xc também foram encontrados em mulheres, com valores de MG significativamente maiores que os homens (28).

Em um estudo realizado por Stock e colaboradores (34), foi encontrado uma maior área de secção transversa nos homens, quando comparados ao sexo feminino, o que corrobora com nosso estudo, no qual a ASTRF foi o melhor preditor da força muscular no sexo masculino, além disso, outros estudos mostraram que a força extensora ou flexora do joelho também se correlaciona positivamente com a espessura muscular (35, 36, 37) e participantes de grupos de treinamento com uma maior espessura muscular do reto femoral atingiram uma maior carga no teste de força (38).

No entanto, uma baixa relação foi encontrada entre os parâmetros do US e a força muscular, a qual pode ser discutida considerando que a circunferência do reto femoral explica 31% da variância da força do quadríceps (39), dessa forma, outros músculos contribuem para a variação da força muscular, porém apenas o reto femoral foi avaliado em nosso estudo.

Um estudo anterior demonstrou que o TMM total apresentou uma correlação com o pico de torque e é o melhor preditor de desempenho em mulheres jovens (40) da mesma forma observada em nosso estudo no qual o TMM total foi o melhor preditor de força muscular,

apresentando maior relação com o PT isométrico e isocinético. O TMM da perna também se correlacionou com a força em adultos saudáveis (41) e em outras populações como por exemplo em crianças e adolescentes portadores de HIV (7), sendo assim, um aumento do TMM é observado com o aumento da força muscular (6,42,43), da mesma forma, a redução da força muscular apresenta uma relação com a redução do TMM (44).

Já em relação as análises localizadas, o TMM da coxa demonstrou correlações significativas para a força de extensão de joelho em mulheres (45), esse achado se corrobora com nosso estudo e podem ser explicados por resultados observados no percentual de massa muscular do DXA, onde o TMM da coxa dos homens representa 12% do percentual de TMM total, já nas mulheres representa 14%.

O presente estudo apresentou algumas limitações, como por exemplo uma falta de controle nutricional, sobre a prática de exercício físico e do estado de hidratação dos participantes, os quais podem ter influenciado nos resultados da BIA. Entretanto os participantes foram orientados previamente quanto as medidas necessárias, para que não houvesse interferência desses fatores. Por se tratar de um estudo transversal não se pode estabelecer uma causalidade das relações entre as variáveis.

No entanto, pontos fortes também podem ser relatados, como a utilização do DXA para a avaliação da composição corporal e a utilização do dinamômetro isocinético para avaliação da força muscular de quadríceps, sendo métodos considerados padrão ouro. Além disso, os dados encontrados, trazem novas informações que podem ser úteis, com aplicabilidade de forma prática para a população externa, como por exemplo, um melhor entendimento dos fatores que podem contribuir para a variação da força muscular e a eficiência de cada um deles.

CONCLUSÃO

Concluímos que nessa amostra de adultos saudáveis, os parâmetros da DXA que melhor explicaram a força muscular isométrica e isocinética, foram, no grupo feminino, a medida localizada do TMM (TMM-coxa) e no grupo masculino o TMM total. Já os parâmetros da BIA apresentaram uma relação negativa com a força muscular em ambos os sexos, sendo a R-coxa os melhores preditores no sexo feminino a Xc-coxa no sexo masculino. As variáveis do US, a EMRF e ASTRF apresentaram um menor poder de explicação quando comparado com as outras variáveis. Nenhum dos parâmetros analisados se mostraram preditores da força muscular, independentes do TMM, em ambos os sexos.

REFERÊNCIAS

1. Matias CN, Campa F, Nunes CL, Francisco R, Jesus F, Cardoso M, et al. Phase Angle Is a Marker of Muscle Quantity and Strength in Overweight/Obese Former Athletes. International Journal of Environmental Research and Public Health [Internet]. 2021 Jan 1 [cited 2023 Feb 4];18(12):6649. Available from:https://www.mdpi.com/1660-4601/18/12/6649
2. Kyle U. Bioelectrical impedance analysis?part I: review of principles and methods. Clinical Nutrition [Internet]. 2004 Oct;23(5):1226–43. Available from: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0261561404000937
3. Bellido D, García-García C, Talluri A, Lukaski H, José Manuel García-Almeida. Future lines of research on phase angle: Strengths and limitations. 2023 Apr 12;24(3):563–83. Available from: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC10090740/
4. Di Vincenzo O, Marra M, Sammarco R, Speranza E, Cioffi I, Scalfi L. Body composition, segmental bioimpedance phase angle and muscular strength in professional volleyball players compared to a control group. The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness. 2020 May;60(6).
5. Campa F, Toselli S, Mazzilli M, Gobbo LA, Coratella G. Assessment of Body Composition in Athletes: A Narrative Review of Available Methods with Special Reference to Quantitative and Qualitative Bioimpedance Analysis. Nutrients. 2021 May 12;13(5):1620.
6. Cunha PM, Nunes JP, Tomeleri CM, Nascimento MA, Schoenfeld BJ, Antunes M, et al. Resistance Training Performed With Single and Multiple Sets Induces Similar Improvements in Muscular Strength, Muscle Mass, Muscle Quality, and IGF-1 in Older Women. Journal of Strength and Conditioning Research. 2020 Apr;34(4):1008–16.
7. Martins PC, Alencar C, Silva AM, Augusto D. Phase angle and body composition: A scoping review. Clinical Nutrition ESPEN. 2023 Aug 1;56:237–50.
8. Matias CN, Campa F, Nunes CL, Francisco R, Jesus F, Cardoso M, et al. Phase Angle Is a Marker of Muscle Quantity and Strength in Overweight/Obese Former Athletes. International Journal of Environmental Research and Public Health [Internet]. 2021 Jan 1;18(12):6649. Available from: https://www.mdpi.com/1660-4601/18/12/6649
9. Oliveira NM, Fukuoka AH, Matias CN, Guerra-Júnior G, Gonçalves EM. Is muscle localized phase angle an indicator of muscle power and strength in young women? Physiological Measurement. 2023 Dec 1;44(12):125007.
10. 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. 2020 Sep 4;11.
11. Nescolarde L, Yanguas J, Lukaski H, Alomar X, Rosell-Ferrer J, Rodas G. Localized bioimpedance to assess muscle injury. Physiological Measurement [Internet]. 2013 Jan 28;34(2):237–45. Available from: http://europepmc.org/abstract/MED/23354019
12. Nescolarde L, Yanguas J, Lukaski H, Alomar X, Rosell-Ferrer J, Rodas G. Effects of muscle injury severity on localized bioimpedance measurements. Physiological Measurement [Internet]. 2014 Dec 11;36(1):27–42. Available from:https://upcommons.upc.edu/handle/2117/25145
13. Freeborn TJ, Fu B. Time-course bicep tissue bio-impedance changes throughout a fatiguing exercise protocol. Medical engineering & physics [Internet]. 2019 Jul;69:109–15. Available from: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31056402/
14. Fukuoka AH, de Oliveira NM, Matias CN, Teixeira FJ, Monteiro CP, Valamatos MJ, et al. Association between Phase Angle from Bioelectric Impedance and Muscular Strength and Power in Physically Active Adults. Biology [Internet]. 2022 Winter;11(9):1255. Available from: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36138734/

15. Bemben MG. Use of diagnostic ultrasound for assessing muscle size. Journal of strength and conditioning research [Internet]. 2002 Feb;16(1):103–8. Available from: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11834114/
16. Adler RS, Finzel KC. The Complementary Roles of MR Imaging and Ultrasound of Tendons. Radiologic Clinics of North America. 2005 Jul;43(4):771–807.
17. Mohammadrezaei N, Seyedhosseini J, Vahidi E. Validity of ultrasound in diagnosis of tendon injuries in penetrating extremity trauma. The American Journal of Emergency Medicine. 2017 Jul;35(7):945–8.
18. Miyachi R, Koike N, Kodama S, Miyazaki J. Relationship between trunk muscle strength and trunk muscle mass and thickness using bioelectrical impedance analysis and ultrasound imaging. Biomed Mater Eng. 2022;33(1):31-40. doi: 10.3233/BME-211218. PMID: 34250924.
19. Schoenfeld BJ, Pope ZK, Benik FM, Hester GM, Sellers J, Nooner JL, Schnaiter JA, Bond-Williams KE, Carter AS, Ross CL, Just BL, Henselmans M, Krieger JW. Longer Interset Rest Periods Enhance Muscle Strength and Hypertrophy in Resistance-Trained Men. J Strength Cond Res. 2016 Jul;30(7):1805-12. doi: 10.1519/JSC.0000000000001272. PMID: 26605807.
20. Abe T, Fujita E, Thiebaud RS, Loenneke JP, Akamine T. Ultrasound-Derived Forearm Muscle Thickness Is a Powerful Predictor for Estimating DXA-Derived Appendicular Lean Mass in Japanese Older Adults. Ultrasound in Medicine & Biology. 2016 Sep;42(9):2341–4.
21. González-Ruíz K, Medrano M, Correa-Bautista J, García-Hermoso A, Prieto-Benavides D, Tordecilla-Sanders A, et al. Comparison of Bioelectrical Impedance Analysis, Slaughter Skinfold-Thickness Equations, and Dual-Energy X-ray Absorptiometry for Estimating Body Fat Percentage in Colombian Children and Adolescents with Excess of Adiposity. Nutrients. 2018 Aug 14;10(8):1086.
22. Chaves LGC de M, Gonçalves TJM, Bitencourt AGV, Rstom RA, Pereira TR, Velludo SF. Assessment of body composition by whole-body densitometry: what radiologists should know. Radiologia Brasileira [Internet]. 2022 Aug 26;55(5):305–11. Available from: https://www.scielo.br/j/rb/a/xCP7kTVvddp4Qr9FG9PD8CN/?lang=en
23. Mattila VM, Tallroth K, Marttinen M, Pihlajamäki H. Body Composition by DEXA and Its Association With Physical Fitness in 140 Conscripts. Medicine & Science in Sports & Exercise [Internet]. 2007 Dec 1;39(12):2242–7. Available from: https://journals.lww.com/acsm-msse/Fulltext/2007/12000/Body_Composition_by_DEXA_and_Its_Association_With.19.aspx
24. Qiu S, Wang Q, Chen W, Xie B, Wang D, Cai X, et al. Cumulative Muscle Strength and Risk of Cardiovascular Disease and All-cause mortality: A Prospective Cohort Study. Archives of Medical Research. 2023 Apr;54(3):261–9.
25. Suchomel T, Nimphius S, Stone M. The Importance of Muscular Strength in Athletic Performance [Internet]. Sports medicine (Auckland, N.Z.). 2016. Available from: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26838985/
26. Mujika I, Rønnestad BR, Martin DT. Effects of Increased Muscle Strength and Muscle Mass on Endurance-Cycling Performance. International Journal of Sports Physiology and Performance. 2016 Apr;11(3):283–9.
27. Marini E, Campa F, Buffa R, Stagi S, Matias CN, Toselli S, et al. Phase angle and bioelectrical impedance vector analysis in the evaluation of body composition in athletes. Clinical Nutrition [Internet]. 2020 Feb 1;39(2):447–54. Available from: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0261561419300706

28. Francisco R, Matias CN, Santos DA, Campa F, Cláudia Minderico, Rocha P, et al. The Predictive Role of Raw Bioelectrical Impedance Parameters in Water Compartments and Fluid Distribution Assessed by Dilution Techniques in Athletes. International Journal of Environmental Research and Public Health. 2020 Jan 24;17(3):759–9.
29. Manini TM, Clark BC, Nalls MA, Goodpaster BH, Ploutz-Snyder LL, Harris TB. Reduced physical activity increases intermuscular adipose tissue in healthy young adults. The American Journal of Clinical Nutrition [Internet]. 2007 Feb 1;85(2):377–84. Available from: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17284732/
30. Nunes JP, Ribeiro AS, Silva AM, Schoenfeld BJ, Dos Santos L, Cunha PM, et al. Improvements in Phase Angle Are Related With Muscle Quality Index After Resistance Training in Older Women. Journal of aging and physical activity [Internet]. 2019 Jan;27(4):515–20. Available from: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30507279/
31. Kolodziej M, Ignasiak Z, Ignasiak T. Relationship Between Bioelectrical Impedance Parameters and Appendicular Muscle Functional Quality in Older Adults from South-Western Poland. Clinical Interventions in Aging. 2021 Feb;Volume 16:245–55.
32. Mascherini G. Differences between the sexes in athletes body composition and lower limb bioimpedance values. Muscles, Ligaments and Tendons Journal. 2017;7(4):573.
33. Flor-Rufino C, Barrachina-Igual J, Pérez-Ros P, Pablos-Monzó A, Sanz-Requena R, Martínez-Arnau FM. Fat infiltration and muscle hydration improve after high-intensity resistance training in women with sarcopenia. A randomized clinical trial. Maturitas. 2023 Feb;168:29-36. doi: 10.1016/j.maturitas.2022.09.001. Epub 2022 Nov 4. PMID: 36423489.
34. Stock MS, Oranchuk DJ, Burton AM, Phan DC. Age-, sex-, and region-specific differences in skeletal muscle size and quality. Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism. 2020 Nov;45(11):1253–60.
35. Kirmaci ZİK, Firat T, Özkur HA, Neyal AM, Neyal A, Ergun N. Muscle architecture and its relationship with lower extremity muscle strength in multiple sclerosis. Acta Neurologica Belgica. 2021 Aug 20;
36. Li X, Li J, Qing L, Wang H, Ma H, Huang P. Effect of quadriceps training at different levels of blood flow restriction on quadriceps strength and thickness in the mid-term postoperative period after anterior cruciate ligament reconstruction: a randomized controlled external pilot study. BMC Musculoskeletal Disorders. 2023 May 8;24(1):360–0.
37. Yoshiko A, Beppu M, Chosa N, Watanabe K. Unique Characteristics of Quadriceps Muscle Morphology and Function in Older Tennis Players. Journal of Aging and Physical Activity. 2021;1–8.
38. De Oliveira SN, Zapello GMB, Knihs DA, Fischer G, Moro ARP. Muscle Architecture and Maximal Strength between Male Practitioners of Functional Fitness Training and Strength Training. Int J Exerc Sci. 2023 Aug 1;16(7):1142-1153. doi: 10.70252/QKEB4935. PMID: 38287937; PMCID: PMC10824305
39. El-Ansary D, Marshall CJ, Farragher J, Annoni R, Schwank A, McFarlane J, Bryant A, Han J, Webster M, Zito G, Parry S, Pranata A. Architectural anatomy of the quadriceps and the relationship with muscle strength: An observational study utilising real-time ultrasound in healthy adults. J Anat. 2021 Oct;239(4):847-855. doi: 10.1111/joa.13497. Epub 2021 Aug 29. PMID: 34458993; PMCID: PMC8450473.
40. Fukuoka AH, Oliveira NM, Matias CN, Guariglia DA, Guerra-Júnior G, Gonçalves EM. Association between muscle-localized bioelectrical impedance analysis parameters and performance in a multi-set exercise on the isokinetic dynamometer in young women. Eur J Sport Sci. 2024 Sep;24(9):1319-1327. doi: 10.1002/ejsc.12167. Epub 2024 Aug 6. PMID: 39106159; PMCID: PMC11369348.

41. Bourgeois B, Fan B, Johannsen N, Gonzalez MC, Ng BK, Sommer MJ, Shepherd JA, Heymsfield SB. Improved strength prediction combining clinically available measures of skeletal muscle mass and quality. J Cachexia Sarcopenia Muscle. 2019 Feb;10(1):84-94. doi: 10.1002/jcsm.12353. Epub 2018 Oct 29. PMID: 30371008; PMCID: PMC6438415.
42. Pina FLC, Nunes JP, Schoenfeld BJ, Nascimento MA, Gerage AM, Januário RSB, Carneiro NH, Cyrino ES, Oliveira AR. Effects of Different Weekly Sets-Equated Resistance Training Frequencies on Muscular Strength, Muscle Mass, and Body Fat in Older Women. J Strength Cond Res. 2020 Oct;34(10):2990-2995. doi: 10.1519/JSC.0000000000003130. PMID: 30908365.
43. Tomeleri CM, Cavalcante EF, Antunes M, Nabuco HCG, de Souza MF, Teixeira DC, et al. Phase Angle Is Moderately Associated With Muscle Quality and Functional Capacity, Independent of Age and Body Composition in Older Women. Journal of Geriatric Physical Therapy. 2019 Oct;42(4):281–6.
44. Kassiano W, Costa B, Nunes JP, Cyrino LT, Nascimento MA, Tomeleri C, et al. Muscular strength and skeletal muscle mass in 511 physically independent older women aged 60-88 years. Experimental gerontology [Internet]. 2022 Sep;166:111867. Available from: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35690259/
45. Raymond-Pope CJ, Dengel DR, Fitzgerald JS, Bosch TA. Association of Compartmental Leg Lean Mass Measured by Dual X-Ray Absorptiometry With Force Production. Journal of Strength and Conditioning Research. 2020 Jun;34(6):1690–9.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Estudar a composição corporal e o desempenho muscular me possibilitou expandir conhecimento em relação aos diversos métodos de avaliação, e a importância e qualidade de cada um deles. Analisando separadamente, estudar a BIA me fez observar o comportamento dos diferentes tecidos do corpo em resposta à aplicação de uma corrente elétrica e poder compreender como os parâmetros fornecidos por ela podem estar relacionados à diversas características e respostas à estímulos.

Analisar a L-BIA, entender como ela pode detectar os diferentes tipos de lesão muscular, e avaliar as respostas do corpo ao exercício possibilitou uma maior especificidade ao nosso estudo, no qual foi observado algumas associações com parâmetros de outros métodos de avaliação.

A ultrassonografia, método considerado seguro e rápido, possibilitou em nosso estudo compreendermos sua relação com os parâmetros da força muscular, e identificar o poder de explicação baixo. Além disso, também foi possível utilizarmos de forma enriquecedora o DXA, sendo de extrema importância compreender que, apesar de haver outros indicadores de força muscular, o tecido mole magro é determinante para o desempenho da força.

Com isso, esperamos que o presente estudo possa contribuir para uma avaliação mais completa de indivíduos em programas de treinamento de força, ou até mesmo de pacientes em reabilitação**.**

APÊNDICES

Apêndice 1 – Termo de consentimento livre e esclarecido

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

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

Pesquisador: Aryanne Hydeko Fukuoka Bueno

Orientador: Ezequiel Moreira Gonçalves

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

Por favor, leia com atenção todo o documento e com calma, caso haja dúvidas, pergunte ao pesquisador, a quaisquer momento, 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.

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

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

Rubrica do pesquisador: _____ Rubrica do participante: _____

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Rubrica do pesquisador: _____ Rubrica do participante: _____

Benefícios

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

Riscos e Desconfortos

Para que não haja desconforto durante a avaliação, você será avaliada por uma pessoa capacitada, e se preferir, sendo do mesmo sexo. Os dois avaliadores sempre estarão na sala. O exame da BIA não oferece qualquer risco, visto que só necessita que você fique deitada enquanto o exame ocorre. Devido a necessidade de estar em jejum por conta do exame, caso venha a sentir queda de pressão ou mal estar por qualquer outro motivo, estaremos prontos para atende-lo rapidamente, ofertando alimentos e água, bem como leva-lo ao centro de saúde mais próximo, caso seja necessário. O exame do DXA não oferece desconforto, indolor e a exposição à radiação é mínima, apenas é necessário que fique parado por alguns minutos. O teste de salto vertical não oferece risco se for realizado da maneira correta, mas caso se desequilibre ao realizar o movimento de salto e ocorra uma queda, será prestado todo o atendimento imediatamente. O teste de wingate exige um grande esforço, podendo causar náuseas e vômito, e caso você se sinta mal, poderá desistir do teste a qualquer momento, sem nenhum prejuízo, sendo prestado os devidos atendimentos por imediato. O teste de no dinamômetro isocinético não oferece riscos, pois deverá apenas estar sentado e realizar o movimento de esticar e dobrar a perna. O teste de força máxima (1RM) não oferece riscos, pois será realizada em uma máquina, e caso não suporte o peso colocado, terá uma trava de segurança para que não venha a machuca-lo, sem contar que o pesquisador estará presente durante a avaliação e atento para possíveis divergências. Caso ocorra qualquer tipo de queda e/ou mal estardurante os testes de desempenho, será prestado o atendimento imediato e se necessário, será levado até o centro de saúde mais próximo para receber os devidos cuidados, sem custo algum para você. **Todos os protocolos para evitar a transmissão e propagação do COVID-19 serão adotados, como o uso de máscaras e álcool em gel, sendo higienizados todos os equipamentos antes e após cada avaliação, higienização das mãos, bem como manter o distanciamento adequado.** Qualquer outro problema, riscoou dano que venha a surgir decorrente da pesquisa que não esteja previsto neste documento a você, duranteou 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 depublicação 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 serobtidos pelo e-mail: aryanneuenp@gmail.com ou pelo telefone (15) 99824-0261. Denúncias ou queixas podem ser feitas a qualquer momento ao Comitê de Ética em Pesquisa (CEP).

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

Consentimento livre e esclarecido:

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

Nome do participante:_____Data de nasc.:___/___/_____

Local/data: _____

Endereço:_____Telefone: (___) _____

Responsabilidade do pesquisador:

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

Assinatura:_____Pesquisador:_____Data:___/_____

Rubrica do pesquisador: _____ Rubrica do participante: _____

ANEXOS

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

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE DO PARANÁ - UENP

PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DA EMENDA

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

Pesquisador: Ezequiel Moreira Gonçalves

Área Temática:

Versão: 3

CAAE: 55537521.7.0000.8123

Instituição Proponente: UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE DO PARANA

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 6.785.241

Apresentação do Projeto:

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

Objetivo da Pesquisa:

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

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

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

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

Avaliação dos Riscos e Benefícios:
Não foram alterados.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:
Apresentou Carta Justificativa da Emenda de forma adequada.
Os critérios de inclusão e exclusão abrangem:
Critério de Inclusão:
Ser da região de Jacarezinho/PR (atletas e controles);
Idade entre 18 a 40 anos (atletas e controles);
Praticantes a pelo menos seis meses de alguma modalidade esportiva, com frequência mínima de duas vezes por semana (atletas).
Critério de Exclusão:
Não apresentar o termo de consentimento livre e esclarecido assinado;
Apresentar qualquer tipo doença, de limitação e/ou lesão que impossibilite de realizar o teste ou possa interferir nos resultados;
Estar fazendo o uso de algum tipo de suplemento e/ou medicamento que possa interferir nos resultados dos testes.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:
Conforme informações constantes nos anexos, o protocolo de pesquisa apresenta os termos de apresentação obrigatória:
A- Folha de rosto assinada e carimbada (ADEQUADO);
B- TCLE (ADEQUADO);
C- Projeto completo (ADEQUADO);
D- Termo de anuência do local onde o estudo será desenvolvido (ADEQUADO);
E- Orçamento (ADEQUADO);
F- Cronograma (ADEQUADO);
G- Carta Justificativa da Emenda (ADEQUADO).
Apresentou documentos que contemplam a emenda.

Recomendações:

não há.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Não há óbices éticos para emenda apresentada.

Considerações Finais a critério do CEP:

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

Após o término da pesquisa encaminhar relatório final ao CEP.

Atenciosamente,

CEP/UENP

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

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

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

TABELA SUPLEMENTAR

TABELA 01. MATRIZ DE CORRELAÇÃO

	R coxa	Xc coxa	AngF coxa	TMM coxa	TMM total	TMM PD	MG Pernas	MG Coxa	MG Total	%MG PD	%MG Total	%MG Coxa	EMRF US	AST US
R coxa	1,00	,647**	-,353**	-,783**	-,784**	-,771**	,386**	,516**	,379**	,763**	,738**	,764**	-,532**	-,551**
Xc coxa	,647**	1,00	,383**	-,757**	-,724**	-,762**	-0,04	0,13	-0,04	,393**	,348**	,387**	-,355**	-,336**
AngF coxa	-,353**	,383**	1,00	0,01	0,07	0,01	-,465**	-,436**	-,467**	-,410**	-,433**	-,420**	0,18	0,24
TMM coxa	-,783**	-,757**	0,01	1,00	,931**	,951**	-0,03	-0,23	0,00	-,577**	-,530**	-,587**	,514**	,482**
TMM total	-,784**	-,724**	0,07	,931**	1,00	,974**	-0,16	-,388**	-0,11	-,683**	-,662**	-,695**	,473**	,475**
TMM PD	-,771**	-,762**	0,01	,951**	,974**	1,00	-0,10	-,337**	-0,06	-,651**	-,605**	-,656**	,485**	,471**
MG pernas	,386**	-0,04	-,465**	-0,03	-0,16	-0,10	1,00	,949**	,909**	,793**	,779**	,785**	-,288*	-,384**
MG coxa	,516**	0,13	-,436**	-0,23	-,388**	-,337**	,949**	1,00	,870**	,904**	,892**	,906**	-,348**	-,430**
MG Total	,379**	-0,04	-,467**	0,00	-0,11	-0,06	,909**	,870**	1,00	,702**	,794**	,715**	-0,21	-,294*
%MG PD	,763**	,393**	-,410**	-,577**	-,683**	-,651**	,793**	,904**	,702**	1,00	,950**	,992**	-,501**	-,552**
%MG Total	,738**	,348**	-,433**	-,530**	-,662**	-,605**	,779**	,892**	,794**	,950**	1,00	,964**	-,442**	-,501**
%MGCoxa	,764**	,387**	-,420**	-,587**	-,695**	-,656**	,785**	,906**	,715**	,992**	,964**	1,00	-,501**	-,547**
EMRF US	-,532**	-,355**	0,18	,514**	,473**	,485**	-,288*	-,348**	-0,21	-,501**	-,442**	-,501**	1,00	,910**
AST US	-,551**	-,336**	0,24	,482**	,475**	,471**	-,384**	-,430**	-,294*	-,552**	-,501**	-,547**	,910**	1,00

*Correlações significacativas, p<0.05. **Correlações significacativas, p<0.05