



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE CIÊNCIAS MÉDICAS

RAQUEL DAVID LANGER

**ÂNGULO DE FASE DETERMINADO PELA IMPEDÂNCIA BIOELÉTRICA:
INFLUÊNCIA DO TREINAMENTO FÍSICO E A RELAÇÃO COM A FORÇA
MUSCULAR EM JOVENS SAUDÁVEIS**

CAMPINAS

2021

RAQUEL DAVID LANGER

**ÂNGULO DE FASE DETERMINADO PELA IMPEDÂNCIA BIOELÉTRICA:
INFLUÊNCIA DO TREINAMENTO FÍSICO E A RELAÇÃO COM A FORÇA
MUSCULAR EM JOVENS SAUDÁVEIS**

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Médicas da Universidade Estadual de Campinas como parte dos requisitos exigidos para a obtenção do título de Doutora em Ciências, na área de Saúde da Criança e do Adolescente.

Orientador: Dr. Ezequiel Moreira Gonçalves

ESTE TRABALHO CORRESPONDE À VERSÃO
FINAL DA TESE DEFENDIDA PELA ALUNA
RAQUEL DAVID LANGER E ORIENTADA PELO
PROF. DR. EZEQUIEL MOREIRA GONÇALVES.

CAMPINAS

2021

Ficha catalográfica
Universidade Estadual de Campinas
Biblioteca da Faculdade de Ciências Médicas
Maristella Soares dos Santos - CRB 8/8402

L262a Langer, Raquel David, 1985-
Ângulo de fase determinado pela impedância bioelétrica : influência do treinamento físico e a relação com a força muscular em jovens saudáveis / Raquel David Langer. – Campinas, SP : [s.n.], 2021.

Orientador: Ezequiel Moreira Gonçalves.
Tese (doutorado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Ciências Médicas.

1. Impedância bioelétrica. 2. Massa magra. 3. Treinamento físico. 4. Força muscular. I. Gonçalves, Ezequiel Moreira, 1977-. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Ciências Médicas. III. Título.

Informações para Biblioteca Digital

Título em outro idioma: Phase angle determined by bioelectrical impedance : influence of physical training and relationship with muscle strength among healthy young

Palavras-chave em inglês:

Electric impedance

Lean mass

Physycal training

Muscular strength

Área de concentração: Saúde da Criança e do Adolescente

Titulação: Doutora em Ciências

Banca examinadora:

Ezequiel Moreira Gonçalves [Orientador]

Ana Catarina Francisco Nunes Matias

Diego Augusto Santos Silva

Roseane de Fatima Guimarães Czelusniak

Tathiane Krahenbuhl

Data de defesa: 27-07-2021

Programa de Pós-Graduação: Saúde da Criança e do Adolescente

Identificação e informações acadêmicas do(a) aluno(a)

- ORCID do autor: <https://orcid.org/0000-0002-9098-1863>

- Currículo Lattes do autor: <http://lattes.cnpq.br/2384582995450051>

COMISSÃO EXAMINADORA DA DEFESA DE DOUTORADO

RAQUEL DAVID LANGER

ORIENTADOR: Dr. Ezequiel Moreira Gonçalves

MEMBROS:

- 1. Prof. Dr. Ezequiel Moreira Gonçalves**
 - 2. Profa. Dra. Ana Catarina Francisco Nunes Matias**
 - 3. Prof. Dr. Diego Augusto Santos Silva**
 - 4. Profa. Dra. Roseane de Fátima Guimarães Czelusniak**
 - 5. Profa. Dra. Tathiane Krahenbühl**
-

Programa de Pós-Graduação em Saúde da Criança e do Adolescente da Faculdade de Ciências Médicas da Universidade Estadual de Campinas.

A ata de defesa com as respectivas assinaturas dos membros encontra-se no SIGA/Sistema de Fluxo de Dissertação/Tese e na Secretaria do Programa da FCM.

Data de Defesa: 27/07/2021

AGRADECIMENTOS

Gostaria primeiramente de agradecer as pessoas mais importantes durante a trajetória da minha vida. Aos meus pais, Lorenzo e Yara, muito obrigada pela educação, carinho, amor e dedicação durante todos esses anos de vida. Amo muito vocês!

Ao meu marido Kell pelo amor, companheirismo, suporte e oportunidades, por sempre acreditar no meu potencial, me incentivar nos momentos de desânimo e por me ajudar a crescer durante toda essa trajetória. Obrigada por compreender e aceitar os tantos e longos momentos de minha ausência durante todo o processo que foi esse Doutorado.

Aos meus irmãos Mú, Má e Fer, e minhas cunhadas Jú e Gabi, pelos momentos agradáveis e descontraídos, além de me presentear com sobrinhas e sobrinhos lindos e queridos que foram fundamentais para os meus momentos de alegria e lazer.

Agradeço ao meu orientador Dr. Ezequiel M. Gonçalves pelo convite para trabalharmos novamente, pela sua dedicação, discussões e confiança desde a construção do projeto, do incentivo para fazer o período de sanduíche e principalmente na fase final em que os planos foram todos alterados. Sua sabedoria foi fundamental para a conclusão deste trabalho. Muito obrigada!

A minha orientadora no exterior Dra. Berit L. Heitmann, que durante o período de sanduíche em Copenhagen foi sempre atenciosa, presente, paciente e disposta a ajudar, principalmente por compreender a dificuldade e o choque cultural durante os seis meses de experiência na Dinamarca. *Tak skal du have!*

Também gostaria de agradecer a *parça* querida de todos os momentos, Dra. Rô. Uma parceria que se iniciou durante o meu mestrado, se fortaleceu no meu Doutorado e que acabou rendendo publicações robustas e uma amizade que levarei para sempre. Muito obrigada pelo carinho, amizade, atenção e profissionalismo que sempre teve ao longo desses anos.

Ao professor Dr. Gil Guerra-Júnior, que com o seu profissionalismo tornou este trabalho possível e não mediu esforços contribuindo de forma positiva durante a minha trajetória na pós-graduação. Muito obrigada!

Gostaria de agradecer ao professor Dr. Anderson M. de Moraes, por estar sempre disponível, além de participar e acompanhar o meu crescimento profissional desde a minha graduação, mestrado e agora no doutorado. Suas contribuições foram valiosas ao longo dessa jornada. Obrigada pela confiança, Anderson!

Agradeço em especial ao casal NatErika pelo suporte, ensinamento e paciência, que gentilmente nos acolheram quando chegamos em Boston. Pela amizade, viagens, churrascos, *band practice*, SUP, hiking, camping e por todos os outros momentos de descontração e ensinamentos que tornaram mais prazerosa essa fase final do Doutorado. *Thanks, bye!*

Aos colegas do *Grupo de Estudos em Crescimento, Composição Corporal e Atividade Física* do CIPED, que participaram e auxiliaram nas coletas de dados da pesquisa: Augusto, Camila, Cirolini, Juan, Juliano, Mauro, Tathy e Vinícius.

Agradeço também aos novos colegas do *Grupo Orientandos do Zeique* pelo suporte semanal das leituras, apresentações e discussões: Aryanne, Dú, Núbia, Marcelo e Odair. Valeu galera!

Meu agradecimento também aos funcionários do CIPED/FCM, Daniel, Márcia, Miltinho e Rosa, que sempre foram atenciosos, gentis e dispostos a ajudar quando precisei. Muito obrigada!

Agradeço a todos os voluntários que participaram deste estudo: alunos da Escola Preparatória de Cadetes do Exército de Campinas, que se dispuseram prontamente a participar da pesquisa e aos Comandantes e Generais da EsPCEx que permitiram a participação de seus alunos nesse estudo.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001”.

E a todos que não citei aqui, mas que de alguma forma me apoiaram e contribuíram para a conclusão desse trabalho.

Muito obrigada!!!

RESUMO

Esta tese foi estruturada conforme o formato *alternativo* de tese seguindo as normas previstas pela Comissão de Pós-Graduação da Faculdade de Ciências Médicas da Universidade Estadual de Campinas, sendo incluídos dois artigos. O objetivo desta tese foi analisar a influência de seis meses de treinamento físico militar nas alterações do ângulo de fase (AdF), componentes corporais e glicemia de jejum em jovens saudáveis cadetes do exército do sexo masculino, além de verificar a relação entre o AdF e a força muscular nesta amostra. O primeiro artigo, caracterizado como estudo longitudinal, avaliou as alterações no AdF (calculado com os parâmetros de resistência e reactância fornecidos pela impedância bioelétrica), na massa gorda (MG), conteúdo mineral ósseo (CMO) e tecido mole magro (TMM) determinados pela absorciometria por dupla emissão de raio x (DXA) e na glicemia de jejum (utilizando um equipamento de fotometria por refletância) em jovens saudáveis cadetes do exército do sexo masculino ($18,8 \pm 0,5$ anos) após seis meses de treinamento físico militar. Os resultados desse estudo mostraram que após o período de treinamento físico foi observado um aumento significativo ($p < 0,01$) nas variáveis de AdF ($0,6 \pm 0,6^\circ$), reactância ($3,8 \pm 5,5 \Omega$), CMO ($0,1 \pm 0,0$ kg) e TMM ($1,9 \pm 1,4$ kg) e uma diminuição significativa ($p < 0,01$) nas variáveis de resistência ($-11,2 \pm 30,4 \Omega$) e glicemia de jejum ($-4,1 \pm 7,6$ mg/dl). Além disso, as alterações na resistência e reactância explicaram parte das alterações observadas no TMM ($R^2 = 0,26$ e $R^2 = 0,16$, respectivamente). Já o segundo artigo, caracterizado como estudo transversal, determinou a relação entre o AdF e a força de preensão manual total (FPM_{Total}, utilizando um dinamômetro hidráulico) em jovens saudáveis cadetes do exército do sexo masculino ($18,8 \pm 0,6$ anos). Para as análises deste estudo, os participantes foram divididos de acordo com os tercís de AdF (1º tercil: $\text{AdF} \leq 7,11^\circ$, 2º tercil: $7,12^\circ \geq \text{AdF} \leq 7,79^\circ$ e 3º tercil: $\text{AdF} \geq 7,80^\circ$). Os resultados deste estudo demonstraram que os jovens saudáveis cadetes do exército do sexo masculino do 1º tercil de AdF apresentavam menor valor de CMO ($2,8 \pm 0,0$ kg vs $3,0 \pm 0,0$ kg e vs $3,1 \pm 0,0$ kg) e TMM ($51,4 \pm 0,6$ kg vs $53,9 \pm 0,6$ kg e vs $57,3 \pm 0,6$ kg) comparados aos jovens do 2º e 3º tercil de AdF ($p < 0,001$),

respectivamente, e menor valor de FPM_{Total} ($82,1 \pm 1,9\text{kg}$ vs $92,2 \pm 1,9\text{kg}$) comparados aos jovens do 3º tercil de AdF ($p < 0,001$). A análise de regressão linear mostrou que o AdF explicou 2% ($R^2 = 0,020$) enquanto o TMM e o CMO explicaram 35% ($R^2 = 0,35$) e 20% ($R^2 = 0,212$), respectivamente, a variação da FPM_{Total} . Além disso, a correlação entre o AdF e a FPM_{Total} foi dependente do TMM ($p = 0,547$) e do CMO ($p = 0,133$) e independente da MG ($p = 0,028$). Portanto, o período de 6 meses de treinamento físico influenciou positivamente nas alterações do AdF, dos componentes corporais e da glicemia de jejum em jovens saudáveis cadetes do exército do sexo masculino. Além disso, apesar de o AdF se relacionar com a força muscular essa associação mostrou ser dependente da quantidade de TMM e de CMO nesta amostra. Sendo assim, esses resultados reforçam a importância de manter um estilo de vida fisicamente ativo para a manutenção de níveis adequados de massa magra e de força muscular.

Palavras-chave: impedância bioelétrica; massa magra; treinamento físico; força muscular.

ABSTRACT

This thesis was structured according to the alternative format following the norms of the Medical Science Program at the University of Campinas; two articles were included. The objectives of this thesis were to analyze the influence of six months of military physical training in the changes of the phase angle (PhA), body components, and blood glucose in healthy young male's army cadets, in addition to verifying the relationship between PhA and muscle strength in this sample. The first article was a longitudinal study and evaluated changes in PhA (calculated with parameters of resistance and reactance provided by bioelectrical impedance), fat mass (FM), bone mineral content (BMC), and lean soft tissue (LST) determined by dual-energy X-ray absorptiometry (DXA), and fasting blood glucose (by reflectance photometry) in healthy young male's army cadets (18.8 ± 0.5 years), after six months of military physical training. The results of the study showed that after the period of physical training a significant increase ($p < 0.01$) was reported in the variables of PhA ($0.6 \pm 0.6^\circ$), reactance ($3.8 \pm 5.5 \Omega$), BMC (0.1 ± 0.4 kg), and LST (1.9 ± 1.4 kg); while a significant decreased ($p < 0.01$) in the variables of resistance ($-11.2 \pm 30.4 \Omega$) and fasting blood glucose (-4.1 ± 7.6 mg/dL) was observed. In addition, changes in resistance and reactance explained part of those changes observed in LST ($R^2 = 0.26$ and $R^2 = 0.16$, respectively). The second article was a cross-sectional study and verified the relationship between PhA and total handgrip strength (HGS_{Total} , using a hydraulic dynamometer) in healthy young male's army cadets (18.8 ± 0.6 years). Participants were divided according to the PhA terciles (1st tercile: $PhA \leq 7.11^\circ$, 2nd tercile: $7.12^\circ \geq PhA \leq 7.79^\circ$, and 3rd tercile: $PhA \geq 7.80^\circ$). The results of the study showed that participants in the 1st tercile of PhA when compared with participants in the 2nd and 3rd tercile of PhA had lower value of BMC (2.8 ± 0.0 kg vs 3.0 ± 0.0 kg and vs 3.1 ± 0.0 kg, respectively) and LST (51.4 ± 0.6 kg vs 53.9 ± 0.6 kg and vs 57.3 ± 0.6 kg, respectively) $p < 0.001$, and lower HGS_{Total} when compared with participants in the 3rd tercile of PhA (82.1 ± 1.9 kg vs 92.2 ± 1.9 kg) $p < 0.001$. Linear regression analysis showed that PhA explains only 2% of HGS_{Total} variation ($R^2 = 0.020$), while LST and BMC explains 35% ($R^2 = 0.350$) and 20% ($R^2 = 0.212$),

respectively, of HGS_{Total} variation. In addition, the relationship between PhA and HGS_{Total} was dependent of LST ($p=0.547$) and BMC ($p=0.133$), and independently of FM ($p=0.028$). Therefore, 6-month of physical training showed a positive influence on changes in PhA, body compartments, and fasting blood glucose in healthy young male's army cadets. In addition, although PhA is related to muscle strength, this association seems to be dependent of the amount of LST and BMC in this sample. Thus, these results reinforce the importance of being physically active for adequate lean mass and muscular strength levels.

Keywords: electric impedance; lean mass; physical training; muscular strength.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Princípio da BIA. Modelo de cilindro da relação entre a impedância e as características físicas do corpo. Adaptado de Kyle et al, 2004.....	17
Figura 2. Plotagem da curva de impedância e ângulo de fase conforme a frequência aplicada. Adaptado de Chumlea & Sun, 2005.....	20
Figura 3. Ilustração dos fatores associados à diminuição e ao aumento nos valores de ângulo de fase (25, 26, 28, 29). Figura elaborada pela autora.....	21
Figura 4. Média de valores de AdF de acordo com a condição de saúde e separados por sexo. Figura elaborada pela autora.....	24

Capítulo 1

Figura 1. Fluxograma do estudo e número de participantes em cada etapa do estudo. EsPCEEx: Escola Preparatória de Cadetes do Exército.....	34
Figura 2. Alterações individuais no (A) ângulo de fase, (B) conteúdo mineral ósseo, (C) percentual de massa gorda, (D) tecido mole magro e (E) glicemia entre os participantes após o período de treinamento físico.....	40

Capítulo 2

Figura 1. Fluxograma dos participantes incluídos no estudo. EsPCEEx: Escola Preparatória de Cadetes do Exército; TCLE: Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.....	54
--	----

Figura 2. Relação entre a força de preensão manual total e o ângulo de fase (A), massa gorda (B), conteúdo mineral ósseo (C) e tecido mole magro (D) da amostra total de participantes do estudo..... 59

Figura 3. Estimativa da força de preensão manual, ajustada pelo (A) tecido mole magro e pelo (B) conteúdo mineral ósseo de acordo com o tercil de ângulo de fase dos participantes do estudo..... 61

LISTA DE TABELAS

Capítulo 1

Tabela 1. Características antropométricas dos participantes no início do estudo.....	38
--	----

Tabela 2. Parâmetros da análise de bioimpedância elétrica, composição corporal e glicemia dos participantes nos períodos pré- (M1) e pós- (M2) treinamento físico, e as suas alterações (Δ).....	39
---	----

Capítulo 2

Tabela 1. Características descritivas e valores estimados dos parâmetros de BIA, componentes corporais e FPM de acordo com o tercil de AdF	58
--	----

Tabela 2. Correlação parcial entre a FPM _{Total} e o AdF controlado pelos componentes corporais	60
--	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AdF: Ângulo de fase

ACT: Água corporal total

AIC: Água intracelular

AEC: Água extracelular

BIA: Análise de impedância bioelétrica

CMO: Conteúdo mineral ósseo

DXA: Absorciometria por dupla emissão de raios-X

EsPCEx: Escola Preparatória de Cadetes do Exército

FPM: Força de preensão manual

GLI: Glicemia

IMC: Índice de massa corporal

MG: Massa gorda

MIG: Massa Isenta de Gordura

R: Resistência

TMM: Tecido mole magro

Xc: Reactância

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	17
2. OBJETIVOS	27
2.1. Geral	27
2.2. Objetivo específico Capítulo 1	27
2.3. Objetivo específico Capítulo 2	27
3. MÉTODOS.....	28
3.1. Participantes	28
3.2. Instrumentalização	28
3.3. Formato da tese	28
4. RESULTADOS	29
4.1. Capítulo 1: Treinamento físico após 6 meses está associado com a melhora nas alterações do ângulo de fase, composição corporal e glicemia em jovens saudáveis do sexo masculino	29
4.2. Capítulo 2: O ângulo de fase pode ser utilizado como indicador de força muscular em jovens saudáveis do sexo masculino?.....	51
5. DISCUSSÃO GERAL	69
6. CONCLUSÃO	72
7. REFERÊNCIAS	73
8. APÊNDICES	84
8.1. Termo de Consentimento Livre e Esclarecido	84
8.2. Autorização da revista para incluir artigo na tese	86
8.3. Artigo publicado – Capítulo 1.....	87
9. ANEXO	95
9.1. Parecer do Comitê de Ética em Pesquisa	95
9.2. Declaração de Não Infringimento do Direito Autoral Transferido à Editora	105

1. INTRODUÇÃO

O uso da análise de impedância bioelétrica (BIA) para avaliar os tecidos corporais em seres humanos surgiu no início de 1960 quando Thomasset (1,2) desenvolveu dois estudos inéditos relacionando a medida de impedância elétrica do corpo com o valor da água corporal total. Entretanto, esses estudos foram criticados pelo fato de inserir agulhas subcutânea para medir a impedância corporal. Então em 1969 Hoffer e colaboradores (3) e Nyboer (4) apresentaram uma técnica de BIA menos invasiva utilizando quatro eletrodos posicionados na superfície da pele para medir a impedância corporal. Já na década de 70, o uso da BIA foi estabelecido para a avaliação da água corporal total utilizando a medida de impedância elétrica. Com isso, em 1990 uma variedade de modelo de equipamento de BIA tornaram-se disponíveis, já que o equipamento é portátil e seguro, o procedimento é simples e não invasivo, não apresenta desconforto ao avaliado e os resultados são obtidos rapidamente quando comparados a outros métodos laboratoriais.

Os aparelhos de BIA uni frequência utilizam uma corrente elétrica segura e de baixa voltagem (50 kHz em $800 \mu A$). A corrente elétrica percorre o corpo pelos diferentes tecidos, no qual o condutor são os eletrólitos presentes na água corporal e o analisador calcula a impedância deste fluído (3). Conforme a Lei de Ohm a impedância (Z) de um condutor elétrico, como resultado de uma resistência específica, é proporcional ao seu comprimento (C) e inversamente proporcional à sua área de secção transversa (A) (figura 1).

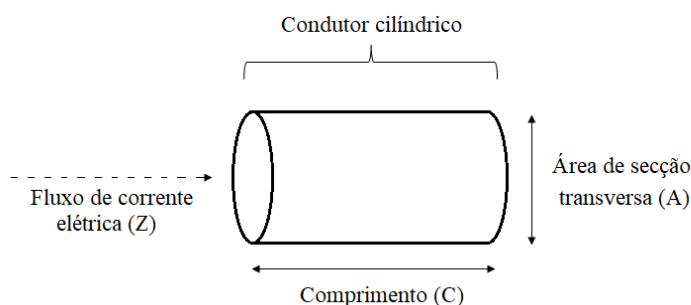


Figura 1. Princípio da BIA. Modelo de cilindro da relação entre a impedância e as características físicas do corpo. Adaptado de Kyle et al, 2004 (5).

Os aparelhos de BIA fornecem as variáveis de resistência (R , Ohm) e de reactância (X_c , Ohm). A R do corpo é a mesma fornecida pelos condutores não biológicos (6) e está relacionada a passagem do fluxo elétrico. A R é proporcional ao tamanho do condutor e inversamente proporcional a sua área de secção transversa. Sendo assim, um condutor comprido terá um maior valor de resistência comparado a um condutor pequeno, da mesma forma que um condutor de menor área de secção transversa terá uma maior resistência comparado a um com maior área de secção transversa (7). Além disso, a R é utilizada para a quantificação da água corporal total e o seu valor está inversamente relacionado ao conteúdo de água e eletrólitos presentes nos tecidos. Sendo assim, quanto menor a quantidade de água intracelular (AIC) e extracelular (AEC), maior será o valor de R do corpo (8). Enquanto que a X_c é a oposição ao fluxo de corrente elétrica causado pela capacitância das membranas celulares, superfície dos tecidos e tecidos não iônicos que recebem a corrente elétrica e a liberam após um período de tempo (6). Além disso, a magnitude da X_c aumenta ou diminui dependendo da frequência do sinal aplicado.

O fluxo de corrente elétrica se comporta de forma diferente nos compartimentos de AIC e AEC conforme a frequência elétrica é aplicada (3,9). Em frequências elétricas de 5 kHz ou menores a corrente percorre apenas pela AEC. Conforme a frequência elétrica aumenta a corrente consegue passar pelo espaço intracelular e pelas superfícies de capacitância do corpo (membranas celulares e interfaces de tecido) retardando a passagem da corrente elétrica. Já em frequências elétricas acima de 100 kHz a corrente penetra igualmente nos diferentes tecidos do corpo (10).

A avaliação da composição corporal utilizando a BIA é baseada na relativa estabilidade de hidratação da massa isenta de gordura (MIG) já que aproximadamente 73% da água corporal total está presente na MIG (9). Entretanto, essa fração na hidratação da MIG não é constante e pode apresentar diferenças conforme o nível de hidratação do avaliado (11) além disso, a quantidade de água corporal sofre variação conforme a faixa etária e em

diferentes condição de saúde (12). Por isso, os parâmetros de R e Xc, são utilizados em conjunto com outras variáveis (ex: idade, sexo, antropometria) na estimativa da composição corporal. Diversas equações preditivas de BIA foram desenvolvidas para a estimativa da MIG em grupos de pessoas com diferentes características, como sexo, idade, etnia, estado nutricional, nível de atividade física, entre outras (13–18). Neste sentido, a BIA consegue medir a quantidade de MIG corporal e subtraindo ao peso corporal é possível calcular a massa gorda (MG) (8).

A BIA mostrou ser um método acurado para monitorar e acompanhar as alterações da composição corporal em mulheres adultas que participaram de um programa de treinamento resistido (19), em crianças e adolescentes infectadas pelo vírus HIV (20), em adultos saudáveis (21) e em cadetes do exército (22). Entretanto, o uso de equações preditivas de BIA deve ser utilizado somente em populações específicas para as quais a equação foi desenvolvida na tentativa de minimizar os erros na predição da composição corporal.

Uma outra forma de análise dos parâmetros fornecidos pela BIA que vem sendo muito utilizada é o ângulo de fase (AdF). O AdF é considerado um método de análise qualitativo da composição corporal (23), no qual, sem o uso adicional de variáveis antropométricas ou de compartimentos corporais é possível calcular o AdF em graus (°) [$\text{AdF} = \arctan(Xc/R) \times (180^\circ/3,14)$] (24). Como mencionado anteriormente, o valor de R é inversamente proporcional a quantidade de água corporal total, ou seja, quanto menor a quantidade de AIC e AEC maior será o valor de R do corpo. Enquanto, a Xc está relacionada às propriedades de capacitância da membrana celular e seus valores mudam de acordo com a sua integridade, função e composição, ou seja, quanto melhor a integridade da membrana celular maior será o valor da Xc do corpo (25). Portanto, matematicamente um valor inferior de R e um valor superior de Xc resultarão em um valor alto de AdF (figura 2).

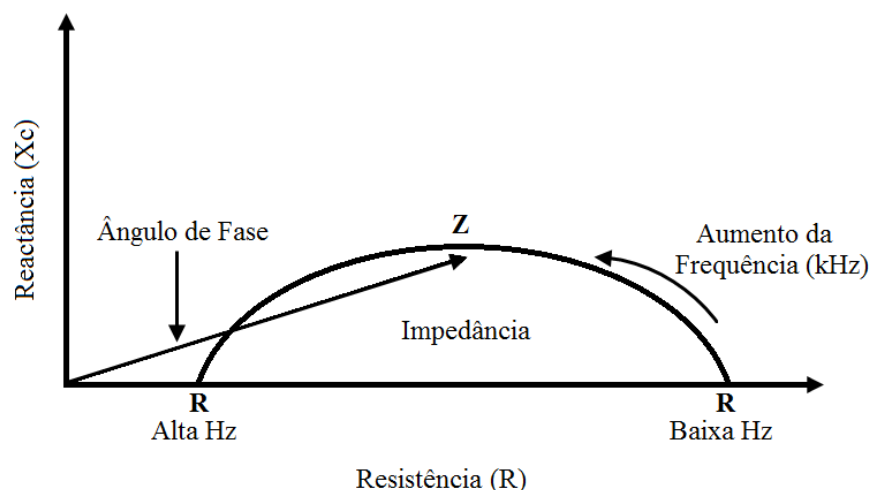


Figura 2. Plotagem da curva de impedância e ângulo de fase conforme a frequência aplicada. Adaptado de Chumlea & Sun, 2005 (7).

O AdF foi originalmente utilizado como uma ferramenta para o diagnóstico de distúrbios metabólicos e suas investigações são focadas na associação do AdF com variáveis fisiológicas (26). Utilizando-se de uma frequência fixa a variação do valor de AdF entre os grupos de pessoas pode ser devido às diferenças no comportamento capacitivo de seus tecidos que estão associados à variabilidade do tamanho da célula, permeabilidade da membrana celular, composição intracelular ou até mesmo às diferenças na distribuição dos fluídos corporais. Neste sentido, o histórico de saúde relacionado tanto a atividade física quanto aos hábitos alimentares contribuem significativamente para a variação no valor de AdF (24,27) (figura 3).



Figura 3. Ilustração dos fatores associados à diminuição e ao aumento nos valores de ângulo de fase (25,26,28,29). Figura elaborada pela autora.

O AdF é considerado um indicador celular, já que faz a estimativa da quantidade de AIC e AEC (valor de R), assim como, a integridade da membrana celular (valor de Xc). Valores baixos de AdF foram encontrados em pacientes desnutridos e com anorexia nervosa (27,30,31), no qual, o baixo peso corporal desta população acabou refletindo na diminuição do valor de AdF possivelmente devido ao aumento da AEC e/ou a diminuição na massa celular corporal.

Outros fatores podem influenciar nas alterações do valor do AdF. Bosy-Westphal e colaboradores (32) verificaram que o sexo e a idade são preditores no valor do AdF em pessoas saudáveis. Sendo que o sexo explica cerca de 7% a variação no valor de AdF em adultos saudáveis, no qual os homens apresentam valores superiores de AdF comparados às mulheres. Uma das possíveis explicações seria devido ao fato dos homens apresentarem maior quantidade de massa muscular esquelética em relação às mulheres (32). No caso da idade, essa explica cerca de 11% a variação no valor do AdF, no qual

crianças e adolescentes geralmente apresentam menor valor de AdF quando comparados com adultos. Uma das possíveis explicações seria devido ao aumento da massa celular que ocorre conforme o avanço da idade (32).

Resultados semelhantes foram observados em um estudo transversal com 1967 adultos saudáveis (idade: 18-94 anos) e de ambos os sexos (33). No qual o valor de AdF foi significativamente menor nas mulheres do que nos homens ($6,5 \pm 1,0^\circ$ vs $7,5 \pm 1,1^\circ$, $p < 0,001$) e foi menor em relação a idade em ambos os sexos (mulheres: idosas $5,6^\circ$ vs $7,0^\circ$ jovens, e homens: idosos $6,2^\circ$ vs $7,9^\circ$ jovens, $p < 0,001$). Neste estudo utilizando a amostra total, foi observado que o AdF apresentou uma relação positiva com o índice de massa corporal [IMC, ($R^2=0,17$)] e foi inversamente associado com o percentual de gordura ($R^2=-0,32$). Além disso, o AdF foi significativamente predito a partir do sexo, idade, IMC e percentual de gordura nos modelos de regressão linear múltipla.

Gonzalez e colaboradores (2016) em um estudo transversal, investigaram em 1442 adultos saudáveis (idade: 31-61 anos) de ambos os sexos e de diferentes etnias se a composição corporal poderia explicar as alterações nos valores de AdF (28). Neste estudo, foi utilizado a diluição de trítio e o potássio corporal total para a estimativa da água corporal total (ACT) e da AIC, respectivamente, e posteriormente foi feito o cálculo da razão de AEC/AIC. Além disso, foram utilizados os métodos de pesagem hidrostática, absorciometria por dupla emissão de raio x (DXA) e a diluição de trítio (ACT) para a estimativa da MIG e da MG. Neste estudo, foi observado uma associação positiva entre o AdF e a MIG (homens: $r=0,43$ e mulheres: $r=0,45$) e uma associação negativa entre o AdF e a razão de AEC/AIC (homens: $r=-0,39$ e mulheres: $r=-0,20$). Adicionalmente, a regressão linear múltipla identificou que nos homens o modelo com as variáveis de idade, etnia, estatura, razão de AEC/AIC, MIG e IMC explicaram 55% a variação no valor de AdF ($R^2=0,546$). Nas mulheres o modelo com as variáveis de idade, etnia, estatura, razão de AEC/AIC e MIG explicaram 43% a variação no valor de AdF ($R^2=0,426$). Os resultados deste estudo indicaram que as variáveis de idade, estatura e MIG apresentam um grande impacto nas alterações do valor de AdF em adultos saudáveis.

Além disso, outras variáveis podem influenciar no valor do AdF, como o nível de atividade física (34–36), composição corporal (MG e MIG) (37,38) e a aptidão cardiorrespiratória (39). No qual, valores elevados de AdF estão associados a melhor aptidão cardiorrespiratória, maior nível de atividade física, maior MIG e menor MG em crianças e adultos. Os resultados desses estudos podem ser explicados pelo fato da massa gorda apresentar menor hidratação quando comparado a massa isenta de gordura, resultando em um desequilíbrio da quantidade de AIC e AEC (40).

O AdF também têm sido utilizado como uma ferramenta para monitorar pacientes de diferentes doenças (41,42) como em mulheres sobreviventes de câncer de mama (43), diabetes do tipo 2 (29) e em pacientes que apresentam um comprometimento no estado nutricional (44). Além disso, o AdF foi utilizado como fator de prognóstico de mortalidade em adultos infectados pelo novo coronavírus (COVID-19) (45) e recentemente foi associado ao risco de incidência de doença cardiovascular em uma amostra de adultos saudáveis (46). Os resultados deste estudo indicaram que as mulheres saudáveis que apresentavam valor de AdF $<5,2^\circ$ tinham 33% risco de desenvolver doença cardiovascular e mortalidade quando comparadas com as mulheres que apresentavam valor de AdF $>6,6^\circ$, mesmo após o ajuste dos parâmetros de peso corporal, estatura, idade, tabagismo, ingestão de álcool, nível de atividade física e escolaridade (46). Neste sentido, o valor de AdF pode variar conforme a condição de saúde e em ambos os sexos (figura 4).

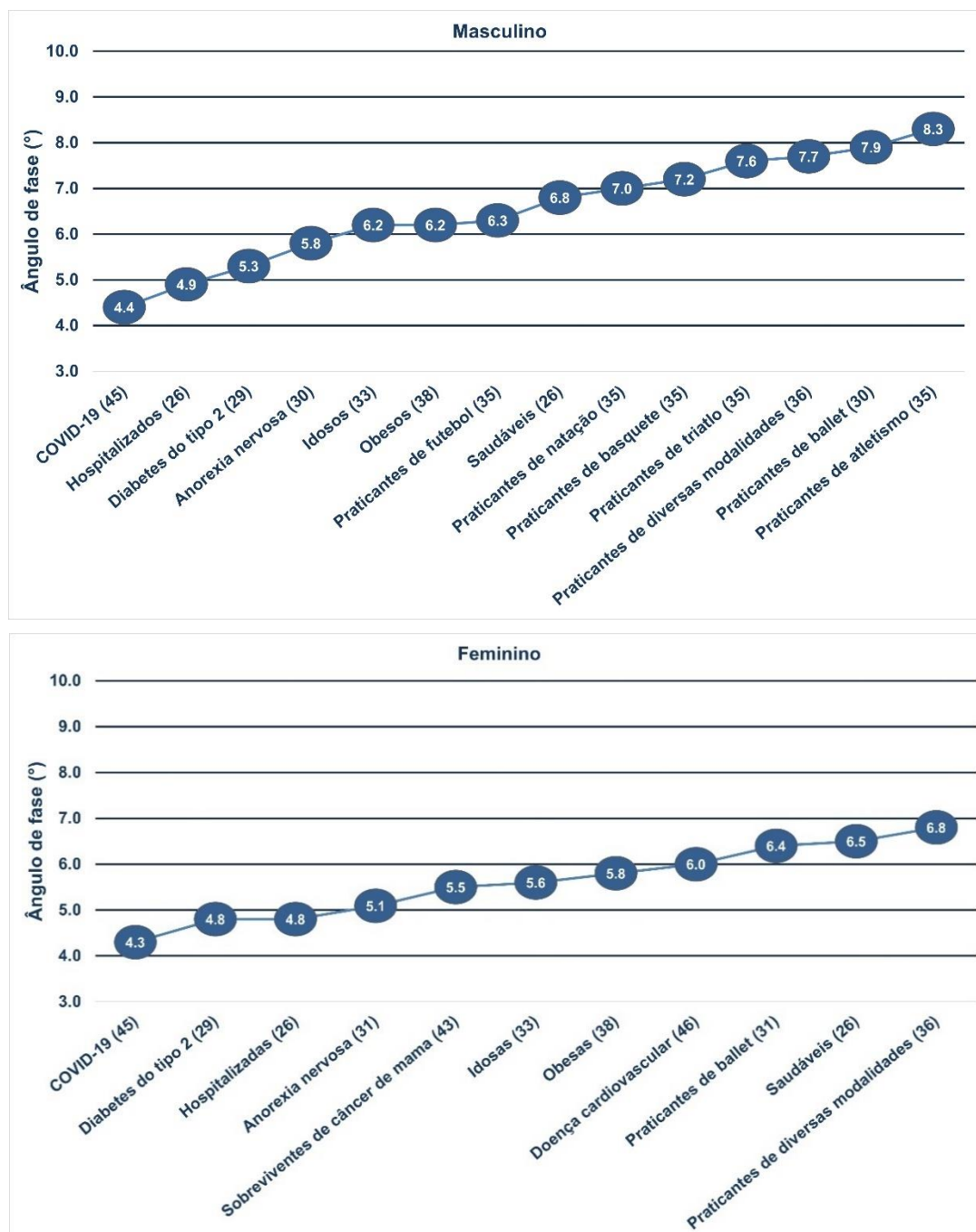


Figura 4. Média de valores de AdF de acordo com a condição de saúde e separados por sexo. Figura elaborada pela autora.

Além disso, a força muscular também pode prever as alterações nos valores de AdF em adultos (47). Está bem estabelecido que a prática regular de atividade física apresenta efeitos positivos nos parâmetros relacionados à saúde

(48–50). Estudos de intervenção com adultos saudáveis de ambos os sexos (51–54) indicaram que um programa de treinamento resistido foi associado a um aumento significativo no valor do AdF. Nestes estudos, as mulheres que participaram do programa de treinamento resistido aumentaram de 3,5% a 7,4% o valor do AdF, enquanto que os homens aumentaram 4,3% o valor do AdF. Além disso, os autores reportaram que o aumento no valor de AdF (em ambos os sexos) foi exclusivamente relacionado a diminuição do valor de R (aumento da AIC) (24). Sendo assim, as mudanças no estado de hidratação como consequência do treinamento, são suficientes para gerar alterações positivas no valor de AdF. Por isso que pessoas fisicamente ativas apresentam valores elevados de AdF (melhores níveis de hidratação celular dos tecidos corporais) quando comparadas com pessoas inativas e como consequência, também apresentam melhores resultados para a saúde em geral (34,55). No entanto, esses estudos realizaram um período de treinamento físico de 12 a 16 semanas, a amostra de participantes era relativamente pequena além de ser composta apenas por participantes adultos idosos. Por isso, seria interessante investigar se um período maior de treinamento físico também estaria associado com um aumento no valor de AdF em uma população de jovens.

A força muscular é um componente importante da aptidão física (56). O teste de força de preensão manual (FPM) é utilizado para a avaliação da força muscular e performance em populações de diferentes idades e condições de saúde (43,57,58). Estudos anteriores associaram baixos valores ou a diminuição da força muscular com o risco de doenças cardiovasculares e câncer (59), maior tempo de hospitalização (60), risco de mortalidade em adultos homens e mulheres (59,61–64), risco de queda em idosos (65) e risco metabólico em crianças (66). Esses resultados indicaram que a baixa força muscular na infância pode gerar implicações negativas para a saúde na vida adulta. Por outro lado, valores elevados de força muscular estão associados com maior aptidão física em crianças e adolescentes (67,68), redução em 13% do risco de desenvolver diabetes do tipo 2 (69,70) e melhor desempenho em militares (71,72). Além disso, esses resultados foram associados com alterações positivas nos

componentes corporais (aumento da massa muscular e diminuição da MG), assim como aumento dos estoques de glicogênio muscular e melhora na hidratação celular (52,69,70).

A massa muscular é um dos maiores tecidos do corpo e está diretamente envolvida nos processos metabólicos tanto na condição de saúde quanto na condição de doença (73). Estudos anteriores encontraram uma associação positiva significativa entre o AdF e a FPM em diversas condições de saúde, como em pacientes após transplante de rim ($r=0,32$) (57), em pacientes com câncer (homens $r=0,60$ e mulheres: $r=0,48$) (74), em adultos com doença crônica de obstrução pulmonar (homens: $R^2=0,34$ e mulheres: $R^2=0,40$) (75), em pacientes hospitalizados ($r=0,54$) (76), em idosos ($r=0,49$) (77) e em adultos saudáveis ($r=0,58$) (78). Estes estudos reportaram que as pessoas com elevados valores de AdF também apresentavam valores maiores de massa magra quando comparados aos de baixos valores de AdF (devido a maior quantidade de água presente no tecido magro). Esses resultados apontaram que o uso do índice de AdF pode ser considerado um indicador qualitativo para o monitoramento da força muscular (43,47,77). Entretanto, esses estudos determinaram a relação entre o AdF e a FPM em uma população adulta com doença crônica e não utilizaram variáveis de controle (ex: MG e MIG) para verificar se a composição corporal poderia influenciar nesta associação.

Neste sentido, essa lacuna que existe na literatura demonstra a necessidade de realizar novos estudos direcionados a determinar a relação entre o AdF e a FPM em uma população de jovens saudáveis, além de verificar se essa relação é dependente da MG e/ou MIG. Portanto, a hipótese dessa tese é de que após o período de treinamento físico, os jovens do sexo masculino irão aumentar o valor de AdF e da MIG, assim como, diminuir a MG e a glicemia de jejum. Adicionalmente, os jovens do sexo masculino que apresentarem elevados valores de AdF irão apresentar elevados valores de FPM e essa relação será influenciada pela composição corporal.

2. OBJETIVOS

2.1. Geral

Determinar a influência de seis meses de treinamento físico militar nas alterações do ângulo de fase, componentes corporais e glicemia de jejum em jovens saudáveis cadetes do exército do sexo masculino, além de verificar a relação entre o ângulo de fase e a força muscular nesta amostra.

2.2. Objetivo específico Capítulo 1

Verificar as alterações no ângulo de fase, composição corporal e glicemia de jejum em jovens saudáveis cadetes do exército do sexo masculino após um período de 6 meses de treinamento físico militar.

2.3. Objetivo específico Capítulo 2

Determinar a relação entre o ângulo de fase e a força de preensão manual em jovens saudáveis cadetes do exército do sexo masculino com idade entre 18 e 22 anos, e verificar se essa relação é dependente da massa gorda e massa isenta de gordura.

3. MÉTODOS

3.1. Participantes

Os participantes dos estudos incluídos nesta tese foram os jovens saudáveis cadetes do exército do sexo masculino que ingressaram na Escola Preparatória de Cadetes do Exército (EsPCEx) da cidade de Campinas-SP, Brasil. Assim, no primeiro estudo caracterizado como longitudinal participaram 166 jovens saudáveis cadetes do exército do sexo masculino. Entretanto, após a perda amostral [não apareceram no dia da coleta inicial ou final (n=19), foram desligados da escola por motivos particulares (n=29) ou apresentaram alguma lesão durante o período de treinamento militar (n=20)] foram incluídos no estudo 98 jovens saudáveis cadetes do exército do sexo masculino e com idade entre 18 e 20 anos. Já no segundo estudo, caracterizado como transversal, 646 jovens saudáveis cadetes do exército do sexo masculino se voluntariaram para participar do estudo. Entretanto, após a perda amostral [não apareceram no dia da coleta (n=162) ou não completaram todas as avaliações (n=20)] foram incluídos no estudo 187 jovens saudáveis cadetes do exército do sexo masculino e com idade entre 18 e 22 anos.

3.2. Instrumentalização

A descrição dos materiais e métodos estão detalhados nos respectivos artigos inseridos nesta tese.

3.3. Formato da tese

Foi optado pelo formato *alternativo* de tese para o delineamento deste documento seguindo as normas previstas pela Comissão de Pós-Graduação da Faculdade de Ciências Médicas da Universidade Estadual de Campinas, assim, foram inseridos dois artigos nesta tese.

4. RESULTADOS

4.1. Capítulo 1: *Treinamento físico após 6 meses está associado com a melhora nas alterações do ângulo de fase, composição corporal e glicemia em jovens saudáveis do sexo masculino*

Langer RD¹, Analiza MS², Borges JH¹, Cirolini VX¹, Páscoa MA¹, Guerra-Júnior G¹, Gonçalves EM¹. *Physical training over 6 months is associated with improved changes in phase angle, body composition, and blood glucose in healthy young males. Am J Hum Biol.* 2019; e23275.
<https://doi.org/10.1002/ajhb.23275>.

¹Growth and Development Laboratory, Centre for Investigation in Pediatrics (CIPED), School of Medical Sciences, University of Campinas (UNICAMP), Campinas-SP, Brazil

²Exercise and Health Laboratory, Department of Sport and Health of the Faculty of Human Kinetics, University of Lisbon, Cruz Quebrada, Portugal

Resumo

Objetivo: O objetivo deste estudo foi avaliar a associação entre as alterações do ângulo de fase, composição corporal e glicemia em jovens saudáveis do sexo masculino após 6 meses de treinamento físico.

Métodos: 98 participantes saudáveis e do sexo masculino ($18,8 \pm 0,5$ anos), se submeteram a 6 meses de treinamento físico (5 dias por semana e 90 minutos por dia). A resistência, reatância e o ângulo de fase foram obtidos por análise de impedância bioelétrica, a composição corporal [massa gorda, conteúdo mineral ósseo (CMO) e tecido mole magro (TMM)] foram estimados pela absorciometria por dupla emissão de raios-X, e a glicemia por fotometria de refletância. As medições foram feitas em repouso e em jejum, antes e após o período de treinamento.

Resultados: O ângulo de fase, reatância, CMO e TMM aumentaram significativamente ($0,6^\circ$, $3,8 \Omega$, $0,1 \text{ kg}$ e $1,9 \text{ kg}$, respectivamente; $p < 0,01$), enquanto a resistência e a glicemia diminuíram ($-11,2 \Omega$ e $-4,1 \text{ mg/dl}$, respectivamente; $p < 0,01$). As alterações na resistência e reatância explicaram as alterações observadas no TMM ($R^2 = 0,26$ e $R^2 = 0,16$, respectivamente), entretanto as alterações do ângulo de fase não foram relacionadas às alterações da composição corporal e de glicemia ($p > 0,05$).

Conclusão: O período de 6 meses de treinamento físico foi associado as alterações positivas no valor de ângulo de fase, composição corporal e glicemia em jovens saudáveis do sexo masculino, reforçando a importância de manter um estilo de vida fisicamente ativo.

1. INTRODUÇÃO

Mundialmente, a prevalência de obesidade e diabetes tipo 2 tendem a aumentar conforme os estilos de vida relacionados a alta ingestão de energia e o baixo gasto de energia que são adotados, predominantemente em países de baixa renda e em desenvolvimento (Ogurtsova et al. 2017). Jovens adultos com obesidade com histórico de diabetes em família apresentam maior risco de desenvolver doenças crônicas metabólicas (Pannacciulli et al. 2003).

O aumento da prevalência de fatores de risco cardiovascular em jovens também é observado nas populações de militares, caracterizados como saudáveis, fisicamente ativos e com baixo risco de desenvolver doenças não transmissíveis (Al-Dahi et al. 2013). Estudos realizados com a população militar relataram uma prevalência de sobrepeso/obesidade e glicemia de jejum alterada na faixa de 50,0%-65,9% e de 4,0%-8,9%, respectivamente (Al-Dahi et al. 2013; Khoshdel et al. 2013; McGraw et al. 2008; Mullie et al. 2010; Pasiakos et al. 2012; Ray, Kulkarni, e Sreenivas 2011), incluindo jovens militares adultos do Brasil (Barbosa e Silva 2013; Costa et al. 2011; Maria 2012; Muniz e Bastos 2010; Neves 2008; Wenzel, Souza, e Souza 2009).

Estudos experimentais e observacionais realizados em cadetes militares e do exército mostraram que o exercício físico está associado com melhoras nos parâmetros relacionados à saúde (Cederberg et al. 2011; Gandapur et al. 2006; Hagnäs et al. 2012; Talbot et al. 2011; Twig et al. 2012). Além disso, o treinamento de resistência e aeróbico mostrou efeitos positivos na composição corporal [diminuição da massa gorda (MG) e aumento da massa isenta de gordura] (Hassannejad et al. 2017; Kraemer et al. 2004; Kremer et al. 1998; Monteiro et al. 2015; Paoli et al. 2017).

Existem diversos métodos disponíveis para determinar a composição corporal, entre eles, considerando sua boa precisão e baixa dose de radiação, a absorciometria por dupla energia de raio-X (DXA) é uma ferramenta conveniente e útil para a avaliação da composição corporal (Toombs et al. 2012). A análise de impedância bioelétrica (BIA) é uma técnica amplamente utilizada que estima

a composição corporal e que fornece parâmetros de resistência (R) e reatância (X_c), e o ângulo de fase (AdF) calculado a partir da razão entre a X_c e R. O AdF é utilizado como um indicador de saúde celular (Norman et al. 2012; Paiva et al. 2010; Selberg e Selberg 2002). No qual quanto mais elevado for o valor de AdF, melhor será a qualidade das células, a função celular e a integridade da membrana (De Lorenzo et al. 1997). O AdF tem sido utilizado como prognóstico clínico para várias doenças, como desnutrição (Kyle et al. 2012), anorexia nervosa (Marra et al. 2009), infecção pelo vírus da imunodeficiência humana (Schwenk et al. 2000) e diferentes tipos de câncer (Gupta et al. 2008; Hui et al. 2014; Lee et al. 2014; Paiva et al. 2010; Władysiuk et al. 2016). Em adultos jovens saudáveis, Ribeiro e colaboradores (2017) observaram um aumento significativo no AdF após um período de treinamento de hipertrofia.

Embora as intervenções de exercícios tenham melhorado os fatores de risco metabólicos em jovens saudáveis do sexo masculino e/ou em cadetes do exército em períodos inferiores a 3 meses (Cederberg et al. 2011; Hagnäs et al. 2012; Pasiakos et al. 2012), ainda não se sabe se esses achados são consistentes e fortalecidos quando se utiliza um método mais preciso e válido para a avaliação da composição corporal (ou seja, a DXA) e durante um período mais longo de treinamento físico. Além disso, ainda não foi investigado se um programa de exercício físico militar está associado a melhorias no indicador de saúde celular (AdF). Portanto, o objetivo deste estudo foi avaliar as alterações no AdF, composição corporal [MG, conteúdo mineral ósseo (CMO) e tecido mole magro (TMM)] e glicemia (GLI) em cadetes jovens saudáveis e do sexo masculino após 6 meses de treinamento físico militar.

A hipótese desse estudo é que 6 meses de treinamento físico militar irão promover alterações benéficas na saúde celular (aumentando o valor de AdF), composição corporal (melhorando os valores de CMO e TMM, e diminuindo a MG) e diminuindo os níveis de GLI.

2. MÉTODOS

2.1. Participantes

Os dados dos jovens cadetes do exército e do sexo masculino da “Escola Preparatória de Cadetes do Exército” (EsPCEEx) de Campinas-SP, Brasil, foram coletados duas vezes: durante um período de pré-treinamento físico (pré, M1) e durante um período de pós-treinamento físico (pós, M2). Para serem admitidos na EsPCEEx, os candidatos devem passar por um processo seletivo que garanta a capacidade de realizar com eficiência qualquer atividade que lhes seja proposta comprovando que são saudáveis. O processo de avaliação consiste em três etapas: (a) um teste intelectual, (b) uma inspeção médica (os candidatos devem enviar um relatório com vários exames médicos: testes físicos, hemograma completo, eletroencefalograma e radiografias dos pulmões e da cabeça, além de uma autorização assinada pelo médico responsável), e (c) um teste físico (que inclui exercícios de força muscular, resistência e aptidão aeróbia).

Como o critério de inclusão foi a admissão na EsPCEEx. Os 500 participantes do sexo masculino que ingressaram na EsPCEEx foram convidados a participar do estudo; destes, 166 participantes se ofereceram para participar do estudo. No momento da coleta de dados, 29 participantes haviam sido eliminados da EsPCEEx (por motivos particulares), 20 participantes sofreram lesões durante o ano e 19 participantes não compareceram no dia da coleta (por procedimentos internos de escala de trabalho). Portanto, a amostra final foi composta por 98 participantes saudáveis e do sexo masculino, com idades entre 18 e 20 anos. O recrutamento e elegibilidade dos participantes do estudo são descritos na Figura 1.

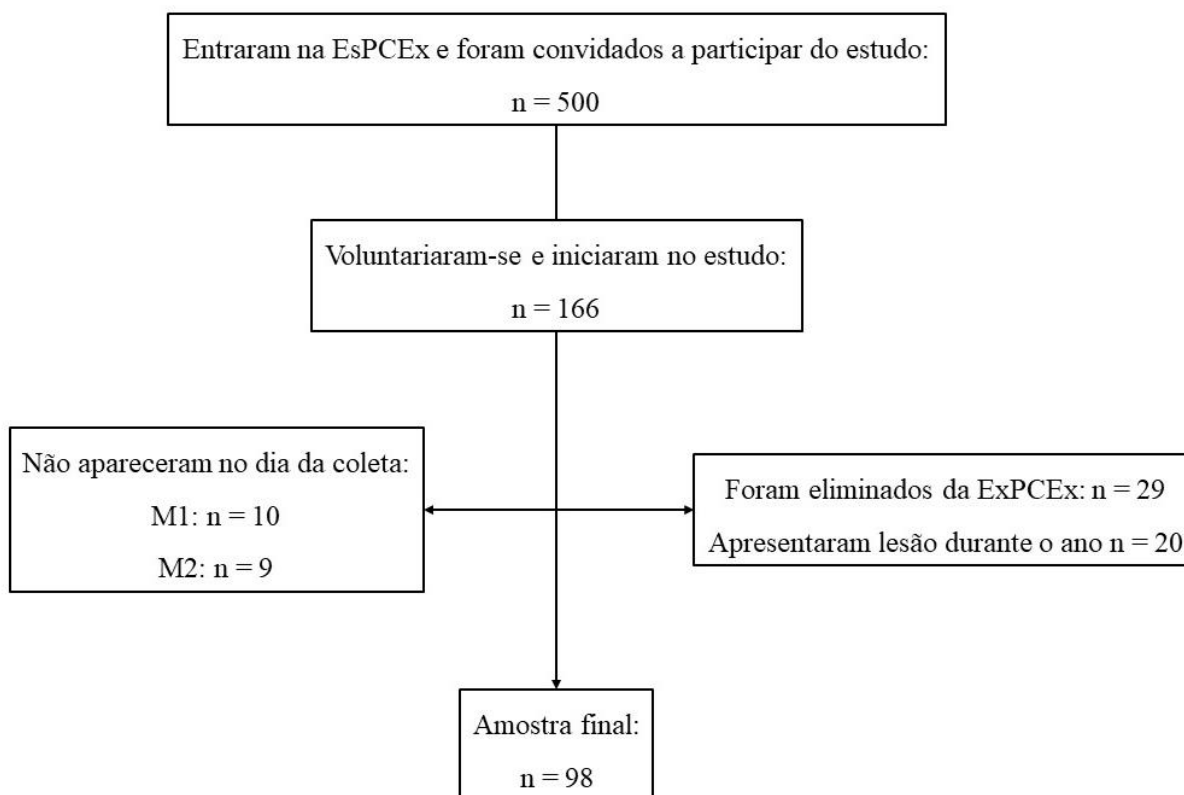


Figura 1. Fluxograma do estudo e número de participantes em cada etapa do estudo. EsPCEEx: Escola Preparatória de Cadetes do Exército

2.2. Delineamento do estudo e ética

Trata-se de um estudo observacional prospectivo com acompanhamento de 6 meses. Tanto para o M1 quanto para o M2, a coleta de dados ocorreu em 2 dias, com intervalo de 48 horas entre eles. No primeiro dia, foram coletados dados para avaliação da composição corporal. As avaliações de antropometria, BIA e DXA foram realizadas no Centro de Pesquisas em Pediatria da Faculdade de Ciências Médicas da Universidade Estadual de Campinas. No segundo dia, a glicemia foi coletada na EsPCEEx, no período da manhã, entre 4h e 6h, após um jejum de 12 horas dos participantes. Todos os participantes foram informados sobre os procedimentos envolvendo a sua participação na pesquisa e assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. O Comitê de Ética da Faculdade de Ciências Médicas da

Universidade Estadual de Campinas aprovou a pesquisa. Todos os procedimentos foram conduzidos de acordo com a Declaração de Helsinque (World Medical Association 2013).

2.3. Medidas antropométricas

Todos os participantes trajavam roupas leves (camiseta e shorts) e estavam descalços. O peso corporal (kg) foi medido em uma balança digital com a precisão de 0,1 kg e a estatura (cm) foi medida em um estadiômetro vertical com a precisão de 0,1 cm, seguindo os protocolos recomendados (Lohman e Roche 1988). O índice de massa corporal (kg/m^2) foi calculado.

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

A DXA forneceu a medida de corpo inteiro para avaliar a MG, CMO e TMM (GE Healthcare Lunar, Madison, Wisconsin) utilizando o software enCore versão 13.62011 (GE Healthcare Lunar), de acordo com os procedimentos recomendados pelo fabricante. A reprodutibilidade das variáveis estimadas pela DXA foi determinada pelo coeficiente de variação (CV), e pelo erro técnico de medida (ETM), com base no método teste-reteste realizado em 23 participantes fora da população deste estudo. O CV em nosso laboratório foram 0,74%, 0,28% e 0,26% para MG, CMO e TMM, respectivamente; e o ETM foram 0,25kg, 0,02kg e 0,25kg para MG, CMO e TMM, respectivamente.

2.5. Análise de Impedância Bioelétrica (BIA)

Os parâmetros de BIA foram obtidos por um dispositivo BIA tetrapolar de uni-frequência (50 kHz) (Quantum II, RJL Systems, Detroit, Michigan) e forneceram os valores de resistência (R) e reatância (X_c) em Ohms (Ω). Posteriormente, o AdF ($^\circ$) foi calculado utilizando a equação: $\text{AdF} = \arctangente(\text{reatância/resistência}) \times (180^\circ/\pi)$ (Baumgartner, Chumlea, e Roche 1988). Antes

da medição da BIA, os participantes foram instruídos a remover todos os objetos contendo metal (como pulseiras, relógios, brincos, anéis e outros). As medições foram realizadas em uma mesa isolada de condutores elétricos, com os participantes deitados em decúbito dorsal ao longo da mesa, as pernas abduzidas em um ângulo de 45°, braços distantes do tronco e mãos em pronação. Após 5 minutos de repouso, a pele do participante foi limpa com álcool e dois eletrodos foram colocados na superfície dorsal da mão direita e outros dois no pé direito, de acordo com o protocolo recomendado (Kyle et al. 2004). A reprodutibilidade foi calculada utilizando um subgrupo da população deste estudo (23 participantes); CV foi 0,35% e 0,33% para R e Xc, respectivamente, enquanto o ETM foi 3,54 e 0,49 Ω para R e Xc, respectivamente.

2.6. Glicemia

Para a avaliação da glicemia (GLI), foi utilizado o equipamento AccutrendPlus®, baseado no método de fotometria por refletância. As amostras de sangue foram coletadas por punção transcutânea da face medial da ponta do dedo médio com lanceta descartável. A primeira gota de sangue foi descartada e a seguinte foi utilizada para a análise. As medidas individuais foram realizadas por um profissional de saúde previamente treinado.

2.7. Treinamento físico

Durante aproximadamente 6 meses ($6,2 \pm 0,1$ meses), os participantes realizaram uma rotina de exercícios físicos conforme descrito no “*Manual de Treinamento Físico Militar EB20-MC-10.350*” (Manual de Campanha: Treinamento Físico Militar 2015). Durante o treinamento físico militar, os participantes se exercitaram 5 dias por semana, distribuídos em sessões periódicas: duas sessões de treinamento cardiorrespiratório (corrida), uma sessão de treinamento de exercícios calistênicos, uma sessão de treinamento em circuito de força e uma sessão de natação. Cada sessão teve duração de 90

minutos. Para o treinamento cardiorrespiratório, os participantes realizaram primeiro um treinamento de corrida contínua, percorrendo distâncias entre 4.000 e 7.000 m. Após 2,5 meses, os participantes realizaram treinamento de corrida intervalado, percorrendo distâncias de 400 m e aumentando gradativamente para 1.000 m. O treinamento de exercícios calistênicos foi realizado com carga inicial de 5 repetições por exercício e aumentando progressivamente o número de repetições em 2, até um máximo de 15 repetições. Uma vez que a carga de trabalho de 15 repetições foi atingida, a intensidade foi aumentada com aumento da potência. O treinamento resistido em circuito continha exercícios de coordenação e força (intercalando com 400 m de corrida rápida com 30 segundos de pausa, alternados com exercícios com halteres). Para o treinamento de natação, os participantes aprenderam e melhoraram o estilo de nado “crawl”. Detalhes sobre esses exercícios foram descritos anteriormente (Borges et al. 2017).

2.8. Análise estatística

Todas as análises foram realizadas usando o software estatístico SPSS (versão 21.0, IBM, Chicago, Illinois). O teste de normalidade Shapiro-Wilk foi utilizado para verificar a normalidade da distribuição dos dados. Estatísticas descritivas, médias e valores de DP foram utilizados para caracterizar a amostra. O teste t de Student e o teste de Wilcoxon foram utilizados para comparar as variáveis entre os momentos (M1 e M2). A análise de variância (ANOVA) para medidas repetidas foi utilizado para verificar o impacto do período de treinamento físico nos sujeitos. Foi definido $p < 0,05$ como o nível de significância.

3. RESULTADOS

A Tabela 1 apresenta as características antropométricas dos participantes (n = 98) no início do estudo (M1).

Tabela 1. Características antropométricas dos participantes no início do estudo.

Variáveis	Média ± DP
Idade (anos)	18,76 ± 0,49
Peso (kg)	67,81 ± 8,46
Estatura (cm)	174,78 ± 5,99
Índice de massa corporal (kg/m²)	22,17 ± 2,27

A Tabela 2 apresenta os parâmetros de BIA, composição corporal e glicemia dos participantes no momento M1 e M2, e as alterações após o período de treinamento físico (Δ). Após 6 meses de treinamento físico, diferenças significativas foram observadas para os parâmetros de BIA ($p < 0,001$), peso corporal ($p < 0,001$), composição corporal (com exceção da MG em kg; $p < 0,05$) e para a glicemia ($p < 0,001$). Entretanto, a ANOVA apresentou diferenças estatisticamente significantes nos efeitos do treinamento físico em R, Xc, AdF, CMO, TMM e GLI ($p < 0,05$).

Tabela 2. Parâmetros da análise de bioimpedância elétrica, composição corporal e glicemia dos participantes nos períodos pré- (M1) e pós- (M2) treinamento físico, e as suas alterações (Δ).

Variáveis	M1	M2	Δ	η^2
	Média $\pm$ DP	Média $\pm$ DP	Média $\pm$ DP	
Resistência (Ω)	473,01 $\pm$ 39,59	461,83 $\pm$ 40,33	-11,22 $\pm$ 30,35*	0,12
Reatância (Ω)	60,73 $\pm$ 6,04	64,53 $\pm$ 6,18	3,80 $\pm$ 5,52*	0,32
Ângulo de fase ($^\circ$)	7,34 $\pm$ 0,66	7,98 $\pm$ 0,62	0,64 $\pm$ 0,56*	0,57
Peso (kg)	67,81 $\pm$ 8,47	69,31 $\pm$ 7,64	1,50 $\pm$ 2,52*	0,27
Conteúdo mineral ósseo (kg)	2,91 $\pm$ 0,35	2,96 $\pm$ 0,34	0,05 $\pm$ 0,03*	0,66
Massa gorda (kg)	12,35 $\pm$ 3,82	12,03 $\pm$ 2,95	-0,31 $\pm$ 2,02	0,02
Massa gorda (%)	17,93 $\pm$ 4,00	17,22 $\pm$ 3,02	-0,72 $\pm$ 2,38	0,08
Tecido mole magro (kg)	52,83 $\pm$ 5,60	54,71 $\pm$ 5,44	1,89 $\pm$ 1,40*	0,65
Glicemia (mg/dl)	90,56 $\pm$ 6,38	86,48 $\pm$ 6,72	-4,08 $\pm$ 7,56*	0,23

Legenda: * $p < 0,001$ vs M1; η^2 : tamanho do efeito para as alterações foram testadas utilizando a ANOVA de uma via para medidas repetidas.

A Figura 2 apresenta as alterações individuais nos parâmetros de saúde celular, composição corporal e glicemia dos participantes após o período de treinamento físico. Os valores de AdF melhoraram em 91,8% dos participantes, 93,9% melhoraram o CMO, 57,1% diminuíram o %MG, 91,8% aumentaram o valor de TMM e 65,3% diminuíram a GLI após o período de treinamento físico.

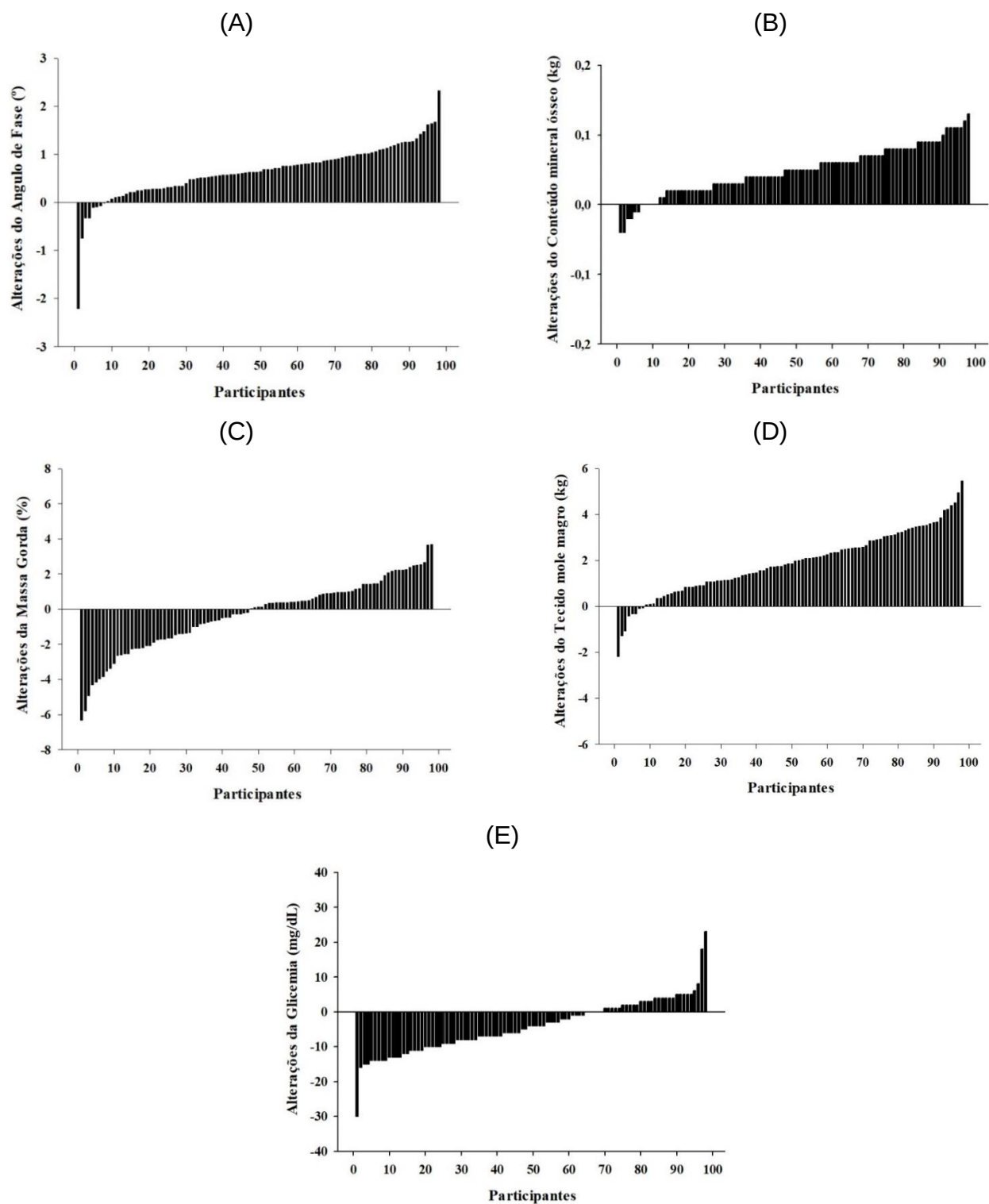


Figura 2. Alterações individuais no (A) ângulo de fase, (B) conteúdo mineral ósseo, (C) percentual de massa gorda, (D) tecido mole magro e (E) glicemia entre os participantes após o período de treinamento físico.

4. DISCUSSÃO

Os principais e novos achados deste estudo foram as alterações positivas observadas nos jovens do sexo masculino após 6 meses de treinamento físico. Essas alterações positivas foram avaliadas por meio de indicadores de saúde celular (aumento do valor de AdF), composição corporal (aumento do CMO e TMM e diminuição dos valores de %MG) e na glicose no sangue (diminuição). Essas melhorias foram observadas na maioria dos voluntários do estudo (91%, 93%, 57%, 91% e 65% das medidas de AdF, CMO, %MG, TMM e GLI, respectivamente).

As alterações observadas na composição corporal (aumento no CMO e TMM, e diminuição no %MG) suportam os achados anteriores de que o treinamento militar promove ganhos na MIG e perda no %MG na população do exército (Cederberg et al. 2011; Hagnäs et al. 2012; Margolis et al. 2012; Pasiakos et al. 2012) assim como em diferentes populações após um período de treinamento físico (Hassannejad et al. 2017; Monteiro et al. 2015; Paoli et al. 2017).

Neste estudo, observamos uma diminuição de 4% nos níveis de GLI, provavelmente devido às modificações no estilo de vida exigidas na EsPCEx, especificamente o treinamento combinado de exercícios aeróbicos e resistidos após o período de 6 meses. Essa diminuição nos níveis de GLI fortalecem com os achados de Pasiakos e colaboradores (2012) no qual realizou um treinamento físico de 9 semanas combinando atividades de exercícios aeróbicos e treinamento de força muscular em militares obesos.

As alterações observadas na composição corporal e na glicemia são relevantes, pois indivíduos com maiores quantidades de gordura corporal e maiores valores de níveis de glicose no sangue podem apresentar um maior risco de desenvolver doenças cardiovasculares, obesidade, diabetes e outras doenças relacionadas (Cederberg et al. 2011; Friedl 2012; Hagnäs et al. 2012; Pasiakos et al. 2012). Portanto, indivíduos que apresentam um perfil de composição corporal melhor tendem a apresentar um melhor estado de saúde,

longevidade, melhor desempenho físico e proteção contra risco de lesões (Friedl 2012).

No presente estudo, observou-se que o treinamento físico esteve associado ao aumento dos valores de AdF. Em um estudo anterior realizado com atletas de elite, também foi observado elevados valores de AdF (Torres et al. 2008). Ribeiro e colaboradores (2017) realizaram um ensaio clínico randomizado para analisar os efeitos do treinamento resistido no AdF em jovens saudáveis de ambos os sexos que participaram de um programa de treinamento resistido por um período de 16 semanas e encontraram aumentos no AdF. Embora tenham observado uma melhora na saúde celular (valor de AdF) e uma diminuição no valor de R, não observaram um aumento significativo no valor de Xc. No presente estudo, observou-se aumento significativo dos valores de AdF e Xc, além de diminuição significativa do valor de R. Conforme mencionado anteriormente, o AdF é calculado utilizando a razão dos parâmetros de Xc e R fornecidos pela BIA (Baumgartner, Chumlea, e Roche 1988). Considerando que o valor de R é inversamente proporcional à quantidade de eletrólitos presentes na água dos tecidos, quanto menor a quantidade de AIC e AEC, maior o valor de R do corpo (Chumlea e Sun 2005). Por outro lado, a Xc reflete a capacitância das membranas celulares na superfície dos tecidos não iônicos retardando a passagem de um fluxo elétrico, ou seja, quanto melhor a integridade da membrana celular, maior o valor Xc do corpo (Barnett e Bagno 1935). Portanto, considerando que as alterações nos componentes do corpo ocorrem devido ao treinamento físico, o nível de hidratação pode também afetar as alterações do valor de AdF. Matematicamente, valores maiores e menores de R e Xc, respectivamente, resultarão em um valor baixo de AdF, pois esse parâmetro é calculado pela razão de Xc para R (Dittmar, Reber, e Kahaly 2015). Além disso, como limitação deste estudo, não avaliamos o estado de hidratação dos participantes.

Este estudo utilizou um desenho observacional, pelo qual uma relação de efeito-causa entre o treinamento físico e a melhora nos resultados de saúde

não podem ser estabelecidos. Como os níveis basais de aptidão cardiorrespiratória e o nível socioeconômico não foram fornecidos, não pudemos testar se essas variáveis eram potenciais fatores de confusão em nossos achados. Nossos resultados só podem ser generalizados em populações com jovens saudáveis e do sexo masculino.

5. CONCLUSÃO

Concluimos que 6 meses de treinamento físico foi associado a alterações positivas na saúde celular, composição corporal e glicemia, em jovens do sexo masculino com idade entre 18 e 20 anos. O treinamento físico militar é uma estratégia eficaz que pode atenuar o risco metabólico em jovens por meio de melhorias nos parâmetros relacionados à saúde.

6. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem aos oficiais e cadetes da “Escola Preparatória de Cadetes do Exército” (EsPCEEx) de Campinas-SP, pela autorização e colaboração neste estudo.

7. REFERÊNCIAS

Al-Dahi, Salem, Hesham Al-Khashan, Mohamed Abdullah Mashhour Al Madeer, Khaled Al-Saif, Mohamed Dhafer Salih Al-Amri, Othman Al-Ghamdi, Nabil Al-Helali, Mohie Selim, e Adel Mounir Mishriky. 2013. “Assessment of Framingham Cardiovascular Disease Risk among Militaries in the Kingdom of Saudi Arabia”. *Military Medicine* 178 (3): 299–305.

- Barbosa, Robson, e Eveline Silva. 2013. "Prevalence of cardiovascular risk factors among military police officers". *International Journal of Cardiovascular Sciences* 26 (1): 45–53.
- Barnett, Avrom, e Samuel Bagno. 1935. "The Physiological mechanisms involved in the clinical measure of phase angle". *American Journal of Physiology - Legacy Content* 114 (2): 366–82.
- Baumgartner, R. N., W. C. Chumlea, e A. F. Roche. 1988. "Bioelectric Impedance Phase Angle and Body Composition". *The American Journal of Clinical Nutrition* 48 (1): 16–23.
- Borges, Juliano H., Gary R. Hunter, Analiza M. Silva, Vagner X. Cirolini, Raquel D. Langer, Mauro A. Páscoa, Gil Guerra, e Ezequiel M. Gonçalves. 2017. "Adaptive Thermogenesis and Changes in Body Composition and Physical Fitness in Army Cadets". *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*.
- Cederberg, Henna, Ilona Mikkola, Jari Jokelainen, Mauri Laakso, Pirjo Härkönen, Tiina Ikäheimo, Markku Laakso, e Sirkka Keinänen-Kiukaanniemi. 2011. "Exercise during Military Training Improves Cardiovascular Risk Factors in Young Men". *Atherosclerosis* 216 (2): 489–95.
- Chumlea, W. C., e Shumei S. Sun. 2005. "Bioelectrical Impedance Analysis". In *Human Body Composition*, 2nd ed, 79–88. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Costa, Filipe Ferreira da, Vila Bayma Montenegro, Thiago Jambo Alves Lopes, e Eduardo Caldas Costa. 2011. "Combination of Risk Factors for Metabolic Syndrome in the Military Personnel of the Brazilian Navy". *Arquivos Brasileiros De Cardiologia* 97 (6): 485–92.
- De Lorenzo, A., A. Andreoli, J. Matthie, e P. Withers. 1997. "Predicting Body Cell Mass with Bioimpedance by Using Theoretical Methods: A Technological Review". *Journal of Applied Physiology (Bethesda, Md.: 1985)* 82 (5): 1542–58.

- Dittmar, M., H. Reber, e G. J. Kahaly. 2015. "Bioimpedance Phase Angle Indicates Catabolism in Type 2 Diabetes". *Diabetic Medicine: A Journal of the British Diabetic Association* 32 (9): 1177–85.
- Friedl, Karl E. 2012. "Body Composition and Military Performance--Many Things to Many People". *Journal of Strength and Conditioning Research / National Strength & Conditioning Association* 26 Suppl 2 (julho): S87-100.
- Gandapur, Abdus Salam Khan, Modoodul Manan, Ghazala Nazir, Naeen Uzma, Javaid Akhtar Chawla, Azhar Jadoon, e Asya Tauqeer. 2006. "Comparison of Lipid Profile and Apoprotein in Sedentary Workers and Those Involved in Regular Exercise". *Journal of Ayub Medical College, Abbottabad: JAMC* 18 (4): 16–20.
- Gupta, Digant, Carolyn A. Lammersfeld, Pankaj G. Vashi, Jessica King, Sadie L. Dahlk, James F. Grutsch, e Christopher G. Lis. 2008. "Bioelectrical Impedance Phase Angle as a Prognostic Indicator in Breast Cancer". *BMC Cancer* 8.
- Hagnäs, Maria P., Henna Cederberg, Ilona Mikkola, Tiina M. Ikäheimo, Jari Jokelainen, Mauri Laakso, Pirjo Härkönen, Ari Peitso, Ulla Rajala, e Sirkka Keinänen-Kiukaanniemi. 2012. "Reduction in Metabolic Syndrome among Obese Young Men Is Associated with Exercise-Induced Body Composition Changes during Military Service". *Diabetes Research and Clinical Practice* 98 (2): 312–19.
- Hassannejad, Alireza, Alireza Khalaj, Mohammad Ali Mansournia, Mastaneh Rajabian Tabesh, e Zahra Alizadeh. 2017. "The Effect of Aerobic or Aerobic-Strength Exercise on Body Composition and Functional Capacity in Patients with BMI ≥ 35 after Bariatric Surgery: A Randomized Control Trial". *Obesity Surgery* 27 (11): 2792–2801.
- Hui, David, Swati Bansal, Margarita Morgado, Rony Dev, Gary Chisholm, e Eduardo Bruera. 2014. "Phase Angle for Prognostication of Survival in

- Patients with Advanced Cancer: Preliminary Findings". *Cancer* 120 (14): 2207–14.
- Khoshdel, A. R., M. Seyed Jafari, S. T. Heidari, F. Abtahi, e A. R. Abdi. 2013. "Prevalence of Cardiovascular Disease Risk Factors, and Metabolic Syndrome among Military Parachutists". *EBNESINA* 15 (1): 12–18.
- Kraemer, William J., Jason D. Vescovi, Jeff S. Volek, Bradley C. Nindl, Robert U. Newton, John F. Patton, Joseph E. Dziados, Duncan N. French, e Keijo Häkkinen. 2004. "Effects of Concurrent Resistance and Aerobic Training on Load-Bearing Performance and the Army Physical Fitness Test". *Military Medicine* 169 (12): 994–99.
- Kremer, M. M., R. W. Latin, K. E. Berg, e K. Stanek. 1998. "Validity of Bioelectrical Impedance Analysis to Measure Body Fat in Air Force Members". *Military Medicine* 163 (11): 781–85.
- Kyle, Ursula G., Ingvar Bosaeus, Antonio D. De Lorenzo, Paul Deurenberg, Marinos Elia, José Manuel Gómez, Berit Lilienthal Heitmann, et al. 2004. "Bioelectrical Impedance Analysis--Part I: Review of Principles and Methods". *Clinical Nutrition (Edinburgh, Scotland)* 23 (5): 1226–43.
- Kyle, Ursula G., Esther P. Soundar, Laurence Genton, e Claude Pichard. 2012. "Can Phase Angle Determined by Bioelectrical Impedance Analysis Assess Nutritional Risk? A Comparison between Healthy and Hospitalized Subjects". *Clinical Nutrition (Edinburgh, Scotland)* 31 (6): 875–81.
- Lee, So Yeon, Yong Joo Lee, Jung-Hwa Yang, Chul-Min Kim, e Whan-Seok Choi. 2014. "The Association between Phase Angle of Bioelectrical Impedance Analysis and Survival Time in Advanced Cancer Patients: Preliminary Study". *Korean Journal of Family Medicine* 35 (5): 251–56.
- Lohman, Timothy G., e A. F. Roche. 1988. *Anthropometric Standardization Reference Manual*. Champaign, IL: Human Kinetics Books.

- Manual de Campanha: Treinamento Físico Militar*. 2015. 4ed ed. EB20 - MC - 10.350. Brasília: MINISTÉRIO DA DEFESA EXÉRCITO BRASILEIRO ESTADO-MAIOR DO EXÉRCITO. www.ipcfex.ensino.eb.br/downloads/eb20-mc-10.350novomanualdetfm.pdf. Access date: March 12, 2017.
- Margolis, Lee M., Stefan M. Pasiakos, J. Philip Karl, Jennifer C. Rood, Sonya J. Cable, Kelly W. Williams, Andrew J. Young, e James P. McClung. 2012. "Differential Effects of Military Training on Fat-Free Mass and Plasma Amino Acid Adaptations in Men and Women". *Nutrients* 4 (12): 2035–46.
- Maria, Simone Hernandes Campos. 2012. "Estado nutricional e fatores associados em militares da Força Aérea Brasileira na cidade de São Paulo". Text, Universidade de São Paulo.
- Marra, M., A. Caldara, C. Montagnese, E. De Filippo, F. Pasanisi, F. Contaldo, e L. Scalfi. 2009. "Bioelectrical Impedance Phase Angle in Constitutionally Lean Females, Ballet Dancers and Patients with Anorexia Nervosa". *European Journal of Clinical Nutrition* 63 (7): 905–8.
- McGraw, Leigh K., Barbara S. Turner, Nancy A. Stotts, e Kathleen A. Dracup. 2008. "A Review of Cardiovascular Risk Factors in US Military Personnel". *The Journal of Cardiovascular Nursing* 23 (4): 338–44.
- Monteiro, Paula Alves, Kong Y. Chen, Fabio Santos Lira, Bruna Thamyres Cicotti Saraiva, Barbara Moura Mello Antunes, Eduardo Zapaterro Campos, e Ismael Forte Freitas. 2015. "Concurrent and Aerobic Exercise Training Promote Similar Benefits in Body Composition and Metabolic Profiles in Obese Adolescents". *Lipids in Health and Disease* 14 (novembro): 153.
- Mullie, Patrick, Peter Clarys, Mieke Hulens, e Greet Vansant. 2010. "Distribution of Cardiovascular Risk Factors in Belgian Army Men". *Archives of Environmental & Occupational Health* 65 (3): 135–39.

- Muniz, Gilmar Ribeiro, e Francisco Inácio Pinkusfeld Monteiro Bastos. 2010. "Prevalência de obesidade em militares da força aérea brasileira e suas implicações na medicina aeroespacial".
- Neves, Eduardo Borba. 2008. "Prevalência de sobrepeso e obesidade em militares do exército brasileiro: associação com a hipertensão arterial". *Ciência & Saúde Coletiva* 13 (5): 1661–68.
- Norman, Kristina, Nicole Stobäus, Matthias Pirlich, e Anja Bosy-Westphal. 2012. "Bioelectrical phase angle and impedance vector analysis – Clinical relevance and applicability of impedance parameters". *Clinical Nutrition* 31 (6): 854–61.
- Ogurtsova, K., J. D. da Rocha Fernandes, Y. Huang, U. Linnenkamp, L. Guariguata, N. H. Cho, D. Cavan, J. E. Shaw, e L. E. Makaroff. 2017. "IDF Diabetes Atlas: Global Estimates for the Prevalence of Diabetes for 2015 and 2040". *Diabetes Research and Clinical Practice* 128 (junho): 40–50.
- Paiva, Silvana Iturriet, Lúcia R. Borges, Denise Halpern-Silveira, M. Cecília F. Assunção, Aluisio J. D. Barros, e M. Cristina Gonzalez. 2010. "Standardized Phase Angle from Bioelectrical Impedance Analysis as Prognostic Factor for Survival in Patients with Cancer". *Supportive Care in Cancer: Official Journal of the Multinational Association of Supportive Care in Cancer* 19 (2): 187–92.
- Pannacciulli, Nicola, Giovanni De Pergola, Marco Ciccone, Paolo Rizzon, Francesco Giorgino, e Riccardo Giorgino. 2003. "Effect of Family History of Type 2 Diabetes on the Intima-Media Thickness of the Common Carotid Artery in Normal-Weight, Overweight, and Obese Glucose-Tolerant Young Adults". *Diabetes Care* 26 (4): 1230–34.
- Paoli, Antonio, Paulo Gentil, Tatiana Moro, Giuseppe Marcolin, e Antonino Bianco. 2017. "Resistance Training with Single vs. Multi-Joint Exercises at Equal Total Load Volume: Effects on Body Composition, Cardiorespiratory Fitness, and Muscle Strength". *Frontiers in Physiology* 8: 1105.

- Pasiakos, Stefan M., J. Philip Karl, Laura J. Lutz, Nancy E. Murphy, Lee M. Margolis, Jennifer C. Rood, Sonya J. Cable, Kelly W. Williams, Andrew J. Young, e James P. McClung. 2012. "Cardiometabolic Risk in US Army Recruits and the Effects of Basic Combat Training". *PLOS ONE* 7 (2): e31222.
- Ray, Sougat, Bharati Kulkarni, e A. Sreenivas. 2011. "Prevalence of Prehypertension in Young Military Adults & Its Association with Overweight & Dyslipidaemia". *The Indian Journal of Medical Research* 134 (agosto): 162–67.
- Ribeiro, A. S., A. Avelar, L. Dos Santos, A. M. Silva, L. A. Gobbo, B. J. Schoenfeld, L. B. Sardinha, e E. S. Cyrino. 2017. "Hypertrophy-Type Resistance Training Improves Phase Angle in Young Adult Men and Women". *International Journal of Sports Medicine* 38 (1): 35–40.
- Schwenk, A., A. Beisenherz, K. Römer, G. Kremer, B. Salzberger, e M. Elia. 2000. "Phase Angle from Bioelectrical Impedance Analysis Remains an Independent Predictive Marker in HIV-Infected Patients in the Era of Highly Active Antiretroviral Treatment". *The American Journal of Clinical Nutrition* 72 (2): 496–501.
- Selberg, Oliver, e Daniela Selberg. 2002. "Norms and Correlates of Bioimpedance Phase Angle in Healthy Human Subjects, Hospitalized Patients, and Patients with Liver Cirrhosis". *European Journal of Applied Physiology* 86 (6): 509–16.
- Talbot, Laura A., E. Jeffrey Metter, Christopher H. Morrell, Kevin D. Frick, Ali A. Weinstein, e Jerome L. Fleg. 2011. "A Pedometer-Based Intervention to Improve Physical Activity, Fitness, and Coronary Heart Disease Risk in National Guard Personnel". *Military Medicine* 176 (5): 592–600.
- Toombs, Rebecca J., Gaelle Ducher, John A. Shepherd, e Mary Jane De Souza. 2012. "The Impact of Recent Technological Advances on the Trueness

and Precision of DXA to Assess Body Composition". *Obesity (Silver Spring, Md.)* 20 (1): 30–39.

Torres, Alexandre G., Karla J. F. Oliveira, Astrogildo V. Oliveira-Junior, Mariana C. Gonçalves, e Josely C. Koury. 2008. "Biological Determinants of Phase Angle among Brazilian Elite Athletes". *Proceedings of the Nutrition Society* 67 (OCE8).

Twig, Gilad, Arnon Afek, Ari Shamiss, Estela Derazne, Dorit Tzur, Barak Gordon, e Amir Tirosh. 2012. "White Blood Cell Count and the Risk for Coronary Artery Disease in Young Adults". *PloS One* 7 (10): e47183.

Wenzel, Daniela, José Maria Pacheco de Souza, e Sônia Buongiorno de Souza. 2009. "Prevalence of arterial hypertension in young military personnel and associated factors". *Revista de Saúde Pública* 43 (5): 789–95.

Władysiuk, M. S., R. Mlak, K. Morshed, W. Surtel, A. Brzozowska, e T. Małecka-Massalska. 2016. "Bioelectrical Impedance Phase Angle as a Prognostic Indicator of Survival in Head-and-Neck Cancer". *Current Oncology (Toronto, Ont.)* 23 (5): e481–87.

World Medical Association. 2013. "World Medical Association Declaration of Helsinki: Ethical Principles for Medical Research Involving Human Subjects". *JAMA* 310 (20): 2191–94.

4.2. Capítulo 2: *O ângulo de fase pode ser utilizado como indicador de força muscular em jovens saudáveis do sexo masculino?*

Resumo

Introdução: O ângulo de fase (AdF) determinado pela impedância bioelétrica (BIA) é utilizado para avaliar o equilíbrio dos fluídos corporais e a integridade da membrana celular. A força de preensão manual (FPM_{Total}) é utilizada para avaliar a força muscular e como um indicador de saúde. **Objetivo:** Determinar a relação entre o AdF e FPM em jovens do sexo masculino e verificar se essa relação é dependente dos componentes corporais. **Métodos:** 187 jovens saudáveis cadetes do exército do sexo masculino ($18,8 \pm 0,6$ anos) participaram do estudo. O AdF foi estimado pela BIA, a FPM foi avaliada pelo dinamômetro e a absorciometria por dupla-emissão de raio-X determinou: massa gorda (MG), conteúdo mineral ósseo (CMO) e tecido mole magro (TMM). **Resultados:** Participantes foram divididos conforme o tercil de AdF (1º tercil: $AdF \leq 7,11^\circ$, 2º tercil: $7,12^\circ \leq AdF \leq 7,79^\circ$ e 3º tercil: $AdF \geq 7,80^\circ$). Jovens do 1º tercil de AdF apresentavam menor CMO ($2,8 \pm 0,0\text{kg}$ vs $3,0 \pm 0,0\text{kg}$ e vs $3,1 \pm 0,0\text{kg}$) e TMM ($51,4 \pm 0,6\text{kg}$ vs $53,9 \pm 0,6\text{kg}$ e vs $57,3 \pm 0,6\text{kg}$) comparados aos jovens do 2º e 3º tercil de AdF ($p < 0,001$), respectivamente e menor FPM_{Total} ($82,1 \pm 1,9\text{kg}$ vs $92,2 \pm 1,9\text{kg}$) comparados aos jovens do 3º tercil de AdF ($p < 0,001$). O AdF explicou 2% ($R^2 = 0,020$) enquanto o TMM e CMO explicaram 35% ($R^2 = 0,35$) e 20% ($R^2 = 0,212$), respectivamente, a variação da FPM_{Total} . Além disso, a correlação entre o AdF e a FPM_{Total} foi dependente do TMM ($p = 0,547$) e CMO ($p = 0,133$) e independente da MG ($p = 0,028$). **Conclusão:** Nessa amostra, o AdF apresentou uma fraca relação com a FPM_{Total} sendo dependente do CMO e TMM. Esses resultados reforçam a importância de manter um estilo de vida fisicamente ativo apresentando bons valores de massa magra e força muscular.

Palavras-chave: impedância bioelétrica; massa magra; força muscular.

1. INTRODUÇÃO

A força muscular é um componente importante da aptidão física (1). O teste de força de preensão manual (FPM) é utilizado para a avaliação da força muscular e performance em populações de diferentes idades e condições de saúde (2–4). Estudos indicam que valores baixos ou a diminuição da força muscular estão associados com o risco de doenças cardiovasculares e câncer (5), maior tempo de hospitalização (6) e risco de mortalidade em homens e mulheres (5,7,8). Por outro lado, valores elevados de força muscular estão associados com maior massa muscular em idosos (9,10), aptidão física em crianças e adolescentes (11,12) e melhor desempenho em militares (13,14).

O ângulo de fase (AdF) determinado pela impedância bioelétrica é um índice obtido pela razão entre a resistência e a reactância (15) e é utilizado como um marcador de saúde em diversas doenças (16,17). Valores elevados de AdF ($>6^\circ$) representam melhor equilíbrio dos fluídos e melhor integridade da membrana celular (18), podendo ser utilizado para monitorar a massa corporal celular (19). Estudos anteriores verificaram uma associação positiva entre o AdF e a FPM em pacientes com diversas doenças e condições clínicas (2,3,20–22) e em idosos de ambos os sexos (23), indicando a utilidade de ambos parâmetros como um preditor clínico de funcionalidade relacionado à doença.

No caso dos militares, apresentar bons níveis de força muscular e composição corporal, são determinantes para desempenhar com sucesso as diversas atividades propostas ao treinamento militar e para a saúde em geral (24–26). Estudos anteriores verificaram um aumento de 7,1% na FPM e uma diminuição de 1,5% no percentual de massa gorda em militares que participaram de um programa de treinamento físico militar (27) e um aumento de 1,6 kg na FPM e 2,1 kg na massa isenta de gordura em militares durante uma operação de combate (13). Os resultados destes estudos indicaram que a quantidade de massa muscular se torna uma característica fisiológica determinante para esta população (27). A força muscular depende de diferentes fatores fisiológicos e metabólicos (ex: substrato energético, recrutamento e tipos de fibras), no qual a

quantidade de massa muscular apresenta ser um dos componentes fisiológicos mais importantes da capacidade do músculo de gerar força (28). Em um estudo anterior (29) com homens saudáveis (idade: 20-40 anos) foi observado uma relação positiva entre a FPM e o AdF ($r=0,58$), entretanto não se sabe se essa relação pode ter sido influenciada pelos parâmetros da composição corporal.

Neste sentido, o objetivo deste estudo é determinar a relação entre o AdF e a FPM em jovens saudáveis cadetes do exército do sexo masculino com idade entre 18 e 22 anos, e verificar se essa relação é dependente dos componentes corporais. Como hipótese deste estudo, os jovens saudáveis cadetes do exército do sexo masculino com elevados valores de AdF irão apresentar maior valor de FPM quando comparados com os jovens de menor valor de AdF, além disso, essa relação será influenciada pela quantidade de massa magra.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Participantes

Os participantes do estudo foram os jovens saudáveis cadetes do exército do sexo masculino que ingressaram na “Escola Preparatória de Cadetes do Exército” (EsPCEEx) de Campinas-SP, Brasil. Antes de ingressarem na EsPCEEx, os candidatos passam por um processo seletivo comprovando a capacidade de realizar com eficiência as atividades propostas, indicando assim, que estão aptos e saudáveis. Esse processo consiste em três etapas: (i) uma prova escrita, (ii) um atestado assinado pelo médico responsável (constando aprovação de teste físico, hemograma completo, radiografias dos pulmões e da cabeça e eletroencefalograma), e (iii) testes físicos (que incluí exercícios de força muscular, resistência muscular e aptidão aeróbia) que foram realizados dentro da EsPCEEx.

Foram convidados a participar do estudo 500 alunos que ingressaram na EsPCEEx, entretanto, apenas 369 alunos se voluntariaram para participar do estudo. No período da coleta de dados, 162 participantes não apareceram no dia

das avaliações (por motivos internos de escala de trabalho) ou não retornaram com o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido assinado, e 20 participantes não completaram todas as avaliações. Portanto, a amostra final foi composta por 187 jovens saudáveis cadetes do exército do sexo masculino e com idades entre 18 e 22 anos. O recrutamento e elegibilidade dos participantes do estudo estão descritos na Figura 1.

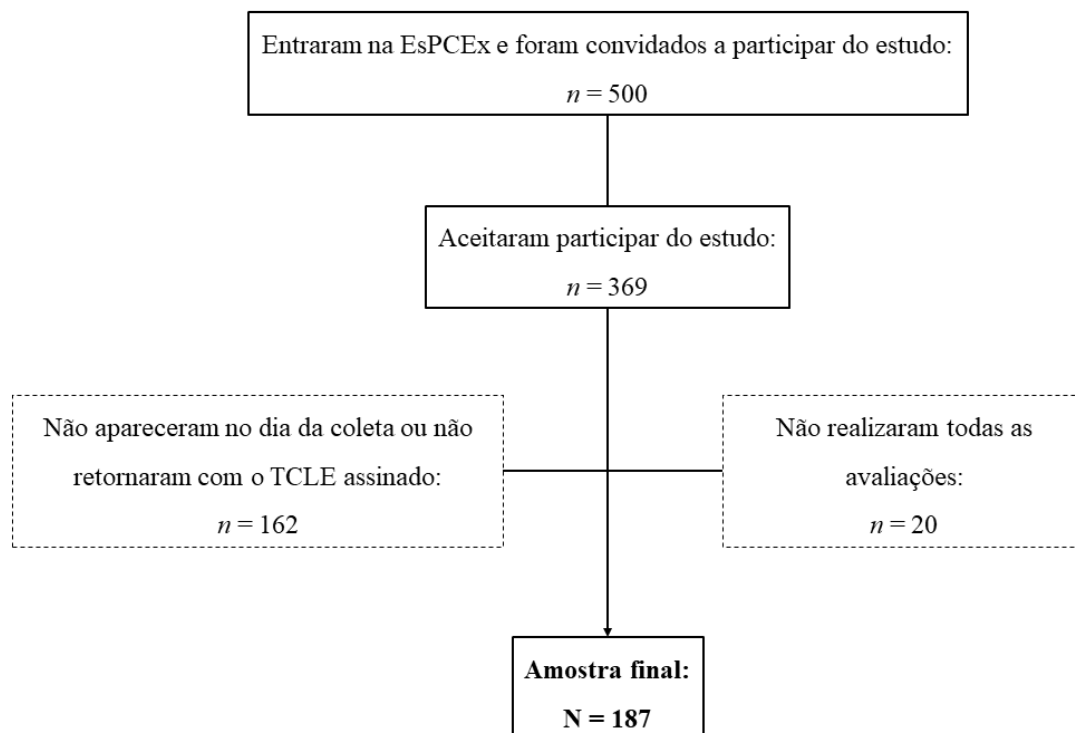


Figura 1. Fluxograma dos participantes incluídos no estudo. EsPCEEx: Escola Preparatória de Cadetes do Exército; TCLE: Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

2.2. Delineamento do estudo e ética

Trata-se de um estudo transversal, no qual todas as coletas foram realizadas no mesmo dia no Centro de Pesquisas em Pediatria da Faculdade de Ciências Médicas da Universidade Estadual de Campinas. Todos os participantes foram informados sobre os procedimentos envolvendo a sua

participação na pesquisa e assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. Os participantes foram instruídos a remover todos os objetos contendo metal (ex: pulseiras, relógios, anéis, etc) antes das avaliações, trajavam roupas leves (camiseta e shorts) e estavam descalços. O Comitê de Ética da Faculdade de Ciências Médicas da Universidade Estadual de Campinas aprovou a pesquisa e os procedimentos foram conduzidos de acordo com a Declaração de Helsinque.

2.3. Medidas antropométricas

O peso corporal total (kg) foi medido utilizando uma balança digital com precisão de 0,1kg e a estatura (cm) foi medida utilizando um estadiômetro vertical com precisão de 0,1cm, seguindo os protocolos recomendados (30). Posteriormente, o índice de massa corporal (IMC, kg/m^2) foi calculado.

2.4. Análise de Impedância Bioelétrica (BIA)

O protocolo para a avaliação da BIA foi realizado conforme as recomendações da literatura (31). Os parâmetros de BIA foram obtidos por um equipamento tetrapolar e de uni-frequência (50 kHz) (Quantum II, RJL Systems, Detroit, Michigan) e forneceram os valores de resistência (R) e reatância (X_c) em Ohms (Ω). Posteriormente, foi calculado o valor de AdF em graus ($^\circ$) [$\text{AdF} = \arctangente(X_c/R) \times (180^\circ/3,14)$] (15).

2.5. Absorciometria por dupla emissão de raio-x (DXA)

O equipamento iDXA (GE Healthcare Lunar, Madison, WI, USA) e versão 13.6, determinou a medida de corpo inteiro das variáveis de massa gorda (MG), conteúdo mineral ósseo (CMO) e tecido mole magro (TMM) em kilogramas. Todas as medidas e a calibração do aparelho foram realizadas de acordo com os procedimentos recomendados pelo fabricante.

2.6. Força de preensão manual (FPM)

A FPM foi avaliada utilizando um dinamômetro hidráulico (Jamar, Sammons Preston, Inc., Bolingbrook, IL, EUA). O protocolo de avaliação da FPM foi realizado com o participante em pé, com os braços relaxados e estendidos paralelos ao tronco, o antebraço em posição neutra e os pés afastados na largura do quadril (32). O ponteiro foi colocado na posição inicial (zero) e um tempo de contração de 3 segundos foi utilizado para obter a leitura da força do antebraço. Três medidas foram realizadas para os braços direito e esquerdo com um intervalo de 30 a 60 segundos entre cada medida. Foi anotado o valor maior de cada braço (FPM_{Direito} e FPM_{Esquerdo}) (33) e para as análises estatísticas foi considerado a soma dos dois braços (FPM_{Total} = FPM_{Direito} + FPM_{Esquerdo}).

2.7. Análise estatística

As análises foram realizadas utilizando o software estatístico SPSS (versão 21.0, IBM, Chicago, Illinois). Estatísticas descritivas, médias e desvio padrão foram utilizados para caracterizar a amostra. As variáveis que não apresentaram distribuição normal foram ajustadas utilizando o logaritmo na base 10 (idade, IMC, AdF, FPM_{Total} e MG). A correlação de *Pearson* foi utilizada para verificar a associação entre o AdF, FPM_{Total} e os componentes corporais (MG, CMO, TMM). A análise de variância (ANOVA) com o teste de *post-hoc* de Bonferroni foi utilizada para comparar as variáveis de interesse entre os grupos de acordo com o tercil de AdF (1º tercil vs 2º tercil, 1º tercil vs 3º tercil, e 2º tercil vs 3º tercil) e quando necessário, foi incluído o ajuste da covariável (estatura) ao modelo. A correlação parcial foi utilizada para verificar a associação entre o AdF e a FPM_{Total} controlada pelos componentes corporais. A análise de regressão linear múltipla foi utilizada para verificar a influência do valor de AdF e dos componentes corporais na FPM_{Total}. Foi adotado $p < 0,05$ como o nível de significância.

3. RESULTADOS

A tabela 1 apresenta as características descritivas e os valores estimados dos parâmetros de BIA, componentes corporais e FPM dos participantes do estudo de acordo com a divisão por tercil de AdF (1º tercil: $\text{AdF} \leq 7,11^\circ$, 2º tercil: $7,12^\circ \geq \text{AdF} \leq 7,79^\circ$ e 3º tercil: $\text{AdF} \geq 7,80^\circ$). Como foi observada uma diferença significativa na variável de estatura, as comparações das variáveis de BIA, componentes corporais e FPM entre os grupos de acordo com o tercil do AdF foram ajustadas de acordo com a estatura (estatura = 175,41 cm).

A média do valor de AdF foi significativamente diferente entre os grupos de tercis de AdF, no qual os jovens saudáveis cadetes do exército do sexo masculino do 1º tercil de AdF apresentavam menor valor de AdF quando comparados com os jovens do 2º e do 3º tercil de AdF ($p < 0,001$). Os jovens saudáveis cadetes do exército do sexo masculino do 1º tercil de AdF eram mais altos e apresentavam menor valor de IMC, Xc, CMO e TMM quando comparados aos jovens do 2º e 3º tercil de AdF ($p < 0,001$). Além disso, os jovens saudáveis cadetes do exército do sexo masculino do 1º tercil de AdF apresentavam maior valor de R e menor valor de $\text{FPM}_{\text{Total}}$ quando comparados com os jovens do 3º tercil de AdF. Por fim, os jovens saudáveis cadetes do exército do sexo masculino do 2º tercil de AdF apresentaram maior valor de R e menor valor de Xc, CMO, TMM e $\text{FPM}_{\text{Total}}$ quando comparados com os jovens do 3º tercil de AdF.

Tabela 1. Características descritivas e valores estimados dos parâmetros de BIA, componentes corporais e FPM de acordo com o tercil de AdF.

Variáveis	1º Tercil (n = 63)		2º Tercil (n = 62)		3º Tercil (n = 62)		F	Valor de <i>p</i>
	Média (EP)	95% IC	Média (EP)	95% IC	Média (EP)	95% IC		
Idade (anos)	18,84 (0,08)	18,67–19,01	18,78 (0,08)	18,61–18,95	18,85 (0,56)	18,74–18,97	0,285	0,753
Peso (kg)	67,38 (1,05)	65,28–69,48	68,66 (1,25)	66,15–71,17	69,93 (1,06)	67,80–72,06	1,290	0,278
Estatura (cm)	177,87 (0,79) ^{a,b}	176,29–179,44	174,99 (0,82)	173,34–176,63	173,35 (0,76)	171,83–174,86	8,439	<0,001
IMC (kg/m²)	21,29 (0,30) ^{a,b}	20,69–21,88	22,36 (0,32)	21,73–23,00	23,22 (0,25)	22,72–23,72	11,196	<0,001
R (Ω) *	488,70 (5,20) ^b	478,43–498,96	476,07 (5,12) ^b	465,98–486,17	438,37 (5,21)	428,10–448,64	24,555	<0,001
Xc (Ω) *	56,52 (0,75) ^{a,b}	55,04–58,00	62,13 (0,74)	60,56–63,58	64,04 (0,75)	62,56–65,52	26,096	<0,001
AdF (°) *	6,60 (0,06) ^{a,b}	6,47–6,72	7,44 (0,06) ^b	7,32–7,56	8,33 (0,06)	8,21–8,46	182,403	<0,001
MG (kg) *	11,37 (0,50)	10,39–12,35	12,74 (0,49)	11,78–13,70	11,69 (0,50)	10,71–12,67	2,146	0,120
CMO (kg) *	2,80 (0,04) ^{a,b}	2,73–2,87	2,97 (0,04) ^b	2,90–3,05	3,11 (0,04)	3,04–3,19	16,270	<0,001
TMM (kg) *	51,39 (0,56) ^{a,b}	50,29–52,50	53,59 (0,55) ^b	52,50–54,68	57,31 (0,56)	56,21–58,42	27,492	<0,001
FPM Total (kg) *	82,11 (1,93) ^b	78,31–85,91	83,37 (1,89) ^b	79,63–87,10	92,20 (1,93)	88,40–96,01	7,985	<0,001

Abreviações: IMC: Índice de massa corporal; R: Resistência; Xc: Reactância; AdF: ângulo de fase; MG: Massa gorda; CMO: Conteúdo mineral ósseo; TMM: Tecido mole magro; FPM: Força de preensão manual; EP: Erro padrão; 95% IC: Intervalo de confiança. *: ajuste pela estatura. Valores em negrito representam estatisticamente significante (^a: vs 2º tercil de AdF e ^b: vs 3º tercil de AdF. Teste de ANCOVA utilizando o *post-hoc* de Bonferroni, *p*<0,05).

Foi observado uma associação positiva entre a FPM_{Total} com o AdF ($r=0,216$, $p=0,003$) e com os componentes corporais [MG ($r=0,178$, $p=0,015$), CMO ($r=0,497$, $p<0,001$) e TMM ($r=0,604$, $p<0,001$)] nos jovens saudáveis cadetes do exército do sexo masculino (figura 2).

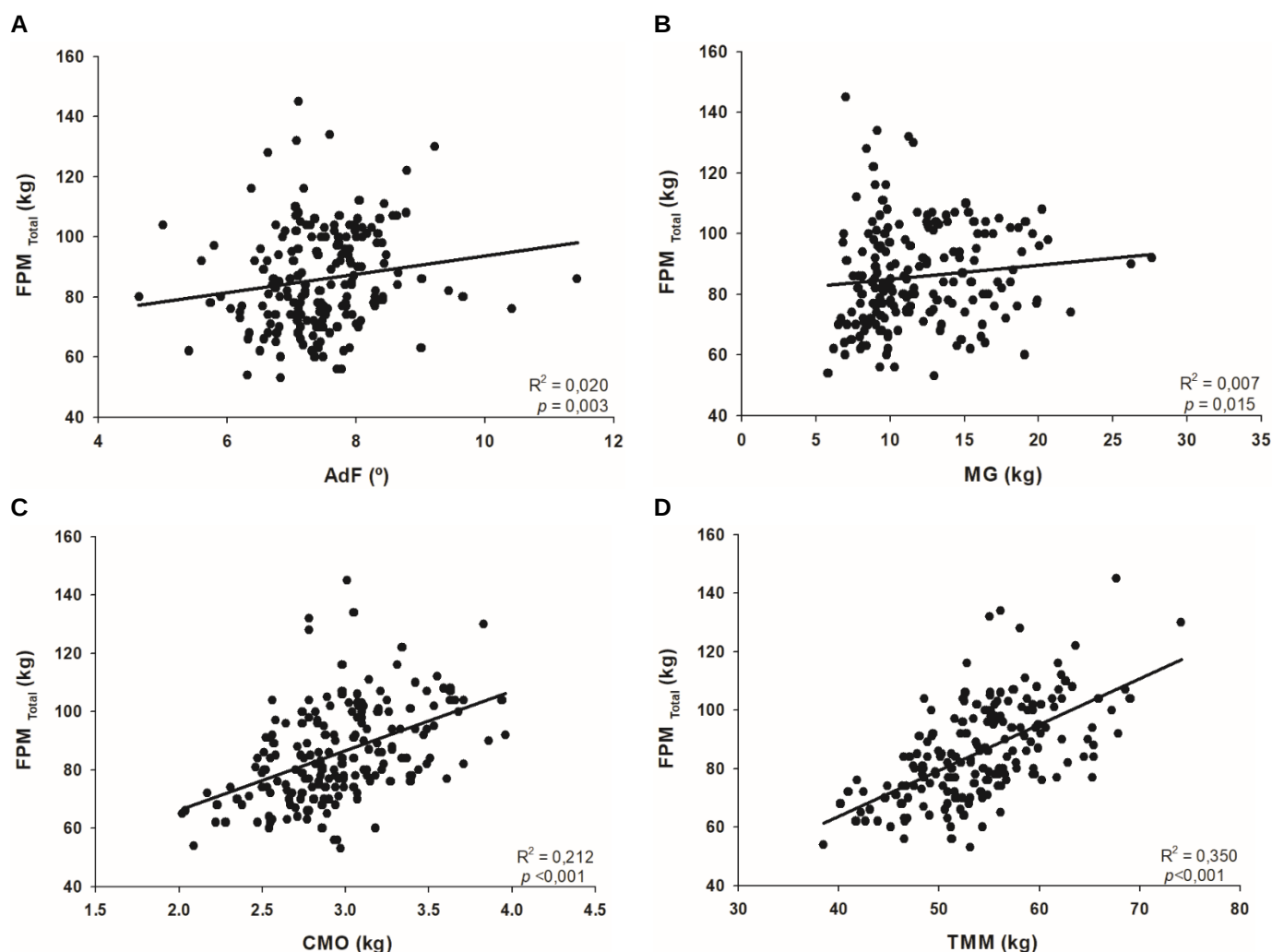


Figura 2. Relação entre a força de apreensão manual total e o ângulo de fase (A), massa gorda (B), conteúdo mineral ósseo (C) e tecido mole magro (D) da amostra total de participantes do estudo.

A análise de regressão linear múltipla verificou que apesar de pequeno, o AdF explicou 2% a variação na FPM_{Total} ($\beta=0,159$; $p=0,030$) enquanto o TMM explicou 35% ($\beta=0,595$; $p<0,001$) e o CMO explicou 21% ($\beta=0,465$; $p<0,001$) a variação na FPM_{Total} .

A correlação parcial entre a FPM_{Total} e o AdF foi utilizada para excluir o efeito dos componentes corporais (tabela 2) e verificou que não houve uma associação significativa entre a FPM_{Total} e o AdF quando controlado pelo CMO ($r=0,111$, $p=0,133$) e nem pelo TMM ($r=0,044$, $p=0,547$).

Tabela 2. Correlação parcial entre a FPM_{Total} e o AdF controlado pelos componentes corporais.

	Variáveis de controle	AdF	
		<i>r</i>	<i>p</i>
FPM_{Total}	MG	0,161	0,028
	CMO	0,111	0,133
	TMM	0,044	0,547

Abreviações: AdF: ângulo de fase; MG: Massa gorda; CMO: Conteúdo mineral ósseo; TMM: Tecido mole magro. Valores em negrito representam estatisticamente significante.

A figura 3 apresenta a estimativa da FPM_{Total} [após o ajuste pelo (A) TMM = 54,08 kg e pelo (B) CMO = 2,96 kg] de acordo com os tercís de AdF [(A) 1º tercís: 86,28 kg (95%IC: 82,95–89,60), 2º tercís: 84,13 kg (95%IC: 80,78–87,48) e 3º tercís: 87,20 kg (95%IC: 83,82–90,59) e (B) 1º tercís: 86,18 kg (95%IC: 82,53–89,82), 2º tercís: 82,96 kg (95%IC: 79,31–86,61) e 3º tercís: 88,47 kg (95%IC: 84,80–92,15)]. Não foi encontrada diferença significativa entre os grupos de acordo com o tercís de AdF na estimativa da FPM_{Total} tanto quando ajustada pelo TMM ($F=0,851$; $p=0,429$) quanto ajustada pelo CMO ($F=2,231$; $p=0,110$).

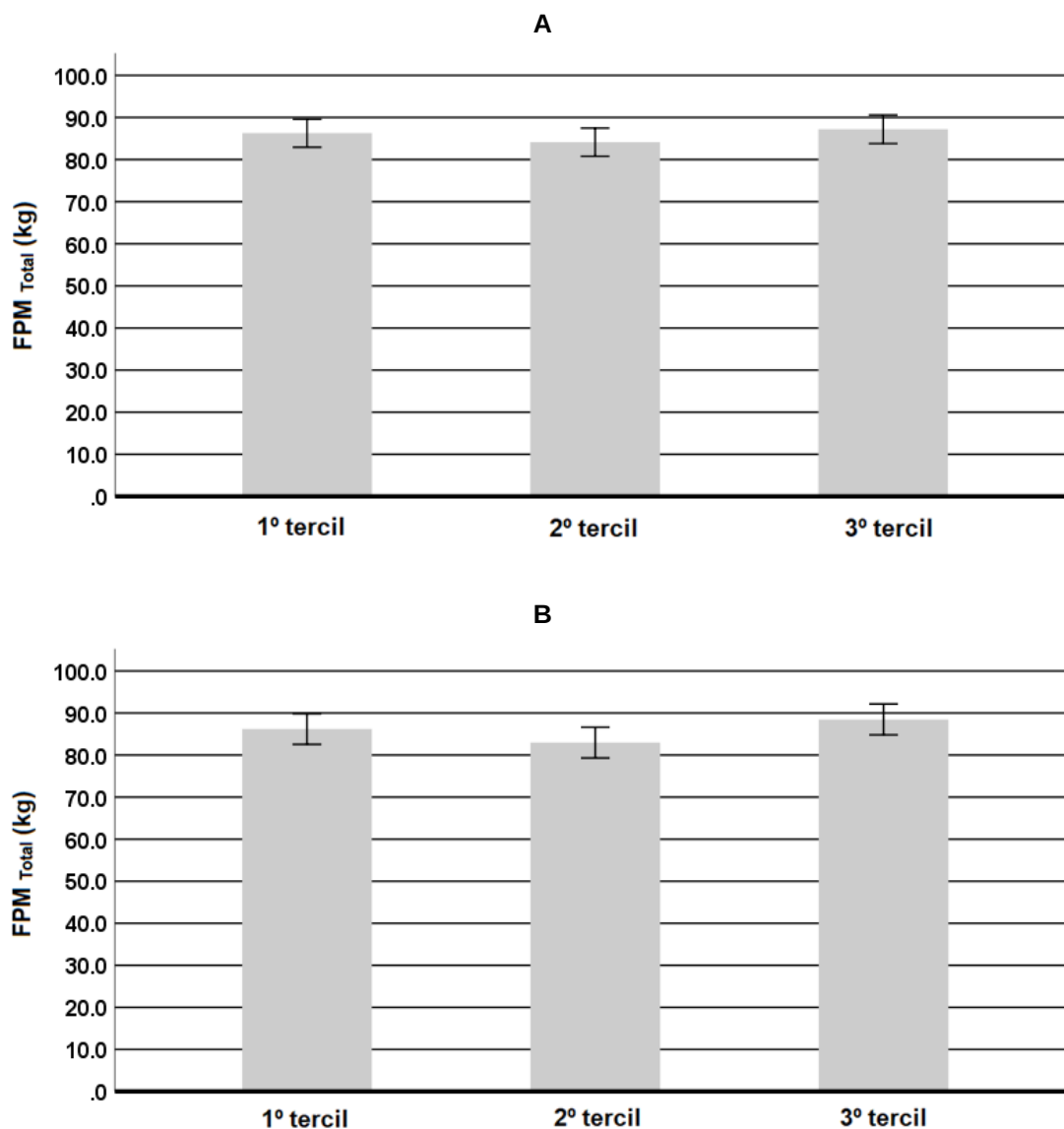


Figura 3. Estimativa da força de preensão manual, ajustada pelo (A) tecido mole magro e pelo (B) conteúdo mineral ósseo de acordo com o tercil de ângulo de fase dos participantes do estudo.

4. DISCUSSÃO

Apesar do AdF apresentar uma associação positiva significativa com a FPM Total a sua contribuição foi pequena na variação da FPM Total (2%). A fraca associação entre a FPM Total e o AdF ($r=0,22$) no presente estudo contradiz os achados de estudos anteriores, no qual reportaram uma associação mais forte

entre o AdF e a FPM_{Total} em pacientes após transplante de rim ($r=0,32$) (3), em pacientes com doença crônica de obstrução pulmonar de ambos os sexos (homens: $R^2=0,34$ e mulheres: $R^2=0,40$) (20), em pacientes hospitalizados por diferentes doenças ($r=0,54$) (21) e em homens adultos saudáveis ($r=0,58$) (29). Além disso, quando a correlação parcial foi utilizada para excluir o efeito da composição corporal, não houve associação significativa entre a FPM_{Total} e o AdF sugerindo que essa associação é dependente da quantidade de TMM e de CMO e independente da quantidade de MG nos jovens saudáveis cadetes do exército do sexo masculino.

Nos jovens participantes deste estudo, o TMM foi o componente corporal que apresentou maior contribuição na variação da FPM_{Total} (35%, $p<0,001$). Estudos anteriores reportaram que valores baixos de FPM estão associados com perda significativa de massa muscular com o avanço da idade em adultos de ambos os sexos (34). Por outro lado, um estudo realizado com militares dos sexos masculino e feminino, reportou que melhores níveis de aptidão física estão associados com maiores valores de massa muscular (24), indicando que a quantidade de massa muscular é uma característica determinante para esta população.

O AdF é utilizado como um importante marcador de hidratação da célula e integridade da membrana celular, e como consequência, da massa muscular (visto que aproximadamente 73% da água corporal está presente na massa muscular) (15). Os participantes deste estudo eram considerados participantes saudáveis (levando em conta o critério de inclusão) e pertenciam a uma amostra homogênea: considerando a idade ($18,8\pm0,6$ anos) e a quantidade de massa muscular ($54,08\pm6,24$ kg). Especula-se que por eles apresentarem uma maior quantidade de massa muscular (comparado a outros estudos) este pode ser um fator que influenciou a fraca relação entre o AdF e a FPM_{Total} (34). Em particular, entre os grupos no qual os participantes do 3º tercil (maior valor de AdF) apresentaram maior valor de FPM_{Total} e TMM quando comparados com o grupo de referência (participantes do 1º tercil, menor valor de AdF). Esses resultados

indicam que o AdF, assim como a FPM_{Total} estão relacionados mais com o tecido mole magro em jovens saudáveis cadetes do exército do sexo masculino.

O AdF calculado pela razão entre a resistência e a reatância tem sido interpretado como um índice de equilíbrio hídrico entre os fluídos intra- e extracelulares e com a integridade da membrana celular (35). Sendo que a resistência depende do conteúdo de fluídos e eletrólitos presentes na água corporal e a reatância depende do armazenamento de carga das membranas celulares que agem como capacitores imperfeitos (35), portanto, quanto melhor a hidratação corporal menor será o valor de resistência (31). Os jovens saudáveis cadetes do exército do sexo masculino deste estudo que estavam no 1º tercil de AdF ($\leq 7,11^\circ$) apresentavam maior valor de resistência, menor valor de tecido mole magro e menor valor de FPM_{Total} (tabela 1) quando comparados com os jovens que estavam no 3º tercil de AdF ($\geq 7,80^\circ$), indicando que os jovens do 1º tercil de AdF apresentavam menos água corporal comparados aos jovens do 3º tercil de AdF. Entretanto, não está claro o mecanismo que explica a associação entre o AdF e a FPM, porém, pelo fato do AdF ser um preditor da massa celular, participantes que apresentam menores valores de AdF tendem a apresentar menor água corporal e maior dano celular, podendo assim, comprometer a força muscular (29,36).

É importante ressaltar algumas limitações deste estudo. Primeiramente, nossos resultados são direcionados aos jovens saudáveis cadetes do exército do sexo masculino. Além disso, o fato deste estudo ser um estudo transversal, não se pode estabelecer uma relação causa-efeito entre o AdF e a FPM. Este estudo também apresenta pontos fortes que devem ser enfatizados. Em primeiro lugar, a avaliação da força muscular de membros superiores foi feita utilizando a FPM já que esta pode ser considerada como um indicador de força global, é uma medida acurada e reproduzível, pode ser utilizada tanto dentro quanto fora do ambiente laboratorial, foi utilizada em diversos estudos e tem a vantagem de poder avaliar uma grande quantidade de participantes em um curto período de tempo (12,32,37). Em segundo lugar a amostra deste estudo foi composta por

participantes saudáveis, pois como mencionado anteriormente o processo de admissão dos cadetes do exército é totalmente padronizado e controlado, o que do nosso conhecimento, não foi encontrado em estudo anterior. Finalmente, a avaliação da massa magra foi determinada por meio da DXA, visto que os estudos anteriores utilizaram equações de BIA ou dobras cutâneas na estimativa da massa magra.

5. CONCLUSÃO

Apesar do ângulo de fase se relacionar com a força muscular, essa associação mostrou-se dependente da quantidade de tecido magro nos jovens saudáveis cadetes do exército do sexo masculino. Esses resultados reforçam a importância de manter um estilo de vida fisicamente ativo para a manutenção de níveis adequados de massa magra e de força muscular.

6. REFERÊNCIAS

1. Bencke J, Damsgaard R, Saekmose A, Jørgensen P, Jørgensen K, Klausen K. Anaerobic power and muscle strength characteristics of 11 years old elite and non-elite boys and girls from gymnastics, team handball, tennis and swimming. *Scand J Med Sci Sports*. 2002 Jun;12(3):171–8.
2. Matias CN, Cavaco-Silva J, Reis M, Campa F, Toselli S, Sardinha L, et al. Phase Angle as a Marker of Muscular Strength in Breast Cancer Survivors. *Int J Environ Res Public Health*. 2020 Jun 21;17(12).
3. Reis AS dos, Santos HO, Limirio LS, Oliveira EP de. Phase Angle Is Associated With Handgrip Strength but Not With Sarcopenia in Kidney Transplantation Patients. *J Ren Nutr*. 2019 May 1;29(3):196–204.
4. Neil-Sztramko SE, Kirkham AA, Hung SH, Niksirat N, Nishikawa K, Campbell KL. Aerobic capacity and upper limb strength are reduced in

- women diagnosed with breast cancer: a systematic review. *J Physiother.* 2014 Dec;60(4):189–200.
5. Gale CR, Martyn CN, Cooper C, Sayer AA. Grip strength, body composition, and mortality. *Int J Epidemiol.* 2007 Feb;36(1):228–35.
 6. Kerr A, Syddall HE, Cooper C, Turner GF, Briggs RS, Sayer AA. Does admission grip strength predict length of stay in hospitalised older patients? *Age Ageing.* 2006 Jan;35(1):82–4.
 7. Metter EJ, Talbot LA, Schrager M, Conwit R. Skeletal muscle strength as a predictor of all-cause mortality in healthy men. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* 2002 Oct;57(10):B359-365.
 8. Volaklis KA, Halle M, Meisinger C. Muscular strength as a strong predictor of mortality: A narrative review. *Eur J Intern Med.* 2015 Jun;26(5):303–10.
 9. Steffl M, Bohannon RW, Houdova V, Musalek M, Prajerova K, Cesak P, et al. Association between clinical measures of sarcopenia in a sample of community-dwelling women. *Isokinet Exerc Sci.* 2015 Jan 1;23(1):41–4.
 10. Bohannon RW. Muscle strength: clinical and prognostic value of hand-grip dynamometry. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care.* 2015 Sep;18(5):465–70.
 11. Milliken LA, Faigenbaum AD, Loud RL, Westcott WL. Correlates of upper and lower body muscular strength in children. *J Strength Cond Res.* 2008 Jul;22(4):1339–46.
 12. Cohen DD, Voss C, Taylor MJD, Stasinopoulos DM, Delextrat A, Sandercock GRH. Handgrip strength in English schoolchildren. *Acta Paediatr Oslo Nor 1992.* 2010 Jul;99(7):1065–72.
 13. Fallowfield JL, Delves SK, Hill NE, Cobley R, Brown P, Lanham-New SA, et al. Energy expenditure, nutritional status, body composition and physical

- fitness of Royal Marines during a 6-month operational deployment in Afghanistan. *Br J Nutr.* 2014 Sep 14;112(5):821–9.
14. Wood PS, Grant CC, du Toit PJ, Fletcher L. Effect of Mixed Basic Military Training on the Physical Fitness of Male and Female Soldiers. *Mil Med.* 2017 Jul;182(7):e1771–9.
 15. Baumgartner RN, Chumlea WC, Roche AF. Bioelectric impedance phase angle and body composition. *Am J Clin Nutr.* 1988 Jul;48(1):16–23.
 16. França NAG de, Callegari A, Gondo FF, Corrente JE, Mclellan KCP, Burini RC, et al. Higher dietary quality and muscle mass decrease the odds of low phase angle in bioelectrical impedance analysis in Brazilian individuals. *Nutr Diet.* 2016;73(5):474–81.
 17. Kyle UG, Soundar EP, Genton L, Pichard C. Can phase angle determined by bioelectrical impedance analysis assess nutritional risk? A comparison between healthy and hospitalized subjects. *Clin Nutr Edinb Scotl.* 2012 Dec;31(6):875–81.
 18. Selberg O, Selberg D. Norms and correlates of bioimpedance phase angle in healthy human subjects, hospitalized patients, and patients with liver cirrhosis. *Eur J Appl Physiol.* 2002 Apr;86(6):509–16.
 19. Marra M, Caldara A, Montagnese C, De Filippo E, Pasanisi F, Contaldo F, et al. Bioelectrical impedance phase angle in constitutionally lean females, ballet dancers and patients with anorexia nervosa. *Eur J Clin Nutr.* 2009 Jul;63(7):905–8.
 20. de Blasio F, Santaniello MG, de Blasio F, Mazzarella G, Bianco A, Lionetti L, et al. Raw BIA variables are predictors of muscle strength in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Eur J Clin Nutr.* 2017 Nov;71(11):1336–40.

21. Reis BCA, de Branco FMS, Pessoa DF, Barbosa CD, dos Reis AS, de Medeiros LA, et al. Phase Angle Is Positively Associated With Handgrip Strength in Hospitalized Individuals. *Top Clin Nutr.* 2018 Apr 1;33(2):127–33.
22. Norman K, Wirth R, Neubauer M, Eckardt R, Stobäus N. The bioimpedance phase angle predicts low muscle strength, impaired quality of life, and increased mortality in old patients with cancer. *J Am Med Dir Assoc.* 2015 Feb;16(2):173.e17-22.
23. Yamada M, Kimura Y, Ishiyama D, Nishio N, Otobe Y, Tanaka T, et al. Phase Angle Is a Useful indicator for Muscle Function in Older Adults. *J Nutr Health Aging.* 2019;23(3):251–5.
24. Aandstad A. Association Between Performance in Muscle Fitness Field Tests and Skeletal Muscle Mass in Soldiers. *Mil Med.* 2020 Jun 8;185(5–6):e839–46.
25. Beutler A, de la Motte S, Marshall S, Padua DA, Boden B. MUSCLE STRENGTH AND QUALITATIVE JUMP-LANDING DIFFERENCES IN MALE AND FEMALE MILITARY CADETS: THE JUMP-ACL STUDY. *J Sports Sci Med.* 2009;8:663–71.
26. O'Connor JS, Bahrke MS, Tetu RG. 1988 active Army physical fitness survey. *Mil Med.* 1990 Dec;155(12):579–85.
27. Vantarakis A, Chatzinikolaou A, Avloniti A, Vezos N, Douroudos II, Draganidis D, et al. A 2-Month Linear Periodized Resistance Exercise Training Improved Musculoskeletal Fitness and Specific Conditioning of Navy Cadets. *J Strength Cond Res.* 2017 May;31(5):1362–70.
28. Brechue WF, Abe T. The role of FFM accumulation and skeletal muscle architecture in powerlifting performance. *Eur J Appl Physiol.* 2002 Feb;86(4):327–36.

29. Rodríguez-Rodríguez F, Cristi-Montero C, González-Ruiz K, Correa-Bautista JE, Ramírez-Vélez R. Bioelectrical Impedance Vector Analysis and Muscular Fitness in Healthy Men. *Nutrients*. 2016 Jul 2;8(7).
30. Lohman TG, Roche AF. Anthropometric Standardization Reference Manual. Champaign, IL: Human Kinetics Books; 1988.
31. Kyle UG, Bosaeus I, De Lorenzo AD, Deurenberg P, Elia M, Gómez JM, et al. Bioelectrical impedance analysis--part I: review of principles and methods. *Clin Nutr Edinb Scotl*. 2004 Oct;23(5):1226–43.
32. Innes E. Handgrip strength testing: A review of the literature. *Aust Occup Ther J*. 1999;46(3):120–40.
33. HAIDAR SG, KUMAR D, BASSI RS, DESHMUKH SC. Average versus Maximum Grip Strength: Which is more Consistent? *J Hand Surg*. 2004 Feb 1;29(1):82–4.
34. Abe T, Thiebaud RS, Loenneke JP. Age-related change in handgrip strength in men and women: is muscle quality a contributing factor? *Age Dordr Neth*. 2016 Feb;38(1):28.
35. Norman K, Stobäus N, Pirlich M, Bosy-Westphal A. Bioelectrical phase angle and impedance vector analysis--clinical relevance and applicability of impedance parameters. *Clin Nutr Edinb Scotl*. 2012 Dec;31(6):854–61.
36. Gonzalez MC, Barbosa-Silva TG, Bielemann RM, Gallagher D, Heymsfield SB. Phase angle and its determinants in healthy subjects: influence of body composition. *Am J Clin Nutr*. 2016 Mar;103(3):712–6.
37. Cronin J, Lawton T, Harris N, Kilding A, McMaster DT. A Brief Review of Handgrip Strength and Sport Performance. *J Strength Cond Res*. 2017 Nov;31(11):3187–217.

5. DISCUSSÃO GERAL

O presente estudo foi estruturado no formato *alternativo*, conforme as normas previstas pela Comissão de Pós-Graduação do *Programa de Saúde da Criança e do Adolescente* da Faculdade de Ciências Médicas da Universidade Estadual de Campinas. Por isso, dois artigos foram incluídos a fim de atender aos critérios da pesquisa realizada a partir do projeto desenvolvido durante o curso de doutorado. A amostra de participantes incluídos em ambos os artigos desta tese pertencem a faixa etária de 18 a 22 anos e são considerados adultos jovens conforme as normas da pediatria. Neste sentido, estes participantes podem ser incluídos dentro do scopo exigido pelo *Programa de Saúde da Criança e do Adolescente*.

A proposta geral para esta tese foi analisar a influência de seis meses de treinamento físico militar nas alterações do AdF, componentes corporais e glicemia de jejum em jovens saudáveis cadetes do exército do sexo masculino, além de verificar a relação entre o AdF e a força muscular nesta amostra. Sendo os dados utilizados em ambos os artigos uma continuação do projeto desenvolvido durante o meu mestrado utilizando a amostra de jovens saudáveis cadetes do exército do sexo masculino que ingressaram no ano de 2014 na Escola Preparatória de Cadetes do Exército de Campinas.

O primeiro artigo, tratou-se de um estudo observacional longitudinal e procurou investigar as alterações no AdF, componentes corporais e glicemia de jejum em jovens saudáveis cadetes do exército do sexo masculino após um período de 6 meses de treinamento físico militar. A hipótese inicial deste primeiro estudo foi de que 6 meses de treinamento físico iriam promover alterações benéficas na saúde celular (aumentando o valor de AdF), na composição corporal (aumentando os valores de MIG e diminuindo a MG) e no parâmetro metabólico (diminuindo os níveis de glicemia de jejum). Os principais achados desse estudo foram que após o período de treinamento físico militar houve um aumento significativo no valor de AdF, reactância e MIG e uma diminuição significativa no valor de glicemia de jejum, fortalecendo os achados de um estudo

anterior com militares (79), porém este estudo utilizou uma amostra composta por militares obesos e com um período de treinamento físico inferior (apenas 9 semanas de duração) comparado ao nosso estudo. Além disso, o primeiro estudo desta tese reportou que o período de treinamento físico militar foi associado ao aumento dos valores de AdF, o que também foi observado em estudos anteriores utilizando uma amostra de atletas de elite (80) e jovens saudáveis (51), indicando que o AdF pode ser utilizado como um marcador de desempenho na prática esportiva. Neste sentido, os achados desse primeiro estudo foram essenciais para o desenvolvimento desta tese reforçando a importância de manter um estilo de vida saudável, visto que valores elevados de gordura corporal e altos níveis de glicose podem apresentar um maior risco de desenvolver doenças cardiovasculares, obesidade, diabetes e outras doenças relacionadas (81–83).

Já o segundo estudo, tratou-se de um estudo transversal e procurou determinar a relação entre o AdF e a FPM em jovens saudáveis cadetes do exército do sexo masculino. A hipótese inicial deste segundo estudo foi de que os jovens saudáveis cadetes do exército do sexo masculino que apresentarem valores elevados de AdF iriam apresentar maior valor de FPM, além de essa associação ser dependente dos componentes corporais. O principal achado deste estudo foi de que apesar de o AdF apresentar uma associação positiva com a FPM a sua contribuição foi pequena na variação da FPM (2%). Os achados deste estudo foram diferentes dos reportados na literatura. Estudos anteriores encontraram uma associação mais forte e significativa entre o AdF e a FPM em uma amostra de adultos idosos hospitalizados (57), em mulheres sobreviventes de câncer de mama (43) e em adultos saudáveis (78). No presente estudo, o TMM e o CMO contribuíram mais na variação da FPM em jovens saudáveis cadetes do exército do sexo masculino (35% e 20%, respectivamente), no qual os jovens saudáveis cadetes do exército do sexo masculino que estavam no 1º tercil de AdF apresentavam menor valor de tecido magro e FPM comparados com os jovens saudáveis cadetes do exército do sexo masculino do 3º tercil de AdF. O que já era esperado, uma vez que a FPM

depende da quantidade de massa muscular (84). Além disso, os participantes deste estudo eram considerados fisicamente ativos, apresentavam valores elevados de massa magra e valores reduzidos de massa gorda, como consequência da carreira militar, o que possivelmente foi difícil encontrar uma forte associação significativa nesta população. O diferencial desse estudo foi a amostra ser composta por participantes saudáveis, pois o processo de admissão dos cadetes do exército é totalmente padronizado e controlado, o que do nosso conhecimento, não foi encontrado em estudo anterior. Além disso, neste estudo a avaliação do TMM foi determinado utilizando a DXA, visto que os estudos anteriores utilizaram equações de BIA ou dobras cutâneas na estimativa da massa magra.

6. CONCLUSÃO

Essa tese utilizou o valor de ângulo de fase calculado pelos parâmetros fornecidos da impedância bioelétrica para verificar se após um período de 6 meses de treinamento físico militar iriam ocorrer alterações positivas no ângulo de fase, componentes corporais e glicemia em jovens saudáveis cadetes do exército do sexo masculino; além disso, para determinar a relação entre o ângulo de fase e a força de preensão manual nesta amostra.

Os achados do primeiro artigo indicaram que 6 meses de treinamento físico foram suficientes para apresentar alterações benéficas na saúde celular, componentes corporais e glicemia de jejum em jovens saudáveis cadetes do exército do sexo masculino. Já no segundo artigo apesar de o ângulo de fase se relacionar com a força de preensão manual a sua contribuição foi pequena na variação da força muscular nesta amostra, indicando ser dependente da quantidade de massa magra. Por isso, esses resultados reforçam a importância de manter um estilo de vida fisicamente ativo para diminuir o risco metabólico e apresentar valores bons de massa magra e força muscular.

7. REFERÊNCIAS

1. Thomasset A. [Bio-electric properties of tissues. Estimation by measurement of impedance of extracellular ionic strength and intracellular ionic strength in the clinic]. Lyon Med. 1963 Jun 2;209:1325–50.
2. Thomasset MA. [Bioelectric properties of tissue. Impedance measurement in clinical medicine. Significance of curves obtained]. Lyon Med. 1962 Jul 15;94:107–18.
3. Hoffer EC, Meador CK, Simpson DC. Correlation of whole-body impedance with total body water volume. J Appl Physiol. 1969 Oct;27(4):531–4.
4. Nyboer J. Electrical impedance pletysmograph. 2nd ed. Springfield, IL; 1970.
5. Kyle UG, Bosaeus I, De Lorenzo AD, Deurenberg P, Elia M, Gómez JM, et al. Bioelectrical impedance analysis--part I: review of principles and methods. Clin Nutr. 2004 Oct;23(5):1226–43.
6. Kay CF, Schwan HP. Specific resistance of body tissues. Circ Res. 1956 Nov;4(6):664–70.
7. Chumlea WC, Sun SS. Bioelectrical Impedance Analysis. In: Human Body Composition. 2nd ed. Champaign, IL: Human Kinetics; 2005. p. 79–88.
8. Kushner RF, Schoeller DA, Fjeld CR, Danford L. Is the impedance index (ht^2/R) significant in predicting total body water? Am J Clin Nutr. 1992 Nov;56(5):835–9.
9. Kushner RF, Schoeller DA. Estimation of total body water by bioelectrical impedance analysis. Am J Clin Nutr. 1986 Sep;44(3):417–24.
10. Schwan HP, Li K. Capacity and Conductivity of Body Tissues at Ultrahigh Frequencies. Proceedings of the IRE. 1953 Dec;41(12):1735–40.

11. Zhang J, Zhang N, Du S, Liu S, Ma G. Effects of Water Restriction and Water Replenishment on the Content of Body Water with Bioelectrical Impedance among Young Adults in Baoding, China: A Randomized Controlled Trial (RCT). *Nutrients*. 2021 Feb 8;13(2).
12. Deurenberg P, van der Kooij K, Evers P, Hulshof T. Assessment of body composition by bioelectrical impedance in a population aged greater than 60 y. *Am J Clin Nutr*. 1990 Jan;51(1):3–6.
13. Lohman TG. Prediction equations and skinfolds, bioelectric impedance, and body mass index. In: *Advances in Body Composition Assessment*. Champaign, IL, USA: Human Kinetics; 1992. p. 37–56.
14. Sun SS, Chumlea WC, Heymsfield SB, Lukaski HC, Schoeller D, Friedl K, et al. Development of bioelectrical impedance analysis prediction equations for body composition with the use of a multicomponent model for use in epidemiologic surveys. *Am J Clin Nutr*. 2003 Feb;77(2):331–40.
15. Kotler DP, Burastero S, Wang J, Pierson RN. Prediction of body cell mass, fat-free mass, and total body water with bioelectrical impedance analysis: effects of race, sex, and disease. *Am J Clin Nutr*. 1996 Sep;64(3 Suppl):489S-497S.
16. Deurenberg P, Kusters CS, Smit HE. Assessment of body composition by bioelectrical impedance in children and young adults is strongly age-dependent. *Eur J Clin Nutr*. 1990 Apr;44(4):261–8.
17. Deurenberg P, van der Kooy K, Leenen R, Weststrate JA, Seidell JC. Sex and age specific prediction formulas for estimating body composition from bioelectrical impedance: a cross-validation study. *Int J Obes*. 1991 Jan;15(1):17–25.

18. Langer RD, Borges JH, Pascoa MA, Cirolini VX, Guerra-Júnior G, Gonçalves EM. Validity of Bioelectrical Impedance Analysis to Estimation Fat-Free Mass in the Army Cadets. *Nutrients*. 2016 Mar 11;8(3).
19. Ribeiro AS, Nascimento MA, Schoenfeld BJ, Nunes JP, Aguiar AF, Cavalcante EF, et al. Effects of Single Set Resistance Training With Different Frequencies on a Cellular Health Indicator in Older Women. *J Aging Phys Act*. 2017 Nov 28;1–23.
20. Horlick M, Arpadi SM, Bethel J, Wang J, Moye J, Cuff P, et al. Bioelectrical impedance analysis models for prediction of total body water and fat-free mass in healthy and HIV-infected children and adolescents. *Am J Clin Nutr*. 2002 Nov;76(5):991–9.
21. Aglago KE, Menchawy IE, Kari KE, Hamdouchi AE, Barkat A, Bengueddour R, et al. Development and validation of bioelectrical impedance analysis equations for predicting total body water and fat-free mass in North-African adults. *Eur J Clin Nutr*. 2013 Oct;67(10):1081–6.
22. Langer RD, Matias CN, Borges JH, Cirolini VX, Páscoa MA, Guerra-Júnior G, et al. Accuracy of Bioelectrical Impedance Analysis in Estimated Longitudinal Fat-Free Mass Changes in Male Army Cadets. *Mil Med*. 2018 01;183(7–8):e324–31.
23. 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.
24. Baumgartner RN, Chumlea WC, Roche AF. Bioelectric impedance phase angle and body composition. *Am J Clin Nutr*. 1988 Jul;48(1):16–23.

25. Norman K, Stobäus N, Pirlich M, Bosy-Westphal A. Bioelectrical phase angle and impedance vector analysis--clinical relevance and applicability of impedance parameters. *Clin Nutr.* 2012 Dec;31(6):854–61.
26. Selberg O, Selberg D. Norms and correlates of bioimpedance phase angle in healthy human subjects, hospitalized patients, and patients with liver cirrhosis. *Eur J Appl Physiol.* 2002 Apr;86(6):509–16.
27. Kyle UG, Genton L, Pichard C. Low phase angle determined by bioelectrical impedance analysis is associated with malnutrition and nutritional risk at hospital admission. *Clin Nutr.* 2013 Apr;32(2):294–9.
28. Gonzalez MC, Barbosa-Silva TG, Bielemann RM, Gallagher D, Heymsfield SB. Phase angle and its determinants in healthy subjects: influence of body composition. *Am J Clin Nutr.* 2016 Mar;103(3):712–6.
29. Dittmar M, Reber H, Kahaly GJ. Bioimpedance phase angle indicates catabolism in Type 2 diabetes. *Diabet Med.* 2015 Sep;32(9):1177–85.
30. Marra M, Caldara A, Montagnese C, De Filippo E, Pasanisi F, Contaldo F, et al. Bioelectrical impedance phase angle in constitutionally lean females, ballet dancers and patients with anorexia nervosa. *Eur J Clin Nutr.* 2009 Jul;63(7):905–8.
31. Marra M, Sammarco R, De Filippo E, De Caprio C, Speranza E, Contaldo F, et al. Resting Energy Expenditure, Body Composition and Phase Angle in Anorectic, Ballet Dancers and Constitutionally Lean Males. *Nutrients.* 2019 Feb 27;11(3):502.
32. Bosy-Westphal A, Danielzik S, Dörhöfer R-P, Later W, Wiese S, Müller MJ. Phase angle from bioelectrical impedance analysis: population reference values by age, sex, and body mass index. *JPEN J Parenter Enteral Nutr.* 2006 Aug;30(4):309–16.

33. Barbosa-Silva MCG, Barros AJD, Wang J, Heymsfield SB, Pierson RN. Bioelectrical impedance analysis: population reference values for phase angle by age and sex. *Am J Clin Nutr*. 2005 Jul;82(1):49–52.
34. Mundstock E, Amaral MA, Baptista RR, Sarria EE, Dos Santos RRG, Filho AD, et al. Association between phase angle from bioelectrical impedance analysis and level of physical activity: Systematic review and meta-analysis. *Clin Nutr*. 2019 Aug;38(4):1504–10.
35. Koury JC, Trugo N MF, Torres AG. Phase angle and bioelectrical impedance vectors in adolescent and adult male athletes. *International Journal of Sports Physiology and Performance*. 2014 Sep;9(5):798–804.
36. 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. *Clin Nutr*. 2020 Feb;39(2):447–54.
37. Langer RD, da Costa KG, Bortolotti H, Fernandes GA, de Jesus RS, Gonçalves EM. Phase angle is associated with cardiorespiratory fitness and body composition in children aged between 9 and 11 years. *Physiol Behav*. 2020 Mar 1;215:112772.
38. Piccoli A, Brunani A, Savia G, Pillon L, Favaro E, Berselli ME, et al. Discriminating between body fat and fluid changes in the obese adult using bioimpedance vector analysis. *Int J Obes*. 1998 Feb;22(2):97–104.
39. Langer RD, de Fatima Guimarães R, Gonçalves EM, Guerra-Junior G, de Moraes AM. Phase Angle is Determined by Body Composition and Cardiorespiratory Fitness in Adolescents. *Int J Sports Med*. 2020 Aug;41(9):610–5.
40. Wang Z, Deurenberg P, Wang W, Pietrobelli A, Baumgartner RN, Heymsfield SB. Hydration of fat-free body mass: review and critique of a classic body-composition constant. *Am J Clin Nutr*. 1999 May;69(5):833–41.

41. Genton L, Norman K, Spoerri A, Pichard C, Karsegard VL, Herrmann FR, et al. Bioimpedance-Derived Phase Angle and Mortality Among Older People. *Rejuvenation Res.* 2017 Apr;20(2):118–24.
42. Hui D, Dev R, Pimental L, Park M, Cerana MA, Liu D, et al. Association Between Multi-frequency Phase Angle and Survival in Patients With Advanced Cancer. *J Pain Symptom Manage.* 2017;53(3):571–7.
43. Matias CN, Cavaco-Silva J, Reis M, Campa F, Toselli S, Sardinha L, et al. Phase Angle as a Marker of Muscular Strength in Breast Cancer Survivors. *Int J Environ Res Public Health.* 2020 Jun 21;17(12).
44. Kyle UG, Soundar EP, Genton L, Pichard C. Can phase angle determined by bioelectrical impedance analysis assess nutritional risk? A comparison between healthy and hospitalized subjects. *Clin Nutr.* 2012 Dec;31(6):875–81.
45. Cornejo-Pareja I, Vegas-Aguilar IM, García-Almeida JM, Bellido-Guerrero D, Talluri A, Lukaski H, et al. Phase angle and standardized phase angle from bioelectrical impedance measurements as a prognostic factor for mortality at 90 days in patients with COVID-19: A longitudinal cohort study. *Clin Nutr.* 2021 Feb 17;S0261-5614(21)00091-1.
46. Langer RD, Larsen SC, Ward LC, Heitmann BL. Phase angle measured by bioelectrical impedance analysis and the risk of cardiovascular disease among adult Danes. *Nutrition.* 2021 Apr 18;111:280.
47. Yamada M, Kimura Y, Ishiyama D, Nishio N, Otobe Y, Tanaka T, et al. Phase Angle Is a Useful indicator for Muscle Function in Older Adults. *J Nutr Health Aging.* 2019;23(3):251–5.
48. Speck RM, Courneya KS, Masse LC, Duval S, Schmitz KH. An update of controlled physical activity trials in cancer survivors: a systematic review and meta-analysis. *J Cancer Surviv.* 2010 Jun;4(2):87–100.

49. Hagnäs MP, Cederberg H, Mikkola I, Ikäheimo TM, Jokelainen J, Laakso M, et al. Reduction in metabolic syndrome among obese young men is associated with exercise-induced body composition changes during military service. *Diabetes Res Clin Pract*. 2012 Nov;98(2):312–9.
50. Danis A, Kyriazis Y, Klissouras V. The effect of training in male prepubertal and pubertal monozygotic twins. *European journal of applied physiology*. 2003;89(3-4):309-318.
51. Ribeiro AS, Avelar A, Dos Santos L, Silva AM, Gobbo LA, Schoenfeld BJ, et al. Hypertrophy-type Resistance Training Improves Phase Angle in Young Adult Men and Women. *Int J Sports Med*. 2017 Jan;38(1):35–40.
52. Tomeleri CM, Ribeiro AS, Cavaglieri CR, Deminice R, Schoenfeld BJ, Schiavoni D, et al. Correlations between resistance training-induced changes on phase angle and biochemical markers in older women. *Scand J Med Sci Sports*. 2018 Jun 1;1–10.
53. Dos Santos L, Cyrino ES, Antunes M, Santos DA, Sardinha LB. Changes in phase angle and body composition induced by resistance training in older women. *Eur J Clin Nutr*. 2016;70(12):1408–13.
54. Tinsley GM, Harty PS, Moore ML, Grgic J, Silva AM, Sardinha LB. Changes in total and segmental bioelectrical resistance are correlated with whole-body and segmental changes in lean soft tissue following a resistance training intervention. *J Int Soc Sports Nutr*. 2019 Nov 29;16(1):58.
55. Jungblut SA, Frickmann H, Zimmermann B, Müller U, Bargon J. [The effects of physical training on the body composition of patients with COPD]. *Pneumologie*. 2009 Jul;63(7):374–9.
56. Bencke J, Damsgaard R, Saekmose A, Jørgensen P, Jørgensen K, Klausen K. Anaerobic power and muscle strength characteristics of 11 years old elite

- and non-elite boys and girls from gymnastics, team handball, tennis and swimming. *Scand J Med Sci Sports*. 2002 Jun;12(3):171–8.
57. Reis AS dos, Santos HO, Limirio LS, Oliveira EP de. Phase Angle Is Associated With Handgrip Strength but Not With Sarcopenia in Kidney Transplantation Patients. *Journal of Renal Nutrition*. 2019 May 1;29(3):196–204.
 58. Neil-Sztramko SE, Kirkham AA, Hung SH, Niksirat N, Nishikawa K, Campbell KL. Aerobic capacity and upper limb strength are reduced in women diagnosed with breast cancer: a systematic review. *J Physiother*. 2014 Dec;60(4):189–200.
 59. Gale CR, Martyn CN, Cooper C, Sayer AA. Grip strength, body composition, and mortality. *Int J Epidemiol*. 2007 Feb;36(1):228–35.
 60. Kerr A, Syddall HE, Cooper C, Turner GF, Briggs RS, Sayer AA. Does admission grip strength predict length of stay in hospitalised older patients? *Age Ageing*. 2006 Jan;35(1):82–4.
 61. Metter EJ, Talbot LA, Schrager M, Conwit R. Skeletal muscle strength as a predictor of all-cause mortality in healthy men. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 2002 Oct;57(10):B359-365.
 62. Volaklis KA, Halle M, Meisinger C. Muscular strength as a strong predictor of mortality: A narrative review. *Eur J Intern Med*. 2015 Jun;26(5):303–10.
 63. Li R, Xia J, Zhang XI, Gathirua-Mwangi WG, Guo J, Li Y, et al. Associations of Muscle Mass and Strength with All-Cause Mortality among US Older Adults. *Med Sci Sports Exerc*. 2018 Mar;50(3):458–67.
 64. Kim Y, White T, Wijndaele K, Westgate K, Sharp SJ, Helge JW, et al. The combination of cardiorespiratory fitness and muscle strength, and mortality risk. *Eur J Epidemiol*. 2018 Oct;33(10):953–64.

65. Harvey NC, Odén A, Orwoll E, Lapidus J, Kwok T, Karlsson MK, et al. Measures of Physical Performance and Muscle Strength as Predictors of Fracture Risk Independent of FRAX, Falls, and aBMD: A Meta-Analysis of the Osteoporotic Fractures in Men (MrOS) Study. *J Bone Miner Res*. 2018 Dec;33(12):2150–7.
66. Cohen DD, Gómez-Arbeláez D, Camacho PA, Pinzon S, Hormiga C, Trejos-Suarez J, et al. Low muscle strength is associated with metabolic risk factors in Colombian children: the ACFIES study. *PLoS One*. 2014;9(4):e93150.
67. Milliken LA, Faigenbaum AD, Loud RL, Westcott WL. Correlates of upper and lower body muscular strength in children. *J Strength Cond Res*. 2008 Jul;22(4):1339–46.
68. Cohen DD, Voss C, Taylor MJD, Stasinopoulos DM, Delextrat A, Sandercock GRH. Handgrip strength in English schoolchildren. *Acta Paediatr*. 2010 Jul;99(7):1065–72.
69. Tarp J, Støle AP, Blond K, Grøntved A. Cardiorespiratory fitness, muscular strength and risk of type 2 diabetes: a systematic review and meta-analysis. *Diabetologia*. 2019 Jul;62(7):1129–42.
70. Bawadi H, Alkhatib D, Abu-Hijleh H, Alalwani J, Majed L, Shi Z. Muscle Strength and Glycaemic Control among Patients with Type 2 Diabetes. *Nutrients*. 2020 Mar 14;12(3):771.
71. Fallowfield JL, Delves SK, Hill NE, Cobley R, Brown P, Lanham-New SA, et al. Energy expenditure, nutritional status, body composition and physical fitness of Royal Marines during a 6-month operational deployment in Afghanistan. *Br J Nutr*. 2014 Sep 14;112(5):821–9.
72. Wood PS, Grant CC, du Toit PJ, Fletcher L. Effect of Mixed Basic Military Training on the Physical Fitness of Male and Female Soldiers. *Mil Med*. 2017 Jul;182(7):e1771–9.

73. McGregor RA, Cameron-Smith D, Poppitt SD. It is not just muscle mass: a review of muscle quality, composition and metabolism during ageing as determinants of muscle function and mobility in later life. *Longev Healthspan*. 2014 Dec 1;3:9.
74. Norman K, Stobäus N, Zocher D, Bosy-Westphal A, Szramek A, Scheufele R, et al. Cutoff percentiles of bioelectrical phase angle predict functionality, quality of life, and mortality in patients with cancer. *Am J Clin Nutr*. 2010 Sep;92(3):612–9.
75. de Blasio F, Santaniello MG, de Blasio F, Mazzearella G, Bianco A, Lionetti L, et al. Raw BIA variables are predictors of muscle strength in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Eur J Clin Nutr*. 2017 Nov;71(11):1336–40.
76. Reis BCA, de Branco FMS, Pessoa DF, Barbosa CD, dos Reis AS, de Medeiros LA, et al. Phase Angle Is Positively Associated With Handgrip Strength in Hospitalized Individuals. *Topics in Clinical Nutrition*. 2018 Apr 1;33(2):127–33.
77. 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. *Exp Gerontol*. 2014 Oct;58:43–6.
78. Rodríguez-Rodríguez F, Cristi-Montero C, González-Ruiz K, Correa-Bautista JE, Ramírez-Vélez R. Bioelectrical Impedance Vector Analysis and Muscular Fitness in Healthy Men. *Nutrients*. 2016 Jul 2;8(7).
79. Pasiakos SM, Karl JP, Lutz LJ, Murphy NE, Margolis LM, Rood JC, et al. Cardiometabolic risk in US Army recruits and the effects of basic combat training. *PLoS One*. 2012;7(2):e31222.

80. Torres AG, Oliveira KJF, Oliveira-Junior AV, Gonçalves MC, Koury JC. Biological determinants of phase angle among Brazilian elite athletes. *Proceedings of the Nutrition Society*. 2008 May;67.
81. Hassannejad A, Khalaj A, Mansournia MA, Rajabian Tabesh M, Alizadeh Z. The Effect of Aerobic or Aerobic-Strength Exercise on Body Composition and Functional Capacity in Patients with BMI ≥ 35 after Bariatric Surgery: a Randomized Control Trial. *Obes Surg*. 2017;27(11):2792–801.
82. Kraemer WJ, Vescovi JD, Volek JS, Nindl BC, Newton RU, Patton JF, et al. Effects of concurrent resistance and aerobic training on load-bearing performance and the Army physical fitness test. *Mil Med*. 2004 Dec;169(12):994–9.
83. Paoli A, Gentil P, Moro T, Marcolin G, Bianco A. Resistance Training with Single vs. Multi-joint Exercises at Equal Total Load Volume: Effects on Body Composition, Cardiorespiratory Fitness, and Muscle Strength. *Front Physiol*. 2017;8:1105.
84. Moreau J, Ordan M, Barbe C, Mazza C, Perrier M, Botsen D, et al. Correlation between muscle mass and handgrip strength in digestive cancer patients undergoing chemotherapy. *Cancer Med*. 2019 May 21;8(8):3677–84.

8. APÊNDICES

8.1. Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)

CONSENTIMENTO FORMAL DOS VOLUNTÁRIOS QUE PARTICIPARÃO DO PROJETO DE PESQUISA “VALIDAÇÃO DE EQUAÇÕES PREDITIVAS PARA A AVALIAÇÃO DO PERCENTUAL DE GORDURA, MASSA ISENTA DE GORDURA E DO GASTO CALÓRICO DE REPOUSO EM CADETES DO EXÉRCITO: UM ESTUDO LONGITUDINAL”.

RESPONSÁVEL PELO PROJETO: Prof. Me. Mauro Alexandre Páscoa

LOCAL DO DESENVOLVIMENTO DO PROJETO: Departamento de Pediatria, Rua Tessália Vieira de Camargo, 126 – Cidade Universitária Zeferino Vaz. CEP 13083-887 – Campinas, SP, Brasil.

Eu, _____, _____ anos de idade, portador do RG nº: _____, residente à Rua (Av.) _____, confirmo que fui conscientizado sobre os objetivos desta pesquisa. Eu li e compreendi este Termo de Consentimento, portanto, eu concordo em participar voluntariamente do projeto de pesquisa acima mencionado, que será detalhado a seguir.

É de meu conhecimento que este projeto será desenvolvido em caráter de pesquisa científica e objetiva desenvolver equações preditivas para a avaliação do percentual de gordura, massa isenta de gordura e gasto calórico de repouso, ao considerar as alterações da composição corporal em jovens militares de ambos os sexos após seis meses de uma rotina de treinamento militar.

Estou ciente que serei submetido a uma série de avaliações ao ingressar a Escola Preparatória de Cadetes do Exército. Serei avaliado ao ingressar (março-abril), e após as avaliações, realizarei exercícios físicos cinco vezes na semana, com duração de 90 min. E ao final do ano (novembro-dezembro), serei avaliado novamente. Serão realizadas avaliações de composição corporal por meio de Dobras cutâneas, Impedância Bioelétrica, Absorciometria por dupla emissão de raios-x como método de referência e gasto calórico de repouso por meio da calorimetria indireta.

Todo procedimento do estudo será realizado nas dependências do Departamento de Pediatria da Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP, sendo devidamente orientado, tanto em relação aos benefícios como em relação aos sinais, sintomas e manifestações de intolerância às avaliações que poderei ou não apresentar. Também fui informado que as avaliações que realizarei, ocasionam o mínimo incomodo e não trazem risco para minha integridade física, assim como poderei abandonar o projeto e as coletas de dados a qualquer momento.

Ficou esclarecido também que, a proposta do projeto tem relevância social com vantagens significativas para os participantes, o que garante a igual consideração dos interesses das duas partes, adequando-se aos princípios científicos que a justifiquem, fundamentada na experimentação prévia e obedece a metodologia adequada proposta.

Estou ciente ainda, de que, as informações obtidas durante as avaliações serão mantidas em sigilo e não poderão ser consultadas por pessoas leigas, sem a minha devida autorização para o responsável pela pesquisa. As informações assim obtidas poderão ser usadas para fins de pesquisa científica, desde que a minha privacidade seja sempre resguardada.

Li e entendi as informações precedentes, sobre o que eu e os responsáveis pelo projeto já discutimos todos os riscos e benefícios decorrentes deste, em que as dúvidas futuras que possam vir a ocorrer poderão ser prontamente esclarecidas, bem como o acompanhamento dos resultados obtidos durante a coleta de dados. Também estou consciente de que esse projeto não envolve nenhum tipo de custo financeiro para o voluntário e que a participação nele não é passível de contribuição em dinheiro ou qualquer outro tipo de beneficiamento.

Terei o direito de receber uma cópia deste TCLE para fins informativos de todo detalhamento do projeto, assim como contatos do responsável e comitê de ética e pesquisa.

Comprometo-me, na medida das minhas possibilidades, prosseguir com o programa até a sua finalização, e colaborar para um bom desempenho do trabalho científico dos responsáveis por este projeto.

Campinas, ____ de _____ de 2014.

Sr. responsável

Prof. Me. Mauro Alexandre Páscoa

Responsável pelo projeto - f. (19) 991751172 - e-mail. pascoawaf@bol.com.br

O contato Comitê de Ética em Pesquisa abaixo é para dúvidas, denúncias e/ou reclamações relacionadas aos aspectos éticos da pesquisa. Demais questionamentos devem ser efetuados junto ao pesquisador responsável.

FACULDADE DE CIÊNCIAS MÉDICAS - COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA

Rua Tessália Vieira de Camargo, 126

CEP: 13083-887 - Campinas, SP

Fone: (19) 3521-8936 ou (19) 3521-7187

cep@fcm.unicamp.br

8.2. Autorização da revista para incluir artigo na tese

11/20/2020
Gmail - Request for authorization


Raquel Langer <raqueldlanger@gmail.com>

Request for authorization

William Leonard <w-leonard1@northwestern.edu>
17 de novembro de 2020 15:25

Para: Raquel Langer <raqueldlanger@gmail.com>

Dear Raquel:

Thank you for the message. To clarify, you are requesting to use the content of your paper as a portion or chapter in a Masters or Doctoral thesis?

If this is the case -- yes, this use is fine.

I wish you continued success with your work.

Best regards,

Bill Leonard

William R. Leonard
Abraham Harris Professor of Anthropology
Director of Global Health Studies

Department of Anthropology
Northwestern University
1810 Hinman Avenue
Evanston, IL 60208

847-491-4839
w-leonard1@northwestern.edu

From: Raquel Langer <raqueldlanger@gmail.com>
Sent: Tuesday, November 17, 2020 7:04 AM
To: William Leonard <w-leonard1@northwestern.edu>
Subject: Request for authorization

Dear Editor-in-Chief William R. Leonard,

I would like to request authorization from this journal to include the article entitled "**Physical training over 6 months is associated with improved changes in phase angle, body composition, and blood glucose in healthy young males**" (DOI: 10.1002/ajhb.23275) in my thesis, in compliance with the legislation that governs copyright.

Looking forward to hearing from you.

Best regards,
Raquel D. Langer

<https://mail.google.com/mail/u/0?ik=b2e3d57bb5&view=pt&search=all&permmsgid=msg-f%3A1683632993569981562&dsqt=1&simpl=msg-f%3A1683...> 1/1

8.3. Artigo publicado – Capítulo 1

Received: 8 January 2019 | Revised: 11 March 2019 | Accepted: 19 May 2019

DOI: 10.1002/ajhb.23275

ORIGINAL RESEARCH ARTICLE



American Journal of Human Biology

WILEY

Physical training over 6 months is associated with improved changes in phase angle, body composition, and blood glucose in healthy young males

Raquel D. Langer¹ | Analiza M. Silva² | Juliano H. Borges¹ | Vagner X. Cirolini¹ | Mauro A. Páscoa¹ | Gil Guerra-Júnior¹ | Ezequiel M. Gonçalves¹

¹Growth and Development Laboratory, Centre for Investigation in Paediatrics (CIPED), School of Medical Sciences, University of Campinas (UNICAMP), Campinas-SP, Brazil

²Exercise and Health Laboratory, Department of Sport and Health of the Faculty of Human Kinetics, University of Lisbon, Cruz Quebrada, Portugal

Correspondence

Raquel D. Langer, Growth and Development Laboratory, Centre for Investigation in Paediatrics (CIPED), School of Medical Sciences, University of Campinas (UNICAMP), Campinas-SP 13083-887, Brazil.
Email: raqueldlanger@gmail.com

Funding information

Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES), Grant/Award Number: 23001.000422/98-30

Abstract

Objectives: The aim of this study was to evaluate the association between phase angle, body composition, and blood glucose changes in healthy young males after 6 months of physical training.

Methods: Volunteers, 98 healthy males (18.8 ± 0.5 years), had 6 months of progressive physical training (5 days a week, 90 minutes a day). Resistance, reactance, and phase angle were obtained by bioelectrical impedance analysis, body composition (fat mass, bone mineral content [BMC], and lean soft tissue [LST]) by dual-energy X-ray absorptiometry, and blood glucose by reflectance photometry. Measurements were made at rest and in a fasted state, both before and after the training period.

Results: Phase angle, reactance, BMC, and LST significantly increased (0.6° , 3.8Ω , 0.1 kg, and 1.9 kg, respectively; $P < .01$), whereas resistance and blood glucose decreased (-11.2Ω and -4.1 mg/dL; $P < .01$). Changes in resistance and reactance explained those changes observed in LST ($R^2 = .26$ and $.16$, respectively), but phase angle changes were not related to body composition and blood glucose alterations ($P < .05$).

Conclusions: A 6-month period of physical training was associated with positive changes in phase angle, body composition, and blood glucose in healthy young males, reinforcing the importance of maintaining a physically active lifestyle.

1 | INTRODUCTION

Worldwide trends in the prevalence of obesity and type 2 diabetes continue to rise as lifestyles related to high energy intake and low energy expenditure are progressively adopted, predominantly in lower income and developing countries (Ogurtsova et al., 2017). Young adults with obesity and family history of diabetes are at higher risk of developing chronic metabolic diseases (Pannacciulli et al., 2003).

The increased prevalence of cardiovascular risk factors in young people is also observed in military populations, characterized as healthy, physically active, and at low risk of

developing noncommunicable diseases (Al-Dahi et al., 2013). Studies conducted with the military population reported a prevalence for overweight/obesity and impaired fasting glucose in the range of 50.0%-65.9% and 4.0%-8.9%, respectively (Al-Dahi et al., 2013; Khoshdel, Seyed Jafari, Heidari, Abtahi, & Abdi, 2013; McGraw, Turner, Stotts, & Dracup, 2008; Mullie, Clarys, Hulens, & Vansant, 2010; Pasiakos et al., 2012; Ray, Kulkarni, & Sreenivas, 2011), including young military adults from Brazil (Barbosa & Silva, 2013; da Costa, Montenegro, Lopes, & Costa, 2011; Maria, 2012; Muniz & Bastos, 2010; Neves, 2008; Wenzel, de Souza, & Souza, 2009).

Experimental and observational studies in military and army cadets showed that regular physical exercise is associated with improvements in health-related parameters (Cederberg et al., 2011; Gandapur et al., 2006; Hagnäs et al., 2012; Talbot et al., 2011; Twig et al., 2012). Resistance and aerobic training has shown positive effects on body composition compartments (decrease in fat mass [FM] and increase in fat-free mass) (Hassannejad, Khalaj, Mansournia, Rajabian Tabesh, & Alizadeh, 2017; Kraemer et al., 2004; Kremer, Latin, Berg, & Stanek, 1998; Monteiro et al., 2015; Paoli, Gentil, Moro, Marcolin, & Bianco, 2017), and improvements in blood glucose levels (Cederberg et al., 2011; Hagnäs et al., 2012).

Several methods are available to determine body composition, but considering its good precision, availability, and low radiation dose, dual-energy X-ray absorptiometry (DXA) is a convenient and useful tool for body composition assessment (Toombs, Ducher, Shepherd, & De Souza, 2012). Bioelectrical impedance analysis (BIA) is a widely used technique that estimates body composition, but provides raw measured parameters, namely resistance (R) and reactance (X_c), and phase angle (PhA) calculated from the ratio of X_c over R . The PhA is used as an indicator of cellular health (Norman, Stobäus, Pirlich, & Bosy-Westphal, 2012; Paiva et al., 2010; Selberg & Selberg, 2002). The higher the value of PhA, the better the quality of cells, cell function, and membrane integrity (De Lorenzo, Andreoli, Matthie, & Withers, 1997). The PhA has been used as a clinical prognosis for several diseases, such as malnourishment (Kyle, Soundar, Genton, & Pichard, 2012), anorexia nervosa (Marra et al., 2009), human immunodeficiency virus infection (Schwenk et al., 2000), and cancer (Gupta et al., 2008; Hui et al., 2014; Lee, Lee, Yang, Kim, & Choi, 2014; Paiva et al., 2010; Władysiuk et al., 2016). In young healthy adults, Ribeiro et al. (2017) observed that PhA increased after hypertrophy-type resistance training.

Although exercise interventions improved metabolic risk factors in healthy young male military or army cadets in periods shorter than 3 months (Cederberg et al., 2011; Hagnäs et al., 2012; Pasiakos et al., 2012), it is not yet known whether these findings are consistent and strengthen when using a more precise and valid method for body composition assessment (ie, DXA), and over a longer period of exercise training. Furthermore, it is yet to be determined if a military physical exercise program is associated with improvements in a relevant cellular health indicator (PhA). Therefore, the aim of this study was to evaluate changes in body composition (FM, bone mineral content [BMC], and lean soft tissue [LST]), PhA, and glycemia (GLY) in healthy young male cadets after 6 months of military physical training.

We hypothesized that 6 months of physical exercise would promote beneficial changes in cellular health (increasing the values of PhA), body composition (improving the values of

BMC and LST, and decreasing the FM), and lowering GLY levels.

2 | METHODS

2.1 | Participants

Data from young male army cadets of the “Preparatory School of Army Cadets” (EsPCEEx) of Campinas-SP, Brazil, were collected twice: during a prephysical training period (pre, M1) and during a postphysical training period (post, M2). To be admitted at EsPCEEx, applicants must pass an admission process to ensure that they are capable of efficiently performing any activity proposed to them, and to prove that they are healthy. The evaluation process consists of three phases: (a) an intellectual test, (b) a medical inspection (applicants must send a report of several medical examinations taken: exercise tests, complete blood count, an electroencephalogram, and radiographies of the lungs and head, and an authorization letter signed by the responsible doctor), and (c) a physical test (which includes exercises for muscular strength, endurance, and aerobic fitness).

As the eligibility criteria was the admission at EsPCEEx, the 500 male participants who entered EsPCEEx were invited to participate in the study; from these, 166 participants volunteered for the investigation. By the time data were collected, 29 participants had been eliminated from the EsPCEEx (for specific reasons), 20 participants were injured during the year, and 19 participants did not appear on the collection day (by scale work internal procedures). Therefore, the final sample consisted of 98 healthy male participants, aged 18–20 years. The recruitment and eligibility of the participants in the study are described in Figure 1.

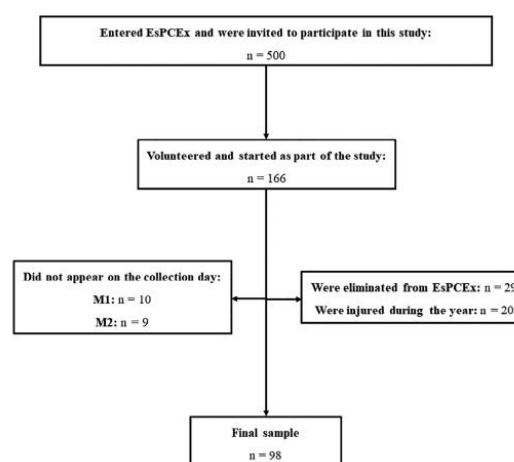


FIGURE 1 Study flowchart and number of participants at each stage of the study. EsPCEEx, Preparatory School of Army Cadets



2.2 | Study design and ethics

We designed a prospective observational method with a 6-month follow-up. For both M1 and M2, the collection of data occurred in 2 days, with an interval of 48 hours in between. On the first day, data for body composition assessment were collected. Anthropometry, BIA, and DXA tests were done at the Paediatric Research Centre of the School of Medical Sciences at the University of Campinas. On the second day, blood glucose was evaluated at EsPCEX, in the morning, between 4:00 and 6:00 AM, after participants had fasted for 12 hours. All participants were informed about the research and the procedures involving their participation, and they signed an informed consent form. The Ethics Committee of the School of Medical Sciences at the University of Campinas approved the research. All procedures were conducted in accordance with the Declaration of Helsinki (World Medical Association, 2013).

2.3 | Anthropometric measurements

All participants wore light clothes (shirt and shorts) and were barefoot. Body weight (kg) was measured to the nearest 0.1 kg using a digital scale and height (cm) was measured to the nearest 0.1 cm using a vertical stadiometer, following the recommended protocols (Lohman & Roche, 1988). Body mass index (kg/m^2) was also calculated.

2.4 | Dual-energy X-ray Absorptiometry

Whole-body scan DXAs were performed to assess the FM, BMC, and LST on a fan beam (GE Healthcare Lunar, Madison, Wisconsin) with enCore version 13.62011 software (GE Healthcare Lunar), according to the procedures recommended by the manufacturer. The reproducibility of the variables estimated by DXA was determined by the coefficient of variation (CV), and the technical error of measurement (TEM), based on the test-retest method performed in 23 participants out of the population of this study. The CVs in our laboratory were 0.74%, 0.28%, and 0.26% for FM, BMC, and LST, respectively; and TEMs were 0.25, 0.02, and 0.25 kg for FM, BMC, and LST, respectively.

2.5 | Bioelectrical impedance analysis

BIA measurements were obtained by a single-frequency (50 kHz) tetrapolar BIA device (Quantum II, RJL Systems, Detroit, Michigan), and included resistance (R) and reactance (X_c) in Ohms (Ω). Subsequently, PhA ($^\circ$) was calculated as follows: $\text{PhA} = \text{arc-tangent reactance/resistance} \times (180^\circ/\pi)$ (Baumgartner, Chumlea, & Roche, 1988). Before BIA measurement, participants were instructed to remove all objects containing metal (ie, wristlets, watches, earrings, rings, and others). Measurements were performed on a table isolated

from electrical conductors, with participants lying in a supine position along the table, legs abducted at a 45° angle, arms far from the trunk and pronated hands. After 5 minutes of resting, the skin of the participant was cleaned with alcohol, and two electrodes were placed on the surface of the right hand, and two others on the right foot, according to the recommended protocol (Kyle et al., 2004). Reproducibility was calculated for a subgroup of this study population (23 participants); CVs were 0.35% and 0.33% for R and X_c , respectively, whereas TEMs were 3.54 and 0.49Ω for R and X_c , respectively.

2.6 | Blood glucose

To measure glycemia (GLY), we used equipment from the AccutrendPlus System, based on the reflectance photometry method. Capillary blood samples were collected through transcutaneous puncture of the medial side of the tip of the middle finger using a disposable lancet. The first drop of blood was discarded and the next was used for the analysis. Individual measurements were performed by a previously trained healthcare professional.

2.7 | Physical training

During approximately 6 months (6.2 ± 0.1 months), the participants underwent a routine of physical exercises as described in the "Manual of Military Physical Training EB20-MC-10.350" (Ministério da Defesa Exército Brasileiro Estado-Maior do Exército, 2015). During this military physical training, participants exercised 5 days a week, distributed in periodic sessions: two cardiorespiratory training (running) sessions, one calisthenics training session, one circuit resistance training session, and one swimming session. Each session, 1 per day, lasted 90 minutes.

For cardiorespiratory training, participants first performed a continuous training, running distances between 4000 and 7000 m. After 2.5 months, participants performed interval training, running distances of 400 m and gradually increasing to 1000 m. Calisthenics training was performed with an initial workload of 5 repetitions per exercise; progressively, the number of repetitions increased by 2, up to a maximum of 15. Once the workload of 15 repetitions was reached, the intensity was increased specifically by increasing power. The circuit resistance training involved coordination and strength exercises (intercalating 400 m of fast running with 30 seconds of pause and change to dumbbell exercises). For swimming training, participants learned and improved the front crawl style. Details on these exercises have been previously described (Borges et al., 2017).

2.8 | Statistical analyses

All analyses were performed using SPSS (version 21.0, IBM, Chicago, Illinois) statistical software. The Shapiro-Wilk

normality test was used to verify the normality of data distribution. Descriptive statistics, means, and SD values were used to characterize the sample. The Student *t* test and the Wilcoxon test were used to compare the variables between moments (M1 and M2). The test for within-subjects' effects, analysis of variance (ANOVA), for repeated measures was used to verify the impact of the physical training period. We set $P < .05$ as the significance level.

3 | RESULTS

Table 1 presents the anthropometric characteristics of the participants ($n = 98$) at the beginning of the study (M1), used as the baseline.

Table 2 presents the BIA parameters, body composition, and glycemia of the participants at M1 and M2 physical training periods, and their associated changes. After 6 months of physical training, significant differences were observed for BIA parameters ($P < .001$), body weight ($P < .001$), body composition (but not in FM in kg; $P < .05$), and for glycemia ($P < .001$). Nevertheless, ANOVA revealed statistically significant differences in physical training effects on *R*, *Xc*, *PhA*, *BMC*, *LST*, and *GLY* ($P < .05$).

TABLE 1 Anthropometric characteristics of the participants used as the baseline

Variables	Mean $\pm$ SD
Age (years)	18.76 $\pm$ 0.49
Weight (kg)	67.81 $\pm$ 8.46
Height (cm)	174.78 $\pm$ 5.99
Body mass index (kg/m ²)	22.17 $\pm$ 2.27

TABLE 2 Parameters of bioelectrical impedance analysis, body composition, and glycemia of the participants at prephysical (M1) and postphysical (M2) training periods, and their associated changes (Δ)

Variables	M1 Mean $\pm$ SD	M2 Mean $\pm$ SD	Δ Mean $\pm$ SD	η^2
Resistance (Ω)	473.01 $\pm$ 39.59	461.83 $\pm$ 40.33	-11.22 $\pm$ 30.35*	0.12
Reactance (Ω)	60.73 $\pm$ 6.04	64.53 $\pm$ 6.18	3.80 $\pm$ 5.52*	0.32
Phase Angle ($^\circ$)	7.34 $\pm$ 0.66	7.98 $\pm$ 0.62	0.64 $\pm$ 0.56*	0.57
Weight (kg)	67.81 $\pm$ 8.47	69.31 $\pm$ 7.64	1.50 $\pm$ 2.52*	0.27
Bone mineral content (kg)	2.91 $\pm$ 0.35	2.96 $\pm$ 0.34	0.05 $\pm$ 0.03*	0.66
Fat mass (FM) (kg)	12.35 $\pm$ 3.82	12.03 $\pm$ 2.95	-0.31 $\pm$ 2.02	0.02
Percentage of FM (%)	17.93 $\pm$ 4.00	17.22 $\pm$ 3.02	-0.72 $\pm$ 2.38	0.08
Lean soft tissue (kg)	52.83 $\pm$ 5.60	54.71 $\pm$ 5.44	1.89 $\pm$ 1.40*	0.65
Glycemia (mg/dL)	90.56 $\pm$ 6.38	86.48 $\pm$ 6.72	-4.08 $\pm$ 7.56*	0.23

Note: η^2 : effect size for changes was tested with the one-way ANOVA repeat measure.

* $P < .001$ vs M1.

Figure 2 shows the individual changes in cellular health parameters, body composition, and glycemia of the participants after the physical training period. *PhA* values improved in 91.8% of the participants, 93.9% improved their *BMC*, 57.1% showed a decreased percentage of FM (%FM), 91.8% showed an improved *LST* value, and 65.3% had decreased *GLY* after physical training.

4 | DISCUSSION

The main and novel findings of this study are the positive alterations that can be observed in the young male individuals after 6 months of physical training. These positive changes were measured through indicators of cellular health (increased *PhA* value), body composition (increased *BMC* and *LST*, and decreased %FM values), and blood glucose content (reductions). These improvements were observed in the majority of the volunteers from the study (91%, 93%, 57%, 91%, and 65%, of *PhA*, *BMC*, %FM, *LST*, and *GLY* measurements, respectively).

The observed changes in body composition (increase in *BMC* and *LST*, and decrease in the %FM) extend previous findings that military training promotes gains in FFM and loss in %FM in the army population (Cederberg et al., 2011; Hagnäs et al., 2012; Margolis et al., 2012; Pasiakos et al., 2012), and in different populations after a period of exercise training (Hassannejad et al., 2017; Monteiro et al., 2015; Paoli et al., 2017).

In this study, we observed a 4% decrease in *GLY* levels likely due to the lifestyle modifications required at EsPCEX, specifically the combined aerobic and resistance exercise training after a period of 6 months. These decrements in *GLY* levels extend the findings of Pasiakos et al. (2012) who conducted a 9-week physical training that combined

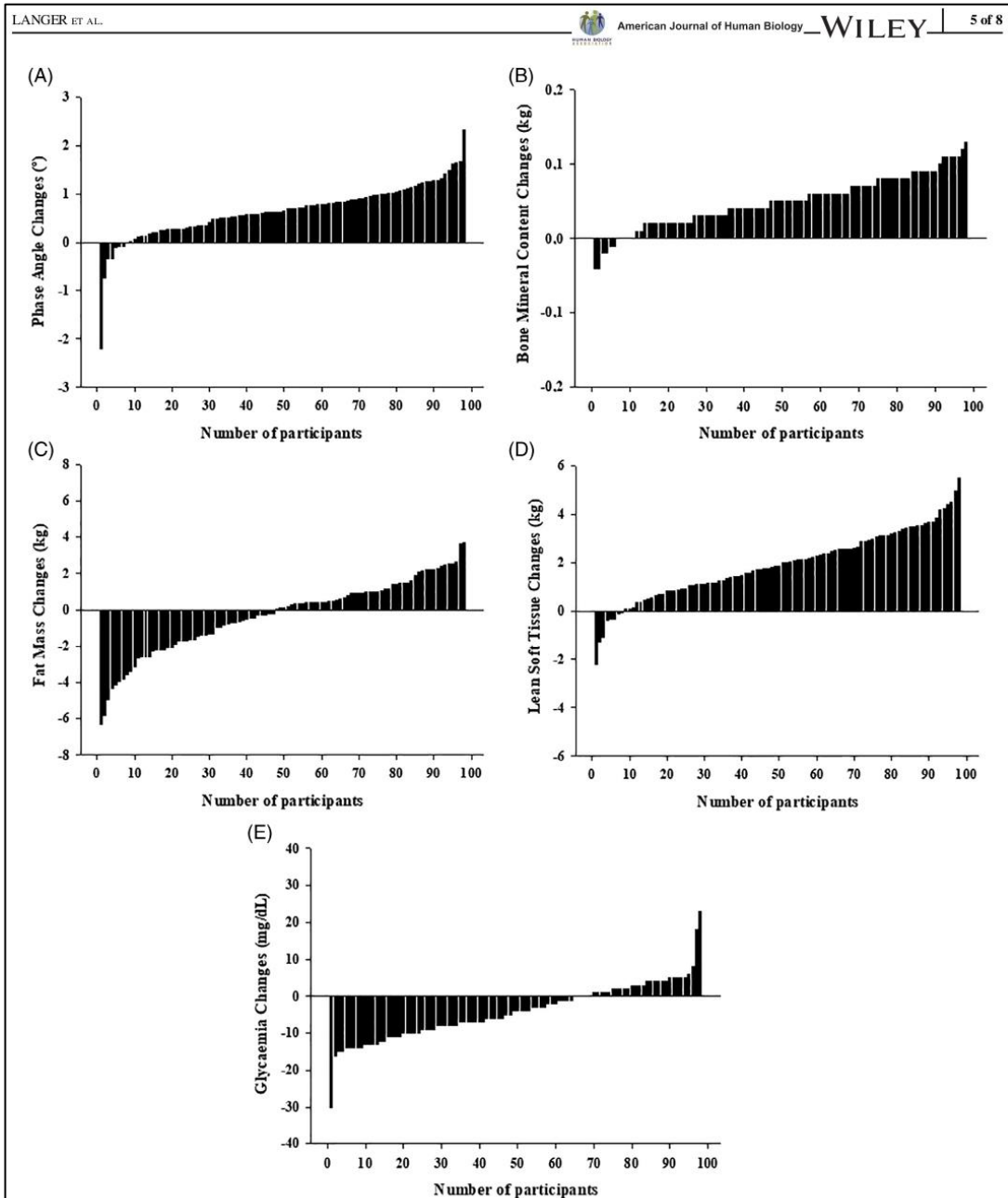


FIGURE 2 Individual changes in (A) phase angle, (B) bone mineral, (C) percentage of fat mass, (D) lean soft tissue, and (E) glycemia among participants after the 6-month physical training period

aerobic-type exercise activities and muscular strength training in obese military recruits.

The improvements observed in body composition and glycemia are relevant as individuals with higher amounts of

body fat and higher values of blood glucose levels, may be at a higher risk of developing cardiovascular disease, obesity, diabetes, and other related diseases (Cederberg et al., 2011; Friedl, 2012; Hagnäs et al., 2012; Pasiakos et al.,



2012). Therefore, individuals who present an improved body composition profile tend to display a better health status, longevity, improved physical performance, and injury risk protection (Friedl, 2012).

In the present study, it was observed that physical training was associated with an increase in PhA values. In an early study conducted with elite athletes, a rise in PhA values was also observed (Torres, Oliveira, Oliveira-Junior, Gonçalves, & Koury, 2008). Ribeiro et al. (2017) conducted a randomized clinical trial to analyze the effects of resistance training on PhA in healthy young individuals of both sexes who underwent a resistance training program over a period of 16 weeks and found increases in PhA. Although they observed an improvement in cellular health (PhA value) and a decrease in the R value, they did not observe a significant increase in the X_c value. In the present study, a significant increase in PhA and X_c values were observed, along with a significant decrease in the R value. As mentioned above, PhA is calculated using the ratio of the X_c and R parameters provided by BIA (Baumgartner et al., 1988). Considering that the R value is inversely proportional to the amount of electrolytes present in the water of the tissues, the smaller the amount of intracellular and extracellular water, the higher the R value of the body (Chumlea & Sun, 2005). On the other hand, the X_c reflects the capacitance of cell membranes, the surface of nonionic tissues delaying the passage of an electrical flow, that is, the better the integrity of the cell membrane the higher the X_c value of the body (Barnett & Bagno, 1935). Therefore, considering that changes in body components occur due to physical training, the level of hydration can affect the PhA value changes, too. Mathematically, higher and lower values of R and X_c , respectively, will result in a low PhA value as this parameter is calculated by the ratio of X_c to R (Dittmar, Reber, & Kahaly, 2015). Moreover, as a limitation of this study, we did not evaluate the hydration status of the participants.

This study used an observational design, by which a causal-effect relationship between physical training and improvement in health outcomes cannot be established. As baseline cardiorespiratory fitness levels and socioeconomic status were not provided, we could not test if these variables were potential confounders in our findings. Our results can only be generalized to healthy and young male populations.

5 | CONCLUSIONS

In conclusion, 6 months of physical training was associated with positive changes in cellular health, body composition, and glycemia, in males aged between 18 and 20 years. Military physical training is an effective strategy that may mitigate metabolic risk in young people through improvements in health-related parameters.

ACKNOWLEDGMENTS

The authors are grateful to the officers and the cadets of the "Preparatory School of Army Cadets" (EsPCEX) of Campinas-SP, for their authorization and collaboration in this study.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

All authors contributed to revising and editing of this article. R.D.L., J.H.B., V.X.C., and M.A.P. involved in data collection. R.D.L., under the supervision of A.M.S., G.G.J., and E.M.G., involved in data entry, cleaning, and coding. R.D.L., A.M.S., and E.M.G. involved in data and statistical analyses. R.D.L., A.M.S., G.G.J., and E.M.G. involved in the manuscript drafting.

ORCID

Raquel D. Langer <https://orcid.org/0000-0002-9098-1863>

REFERENCES

- Al-Dahi, S., Al-Khashan, H., Al Madeer, M. A. M., Al-Saif, K., Al-Amri, M. D. S., Al-Ghamdi, O., ... Mishriky, A. M. (2013). Assessment of Framingham cardiovascular disease risk among militaries in the Kingdom of Saudi Arabia. *Military Medicine*, 178(3), 299–305. <https://doi.org/10.7205/MILMED-D-12-00079>
- Barbosa, R., & Silva, E. (2013). Prevalence of cardiovascular risk factors among military police officers. *International Journal of Cardiovascular Sciences*, 26(1), 45–53.
- Barnett, A., & Bagno, S. (1935). The physiological mechanisms involved in the clinical measure of phase angle. *American Journal of Physiology—Legacy Content*, 114(2), 366–382.
- Baumgartner, R. N., Chumlea, W. C., & Roche, A. F. (1988). Bioelectric impedance phase angle and body composition. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 48(1), 16–23.
- Borges, J. H., Hunter, G. R., Silva, A. M., Cirolini, V. X., Langer, R. D., Páscoa, M. A., ... Gonçalves, E. M. (2017). Adaptive thermogenesis and changes in body composition and physical fitness in army cadets. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 59(1), 94–101. <https://doi.org/10.23736/S0022-4707.17.08066-5>
- Cederberg, H., Mikkola, I., Jokelainen, J., Laakso, M., Härkönen, P., Ikäheimo, T., ... Keinänen-Kiukaanniemi, S. (2011). Exercise during military training improves cardiovascular risk factors in young men. *Atherosclerosis*, 216(2), 489–495. <https://doi.org/10.1016/j.atherosclerosis.2011.02.037>
- Chumlea, W. C., & Sun, S. S. (2005). Bioelectrical impedance analysis. In *Human body composition* (2nd ed., pp. 79–88). Champaign, IL: Human Kinetics.
- da Costa, F. F., Montenegro, V. B., Lopes, T. J. A., & Costa, E. C. (2011). Combination of risk factors for metabolic syndrome in the military personnel of the Brazilian Navy. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia*, 97(6), 485–492.
- De Lorenzo, A., Andreoli, A., Matthie, J., & Withers, P. (1997). Predicting body cell mass with bioimpedance by using theoretical methods: A technological review. *Journal of Applied Physiology*



- (Bethesda, MD: 1985), 82(5), 1542–1558. <https://doi.org/10.1152/jappl.1997.82.5.1542>
- Dittmar, M., Reber, H., & Kahaly, G. J. (2015). Bioimpedance phase angle indicates catabolism in type 2 diabetes. *Diabetic Medicine: A Journal of the British Diabetic Association*, 32(9), 1177–1185. <https://doi.org/10.1111/dmce.12710>
- Fiedl, K. E. (2012). Body composition and military performance—Many things to many people. *Journal of Strength and Conditioning Research/National Strength & Conditioning Association*, 26(Suppl. 2), S87–S100. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31825ced6c>
- Gandapur, A. S. K., Manan, M., Nazir, G., Uzma, N., Chawla, J. A., Jadoon, A., & Tauqeer, A. (2006). Comparison of lipid profile and apoprotein in sedentary workers and those involved in regular exercise. *Journal of Ayub Medical College, Abbottabad: JAMC*, 18(4), 16–20.
- Gupta, D., Lammersfeld, C. A., Vashi, P. G., King, J., Dahlk, S. L., Grutsch, J. F., & Lis, C. G. (2008). Bioelectrical impedance phase angle as a prognostic indicator in breast cancer. *BMC Cancer*, 8(249), 1–7. <https://doi.org/10.1186/1471-2407-8-249>
- Hagnäs, M. P., Cederberg, H., Mikkola, I., Ikaheimo, T. M., Jokelainen, J., Laakso, M., ... Keinänen-Kiukkaanniemi, S. (2012). Reduction in metabolic syndrome among obese young men is associated with exercise-induced body composition changes during military service. *Diabetes Research and Clinical Practice*, 98(2), 312–319. <https://doi.org/10.1016/j.diabres.2012.09.009>
- Hassannejad, A., Khalaj, A., Mansoumia, M. A., Rajabian Tabesh, M., & Alizadeh, Z. (2017). The effect of aerobic or aerobic-strength exercise on body composition and functional capacity in patients with BMI ≥ 35 after bariatric surgery: A randomized control trial. *Obesity Surgery*, 27(11), 2792–2801. <https://doi.org/10.1007/s11695-017-2717-3>
- Hui, D., Bansal, S., Morgado, M., Dev, R., Chisholm, G., & Bruera, E. (2014). Phase angle for prognostication of survival in patients with advanced cancer: Preliminary findings. *Cancer*, 120(14), 2207–2214. <https://doi.org/10.1002/cncr.28624>
- Khoshdel, A. R., Seyed Jafari, M., Heidari, S. T., Abtahi, F., & Abdi, A. R. (2013). Prevalence of cardiovascular disease risk factors, and metabolic syndrome among military parachutists. *Ebnesina, Iranian Cardiovascular Research Journal*, 15(1), 12–18.
- Kraemer, W. J., Vescovi, J. D., Volek, J. S., Nindl, B. C., Newton, R. U., Patton, J. F., ... Häkkinen, K. (2004). Effects of concurrent resistance and aerobic training on load-bearing performance and the Army physical fitness test. *Military Medicine*, 169(12), 994–999.
- Kremer, M. M., Latin, R. W., Berg, K. E., & Stanek, K. (1998). Validity of bioelectrical impedance analysis to measure body fat in Air Force members. *Military Medicine*, 163(11), 781–785.
- Kyle, U. G., Bosaeus, I., De Lorenzo, A. D., Deurenberg, P., Elia, M., Gómez, J. M., ... Pichard, C. (2004). Bioelectrical impedance analysis—Part I: Review of principles and methods. *Clinical Nutrition (Edinburgh, Scotland)*, 23(5), 1226–1243. <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2004.06.004>
- Kyle, U. G., Soundar, E. P., Genton, L., & Pichard, C. (2012). Can phase angle determined by bioelectrical impedance analysis assess nutritional risk? A comparison between healthy and hospitalized subjects. *Clinical Nutrition (Edinburgh, Scotland)*, 31(6), 875–881. <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2012.04.002>
- Lee, S. Y., Lee, Y. J., Yang, J.-H., Kim, C.-M., & Choi, W.-S. (2014). The association between phase angle of bioelectrical impedance analysis and survival time in advanced cancer patients: Preliminary study. *Korean Journal of Family Medicine*, 35(5), 251–256. <https://doi.org/10.4082/kjfm.2014.35.5.251>
- Lohman, T. G., & Roche, A. F. (1988). *Anthropometric standardization reference manual*. Champaign, IL: Human Kinetics Books.
- Margolis, L. M., Pasiakos, S. M., Karl, J. P., Rood, J. C., Cable, S. J., Williams, K. W., ... McClung, J. P. (2012). Differential effects of military training on fat-free mass and plasma amino acid adaptations in men and women. *Nutrients*, 4(12), 2035–2046. <https://doi.org/10.3390/nu4122035>
- Maria, S. H. C. (2012). *Estado nutricional e fatores associados em militares da Força Aérea Brasileira na cidade de São Paulo (text)*. São Paulo, Brazil: Universidade de Paulo São. <https://doi.org/10.11606/D.89.2012.tde-14092012-100639>
- Marra, M., Caldara, A., Montagnese, C., De Filippo, E., Pasanisi, F., Contaldo, F., & Scalfi, L. (2009). Bioelectrical impedance phase angle in constitutionally lean females, ballet dancers and patients with anorexia nervosa. *European Journal of Clinical Nutrition*, 63(7), 905–908. <https://doi.org/10.1038/ejcn.2008.54>
- McGraw, L. K., Turner, B. S., Stotts, N. A., & Dracup, K. A. (2008). A review of cardiovascular risk factors in US military personnel. *The Journal of Cardiovascular Nursing*, 23(4), 338–344. <https://doi.org/10.1097/01.JCN.0000317437.75081.e7>
- Ministério da Defesa - Exército Brasileiro - Estado Maior do Exército. (2015). *Manual de Campanha: Treinamento Físico Militar* (4th ed.). Brasília: Author. Retrieved from <http://bdex.cb.mil.br/jspui/bitstream/123456789/84/1/EB20-MC-10.208.pdf>
- Monteiro, P. A., Chen, K. Y., Lira, F. S., Saraiva, B. T. C., Antunes, B. M. M., Campos, E. Z., & Freitas, I. F. (2015). Concurrent and aerobic exercise training promote similar benefits in body composition and metabolic profiles in obese adolescents. *Lipids in Health and Disease*, 14(153), 1–9. <https://doi.org/10.1186/s12944-015-0152-9>
- Mullie, P., Clarys, P., Hulens, M., & Vansant, G. (2010). Distribution of cardiovascular risk factors in Belgian army men. *Archives of Environmental & Occupational Health*, 65(3), 135–139. <https://doi.org/10.1080/19338240903390339>
- Muniz, G. R., & Bastos, F. I. P. M. (2010). Prevalência de obesidade em militares da força aérea brasileira e suas implicações na medicina aeroespacial. *Revista de Educação e de Tecnologia Aplicadas à Aeronautica*, 2(1), 25–36. <https://www.arca.fiocruz.br/handle/icict/2263>
- Neves, E. B. (2008). Prevalência de sobrepeso e obesidade em militares do exército brasileiro: associação com a hipertensão arterial. *Ciência & Saúde Coletiva*, 13(5), 1661–1668. <https://doi.org/10.1590/S1413-81232008000500029>
- Norman, K., Stobäus, N., Pirlich, M., & Bosy-Westphal, A. (2012). Bioelectrical phase angle and impedance vector analysis—Clinical relevance and applicability of impedance parameters. *Clinical Nutrition (Edinburgh, Scotland)*, 31(6), 854–861. <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2012.05.008>
- Ogurtsova, K., da Rocha Fernandes, J. D., Huang, Y., Linnenkamp, U., Guariguata, L., Cho, N. H., ... Makaroff, L. E. (2017). IDF Diabetes Atlas: Global estimates for the prevalence of diabetes for 2015 and 2040. *Diabetes Research and Clinical Practice*, 128, 40–50. <https://doi.org/10.1016/j.diabres.2017.03.024>
- Paiva, S. I., Borges, L. R., Halpern-Silveira, D., Assunção, M. C. F., Barros, A. J. D., & Gonzalez, M. C. (2010). Standardized phase angle from bioelectrical impedance analysis as prognostic factor for



- survival in patients with cancer. *Supportive Care in Cancer: Official Journal of the Multinational Association of Supportive Care in Cancer*, 19(2), 187–192. <https://doi.org/10.1007/s00520-009-0798-9>
- Pannacciulli, N., Pergola, G. D., Ciccone, M., Rizzon, P., Giorgino, F., & Giorgino, R. (2003). Effect of family history of type 2 diabetes on the intima-media thickness of the common carotid artery in normal-weight, overweight, and obese glucose-tolerant young adults. *Diabetes Care*, 26(4), 1230–1234. <https://doi.org/10.2337/diacare.26.4.1230>
- Paoli, A., Gentil, P., Moro, T., Marcolin, G., & Bianco, A. (2017). Resistance training with single vs. multi-joint exercises at equal Total load volume: Effects on body composition, cardiorespiratory fitness, and muscle strength. *Frontiers in Physiology*, 8(1105), 1–6. <https://doi.org/10.3389/fphys.2017.01105>
- Pasiakos, S. M., Karl, J. P., Lutz, L. J., Murphy, N. E., Margolis, L. M., Rood, J. C., ... McClung, J. P. (2012). Cardiometabolic risk in US Army recruits and the effects of basic combat training. *PLoS One*, 7(2), e31222. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0031222>
- Ray, S., Kulkarni, B., & Sreenivas, A. (2011). Prevalence of prehypertension in young military adults & its association with overweight & dyslipidaemia. *The Indian Journal of Medical Research*, 134, 162–167.
- Ribeiro, A. S., Avelar, A., Dos Santos, L., Silva, A. M., Gobbo, L. A., Schoenfeld, B. J., ... Cyrino, E. S. (2017). Hypertrophy-type resistance training improves phase angle in young adult men and women. *International Journal of Sports Medicine*, 38(1), 35–40. <https://doi.org/10.1055/s-0042-102788>
- Schwenk, A., Beisenherz, A., Römer, K., Kremer, G., Salzberger, B., & Elia, M. (2000). Phase angle from bioelectrical impedance analysis remains an independent predictive marker in HIV-infected patients in the era of highly active antiretroviral treatment. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 72(2), 496–501.
- Selberg, O., & Selberg, D. (2002). Norms and correlates of bioimpedance phase angle in healthy human subjects, hospitalized patients, and patients with liver cirrhosis. *European Journal of Applied Physiology*, 86(6), 509–516. <https://doi.org/10.1007/s00421-001-0570-4>
- Talbot, L. A., Metter, E. J., Morrell, C. H., Frick, K. D., Weinstein, A. A., & Fleg, J. L. (2011). A pedometer-based intervention to improve physical activity, fitness, and coronary heart disease risk in National Guard personnel. *Military Medicine*, 176(5), 592–600.
- Toombs, R. J., Ducher, G., Shepherd, J. A., & De Souza, M. J. (2012). The impact of recent technological advances on the trueness and precision of DXA to assess body composition. *Obesity (Silver Spring, MD)*, 20(1), 30–39. <https://doi.org/10.1038/oby.2011.211>
- Torres, A. G., Oliveira, K. J. F., Oliveira-Junior, A. V., Gonçalves, M. C., & Koury, J. C. (2008). Biological determinants of phase angle among Brazilian elite athletes. *Proceedings of the Nutrition Society*, 67(OCE8), 1–1. <https://doi.org/10.1017/S0029665108000062>
- Twig, G., Afek, A., Shamsis, A., Derazne, E., Tzur, D., Gordon, B., & Tirosh, A. (2012). White blood cell count and the risk for coronary artery disease in young adults. *PLoS One*, 7(10), e47183. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0047183>
- Wenzel, D., de Souza, J. M. P., & Souza, S. B. d. (2009). Prevalence of arterial hypertension in young military personnel and associated factors. *Revista de Saúde Pública*, 43(5), 789–795. <https://doi.org/10.1590/S0034-89102009005000059>
- Władysiuk, M. S., Mlak, R., Morshed, K., Surtel, W., Brzozowska, A., & Malecka-Massalska, T. (2016). Bioelectrical impedance phase angle as a prognostic indicator of survival in head-and-neck cancer. *Current Oncology (Toronto, ON)*, 23(5), e481–e487. <https://doi.org/10.3747/co.23.3181>
- World Medical Association. (2013). World Medical Association Declaration of Helsinki: Ethical principles for medical research involving human subjects. *JAMA*, 310(20), 2191–2194. <https://doi.org/10.1001/jama.2013.281053>

How to cite this article: Langer RD, Silva AM, Borges JH, et al. Physical training over 6 months is associated with improved changes in phase angle, body composition, and blood glucose in healthy young males. *Am J Hum Biol.* 2019;e23275. <https://doi.org/10.1002/ajhb.23275>

9. ANEXO

9.1. Parecer do Comitê de Ética em Pesquisa

	UNICAMP - CAMPUS CAMPINAS													
PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP														
DADOS DA EMENDA														
Título da Pesquisa: VALIDAÇÃO DE EQUAÇÕES PREDITIVAS PARA A AVALIAÇÃO DO PERCENTUAL DE GORDURA, MASSA ISENTA DE GORDURA E DO GASTO CALÓRICO DE REPOUSO EM CADETES DO EXÉRCITO: UM ESTUDO LONGITUDINAL														
Pesquisador: MAURO ALEXANDRE PASCOA														
Área Temática:														
Versão: 5														
CAAE: 54037316.0.0000.5404														
Instituição Proponente: Faculdade de Ciências Médicas - UNICAMP														
Patrocinador Principal: Financiamento Próprio														
DADOS DO PARECER														
Número do Parecer: 4.513.021														
Apresentação do Projeto:														
As informações contidas nos campos "Apresentação do Projeto", "Objetivo da Pesquisa" e "Avaliação dos Riscos e Benefícios" foram obtidas dos documentos apresentados para apreciação ética e das informações inseridas pelo Pesquisador Responsável do estudo na Plataforma Brasil.														
Introdução:														
O treinamento físico pode gerar alterações na composição corporal como o aumento da massa isenta de gordura, assim como diminuição da massa gorda influenciando na melhora do desempenho atlético (KNECHTLE, et al., 2009; SILVA, et al., 2012). Além de servir como forma de controle das adaptações ao treinamento físico, a avaliação da composição corporal possibilita acompanhar alterações relacionadas ao processo de crescimento, desenvolvimento e envelhecimento, assim como alterações geradas por intervenções nutricionais e farmacológicas e de algumas doenças (SANTOS et al., 2014). Além disso, no contexto direcionado ao treinamento físico, altos níveis de gasto calórico associado com exercício físico são fatores determinantes para o gasto calórico total e de repouso em militares (MARGOLIS et al., 2014). A literatura corrobora o uso deste método como forma de acelerar o processo de adaptação das capacidades físicas à rotina do exercício militar e sua evolução dentro de padrões de saúde consideráveis (MARGOLIS et al., 2012; MIKKOLA et al., 2012; PASIAKOS et al., 2012). O uso destes métodos pode alterar a composição corporal dos mesmos ao longo de um período de treinamento, bem como o gasto														
<table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 40%;">Endereço: Rua Tessália Vieira de Camargo, 126</td> <td style="width: 20%;"></td> <td style="width: 40%;">CEP: 13.083-887</td> </tr> <tr> <td>Bairro: Barão Geraldo</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>UF: SP</td> <td>Município: CAMPINAS</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Telefone: (19)3521-8936</td> <td>Fax: (19)3521-7187</td> <td>E-mail: cep@fcm.unicamp.br</td> </tr> </table>			Endereço: Rua Tessália Vieira de Camargo, 126		CEP: 13.083-887	Bairro: Barão Geraldo			UF: SP	Município: CAMPINAS		Telefone: (19)3521-8936	Fax: (19)3521-7187	E-mail: cep@fcm.unicamp.br
Endereço: Rua Tessália Vieira de Camargo, 126		CEP: 13.083-887												
Bairro: Barão Geraldo														
UF: SP	Município: CAMPINAS													
Telefone: (19)3521-8936	Fax: (19)3521-7187	E-mail: cep@fcm.unicamp.br												



UNICAMP - CAMPUS CAMPINAS



Continuação do Parecer: 4.513.021

calórico de repouso. Os programas militares reconhecem a importância do treinamento físico e se utilizam de métodos de treinamento específicos para aquisição de força muscular e a capacidade de resistência aeróbia como componentes chaves do estado de prontidão militar para os exercícios de combate (VICKERS; BARNARD, 2010). A Escola Preparatória de Cadetes do Exército (EsPCEEx) é um estabelecimento de Ensino Militar Bélico, situada na cidade de Campinas-SP, que tem como objetivo selecionar e preparar o futuro Cadete da Academia Militar das Agulhas Negras (AMAN). O regime de funcionamento da EsPCEEx é de internato, na qual todos os alunos egressos são submetidos a um programa de Treinamento Físico Militar (TFM) rigoroso, no qual é exigida uma boa condição física para que possam prosseguir no curso de formação de Oficial Combatente do Exército Brasileiro. O TFM busca proporcionar a manutenção preventiva da saúde do militar; desenvolver, manter ou recuperar a condição física total do militar; e cooperar no desenvolvimento de suas qualidades morais (BRASIL, 2002). As alterações que ocorrem na condição física do aluno podem ser mensuradas ao longo do ano, no momento que são aplicados os Testes de Aptidão Física. A simplicidade da aplicação e a confiabilidade dos resultados, aliadas à importância dos dados fornecidos, fazem com que os testes de avaliação física sejam utilizados por exércitos de vários países, dentre os quais, o Brasil (OLIVEIRA, 2005). A avaliação da composição corporal pode ser dividida em métodos de campo ou de laboratório, na qual o segundo grupo oferece maior critério de medição e referência para as avaliações dos métodos de campo. Por isso são também mais caros, demorados quanto à logística e entretanto, oferecem maior precisão nos resultados (HEYWARD; WAGNER, 2004). Os militares compõem um grupo específico altamente disciplinado e subordinado dentro da rotina de trabalho. A escassez de tempo livre e a dificuldade de saída dos quartéis fazem dos métodos de campo os procedimentos ideais para serem aplicados em grande escala com fácil organização. Os métodos de avaliação da composição corporal podem também ser classificados em três grupos: os métodos diretos, os indiretos e os duplamente indiretos (HEYWARD; STOLARCZYK, 2000). Como única forma direta de avaliação da composição corporal permanece a dissecação de cadáveres, cuja utilização em estudos tem sido rara atualmente (CLARYS, 1984). Dentre os métodos indiretos, a absorciometria por dupla emissão de raio-X (DXA), além de apresentar boa precisão e exatidão, proporciona como vantagem, dividir o corpo em três componentes corporais: conteúdo mineral ósseo, massa gorda e tecido mole magro (HEYWARD; WAGNER, 2004). Esta técnica permite a validação de outros métodos de avaliação duplamente indiretos (BRANDÃO et al., 2009; DEMINICE; ROSA, 2009; TOOMBS et al., 2012). Nos últimos anos, a DXA tem sido uma das técnicas mais utilizadas como método de referência em diferentes populações (MORRISON et al., 2001; HORLICK et al., 2002; PIETROBELLI et al., 2003; BOTT et al.,

Endereço: Rua Tessália Vieira de Camargo, 126

Bairro: Barão Geraldo

CEP: 13.083-887

UF: SP

Município: CAMPINAS

Telefone: (19)3521-8936

Fax: (19)3521-7187

E-mail: cep@fcm.unicamp.br



UNICAMP - CAMPUS
CAMPINAS



Continuação do Parecer: 4.513.021

2006; LOFTIN et al., 2007; NIELSEN et al., 2007; LAZZER et al., 2008; SLUYTER et al., 2010 e KRIEMLER et al., 2010), devido a sua rapidez de resultados e à reduzida exposição à radiação. No terceiro grupo, estão os métodos duplamente indiretos, que são constituídos por técnicas alternativas, como a antropometria e impedância bioelétrica (BIA). A antropometria é a técnica mais utilizada, devido a sua praticidade e baixo custo operacional e por não apresentar procedimentos invasivos, para a avaliação da composição corporal, como também, pode ser usada com um grande número de indivíduos em virtude da sua facilidade logística e rapidez (COSTA, 2001, PETROSKI, 2003; PERINI et al., 2005). A partir das medidas de superfície é possível estimar os tamanhos e proporções corporais: espessuras de dobras cutâneas; circunferências, diâmetros, o comprimento e a amplitude óssea dos segmentos corporais (HEYWARD; STOLARCZYK, 2000), além da massa e da altura. A antropometria estima os valores de gordura corporal com o uso de modelos de equações de predição (GONÇALVES; MOURÃO, 2008). No entanto, limitações apontadas na literatura sugerem que o caminho dos modelos não é muito preciso, devido à variação entre resultados preditos no mesmo sujeito entre os modelos (SINNING et al., 1985). O que reforça o uso apenas de equações específicas para cada tipo de população (PETROSKI, 1995). Para avaliar a adiposidade corporal, o uso direto do somatório das espessuras de dobras cutâneas em mm (KERR, 2007) tem sido uma alternativa para avaliar com precisão a adiposidade corporal (ACKLAND; STEWART, 2014). O fato de que forças armadas de vários países se preocuparem com o controle dos valores de adiposidade de seus militares, justifica nosso estudo devido à forte relação da adiposidade com o desempenho físico e a saúde (FRIEDL, 2012). No Exército Brasileiro a adiposidade é considerada um fator determinante do desempenho físico e é utilizada como referência na elaboração da atividade física dos militares (BRASIL, 2002). Devido a rotina militar com programas de treinamento físico rigorosos (O'CONNOR; BAHRKE; TETU, 1990), os cadetes além de reduzir o percentual de massa gorda (%G) (SILVA et al., 2006), também aumentam a massa isenta de gordura (FRIEDL, 2012). O segundo instrumento, considerado também como método de avaliação duplamente indireto é a BIA, muito utilizado para mensurar a massa isenta de gordura. A BIA é um método recomendada para estudos de campo, por sua facilidade de mensuração de um número grande de indivíduos em um período curto de tempo (BÖHM; HEITMANN, 2013). A estimativa da composição corporal por meio da BIA é baseada em equações preditivas desenvolvidas para diferentes populações com características específicas (sexo, idade, etnia, antropometria). Têm sido evidenciados erro de predição quando aplicado em populações com características diversas daquela na qual a equação foi desenvolvida (XU et al., 2011). Além disso, as equações desenvolvidas para estimar o %G por meio da técnica de dobras cutâneas e a massa

Endereço: Rua Tessália Vieira de Camargo, 126

Bairro: Barão Geraldo

CEP: 13.083-887

UF: SP

Município: CAMPINAS

Telefone: (19)3521-8936

Fax: (19)3521-7187

E-mail: cep@fcm.unicamp.br



UNICAMP - CAMPUS
CAMPINAS



Continuação do Parecer: 4.513.021

isenta de gordura por meio da técnica de BIA geralmente são desenvolvidas em estudos transversais. Desta forma não está claro, se estas equações são válidas para aplicação nos mesmos indivíduos após alterações da composição corporal influenciadas pelo TFM. Já em relação ao gasto calórico de repouso, a literatura demonstra que em indivíduos adultos, o maior componente do gasto energético está relacionado com o gasto calórico de repouso, que corresponde entre 60 a 75 % do gasto calórico diário total de um indivíduo (DONAHOO; LEVINE; MELANSON, 2004). Estimar o dispêndio calórico é uma prática comum de profissionais de nutrição e do exercício (SILVA et al., 2012). A utilização da calorimetria indireta com um sistema portátil é um método comum e muito utilizado para a mensuração do gasto calórico de repouso na prática clínica por ser exato e preciso (WINES et al., 2015). A calorimetria indireta mede a produção de energia a partir das trocas gasosas do organismo como o meio ambiente. Assim como nas técnicas para estimar a composição por meio de métodos duplamente indiretos, para estimar o gasto calórico de repouso a partir da composição corporal, os modelos desenvolvidos também possuem características transversais (MULLER et al., 2004; KORTH et al., 2007; FAO/WHO/UNU, 1985), por outro lado, ainda não está claro, se a predição do gasto calórico de repouso pela composição corporal também possui exatidão após alterações da mesma.

Hipótese:

A hipótese é que os modelos de predição do %G, massa isenta de gordura e do gasto calórico de repouso desenvolvidos para esse grupo sejam eficazes tanto para o delineamento transversal, quanto para o longitudinal. Ou seja, caracterizar o perfil de composição corporal dos militares no início de carreira, após concurso de seleção e aptidão física específicos e após adaptações ao programa de TFM, classificatório para a carreira de oficial do exército brasileiro.

Metodologia Proposta: Este projeto possui um delineamento com característica observacional, prospectivo, analítico e longitudinal com aplicação de avaliações físicas da composição corporal, GCR e acompanhamento de testes físicos aplicados pelos próprios militares em uma população masculina e feminina jovem adulta e saudável, fisicamente ativa e sob as mesmas condições de ambiente.. Esperamos completar uma amostra de 200 alunos por ano de militares voluntários de ambos os sexos, com idade entre 18 e 20 anos para avaliação da composição corporal onde 30% dessa amostra incluirá a avaliação do gasto calórico de repouso. Os sujeitos serão avaliados no primeiro ano preparatório, no período de adaptação do programa de TFM, entre março e abril, ou maio e junho e ao final do ano letivo, durante as avaliações finais de desempenho físico entre

Endereço: Rua Tessália Vieira de Camargo, 126

Bairro: Barão Geraldo

CEP: 13.083-887

UF: SP

Município: CAMPINAS

Telefone: (19)3521-8936

Fax: (19)3521-7187

E-mail: cep@fcm.unicamp.br



UNICAMP - CAMPUS
CAMPINAS



Continuação do Parecer: 4.513.021

outubro e novembro.

Critério de Inclusão: T

odos os alunos voluntários são considerados fisicamente aptos por exames de seleção em testes físicos e de saúde em concurso federal para a carreira de militar do Exército Brasileiro. Somente participarão do programa de intervenção os indivíduos que estiverem entre 18 e 20 anos.

Critério de Exclusão:

Como critério de exclusão, os alunos que utilizarem algum medicamento durante o período de análise que possa alterar os resultados, dispensa durante o período de avaliação por algum motivo de saúde, desligamento ou desistência da carreira militar, ou desistência voluntária da pesquisa, não participarão deste estudo.

Metodologia de Análise de Dados:

Os dados serão analisados por meio do software SPSS® versão 21. O teste de Kolmogorov-Smirnov será utilizado para testar se os dados irão apresentar distribuição normal. Caso isso não ocorra, será realizada a transformação logarítmica (log) e, quando não for possível o ajuste, será utilizada a estatística de teste não-paramétrico (Wilcoxon). Para as comparações entre os resultados de composição corporal estimados por cada equação preditiva e do método de referência (DXA), assim como para o gasto calórico de repouso estimado pela composição corporal e método de referência (calorimetria indireta) será utilizado o Teste t de Student para amostras pareadas. O coeficiente de correlação (R), o coeficiente de explicação ajustado (R²) e o erro padrão de estimativa (EPE) serão calculados por meio da regressão linear simples. Adicionalmente, será verificado se a linha da regressão irá diferir da linha de identidade (intercepto diferente de 0 e slope diferente de 1). A concordância entre as equações preditivas e o método de referência será avaliada por meio do método de Bland & Altman (BLAND; ALTMAN, 1986). Além disso, será verificado se as diferenças entre as equações preditivas e o método de referência poderão ser correlacionadas (R) com a média das duas medidas (equações preditivas e DXA; equação preditiva e calorimetria indireta). Todos estes testes de parâmetros serão utilizados para avaliar a acurácia das equações preditivas em relação ao método de referência. O desenvolvimento das equações preditivas propostas no presente estudo, serão inicialmente para avaliar se a relação entre a variável dependente e as variáveis independentes demonstrarão linearidade. Serão utilizados os gráficos de dispersão e o valor de R. A Regressão linear múltipla (stepwise) será utilizada no

Endereço: Rua Tessália Vieira de Camargo, 126

Bairro: Barão Geraldo

CEP: 13.083-887

UF: SP

Município: CAMPINAS

Telefone: (19)3521-8936

Fax: (19)3521-7187

E-mail: cep@fcm.unicamp.br



UNICAMP - CAMPUS
CAMPINAS



Continuação do Parecer: 4.513.021

desenvolvimento dos novos modelos. A normalidade dos resíduos dos novos modelos será verificada pela análise dos gráficos de dispersão. O nível de significância adotado será de 5%.

Objetivo da Pesquisa:

Objetivo Primário:

Desenvolver equações preditivas para a avaliação do %G, massa isenta de gordura e gasto calórico de repouso ao considerar as alterações da composição corporal em jovens militares de ambos os sexos durante o primeiro ano de adaptação de TFM.

Objetivo Secundário:

- a) Desenvolver equação de predição de %G por meio do método de dobras cutâneas com utilização da DXA como método de referência no período de adaptação do treinamento militar, e verificar a concordância dessa equação após o treinamento, ao considerar as alterações da composição corporal.
- b) Desenvolver equação de predição de massa isenta de gordura por meio do método BIA com utilização da DXA como método de referência no período de adaptação do treinamento militar, e verificar a concordância dessa equação após o treinamento ao considerar as alterações da composição corporal.
- c) Desenvolver equação de predição de gasto calórico de repouso por meio da composição corporal mensurado pela DXA e utilizar o método de calorimetria indireta como referência no período de adaptação do treinamento militar, e verificar a concordância dessa equação após o treinamento ao considerar as alterações da composição corporal.
- d) Influência do treinamento físico militar na geometria óssea em alunos da escola preparatória de cadetes do exército brasileiro.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Riscos:

A pesquisa não apresenta riscos previsíveis, não há sensibilidade de dor nas avaliações, não há exposição física e ou moral no contato com os profissionais da pesquisa, não há informações desconhecidas nos procedimentos da pesquisa para os participantes.

Benefícios:

Não há benefícios diretos aos participantes, a pesquisa possibilitará a elaboração de equações de predição da composição corporal e gasto calórico de repouso que ainda são inéditas para esta população, maior precisão no diagnóstico e monitoramento da composição corporal e gasto energético de repouso e um melhor controle na programação do treinamento físico e obtenção de resultados em testes de desempenho físicos.

Endereço: Rua Tessália Vieira de Camargo, 126

Bairro: Barão Geraldo

CEP: 13.083-887

UF: SP

Município: CAMPINAS

Telefone: (19)3521-8936

Fax: (19)3521-7187

E-mail: cep@fcm.unicamp.br



UNICAMP - CAMPUS CAMPINAS



Continuação do Parecer: 4.513.021

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Este protocolo se refere ao Projeto de Pesquisa intitulado "VALIDAÇÃO DE EQUAÇÕES PREDITIVAS PARA A AVALIAÇÃO DO PERCENTUAL DE GORDURA, MASSA ISENTA DE GORDURA E DO GASTO CALÓRICO DE REPOUSO EM CADETES DO EXÉRCITO: UM ESTUDO LONGITUDINAL", cujo Pesquisador responsável é Mauro Alexandre Pascoa com as colaborações dos pesquisadores Juliano Henrique Borges, Raquel David Langer, Gil Guerra Júnior, Ezequiel Moreira Gonçalves, Camila Justino de Oliveira Barbeta e Vagner Xavier Cirolini.

A pesquisa foi enquadrada na Área "Ciências da Saúde" e embasará pesquisas em Pós-graduação em Saúde da Criança e do Adolescente – PGSCA para o desenvolvimento de Teses e Dissertação, junto ao Centro de Investigação em Pediatria – CIPED – FCM - UNICAMP. A Instituição Proponente é a Faculdade de Ciências Médicas da UNICAMP. Segundo as Informações Básicas do Projeto, a pesquisa tem orçamento estimado em R\$ 10,00 (Dez reais) e o cronograma apresentado contempla início do estudo para 16/06/2016, com término em 18/11/2018. Serão abordados ao todo 400 participantes da Escola de Cadetes do Exército para a coleta de dados da composição corporal e testes físicos.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Esta versão trata-se de uma emenda. De acordo com as informações do pesquisador responsável, contempladas no documento anexado "Emenda_MAURO_PASCOA.pdf" 14/12/2020 14:37:10", solicita que: "Há necessidade de inclusão do nome dos pesquisadores da versão original do TCLE no Parecer de Aprovação do Comitê de Ética. Os mesmos constam nesta ordem no documento original aprovado TCLE, no entanto não estão citados no Parecer Final."

Estas informações estão contempladas no item "Comentários e Considerações sobre a Pesquisa"

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Emenda aprovada.

Considerações Finais a critério do CEP:

- O participante da pesquisa deve receber uma via do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, na íntegra, por ele assinado (quando aplicável).
- O participante da pesquisa tem a liberdade de recusar-se a participar ou de retirar seu consentimento em qualquer fase da pesquisa, sem penalização alguma e sem prejuízo ao seu

Endereço: Rua Tessália Vieira de Camargo, 126

Bairro: Barão Geraldo

CEP: 13.083-887

UF: SP

Município: CAMPINAS

Telefone: (19)3521-8936

Fax: (19)3521-7187

E-mail: cep@fcm.unicamp.br



UNICAMP - CAMPUS CAMPINAS



Continuação do Parecer: 4.513.021

cuidado (quando aplicável).

- O pesquisador deve desenvolver a pesquisa conforme delineada no protocolo aprovado. Se o pesquisador considerar a descontinuação do estudo, esta deve ser justificada e somente ser realizada após análise das razões da descontinuidade pelo CEP que o aprovou. O pesquisador deve aguardar o parecer do CEP quanto à descontinuação, exceto quando perceber risco ou dano não previsto ao participante ou quando constatar a superioridade de uma estratégia diagnóstica ou terapêutica oferecida a um dos grupos da pesquisa, isto é, somente em caso de necessidade de ação imediata com intuito de proteger os participantes.

- O CEP deve ser informado de todos os efeitos adversos ou fatos relevantes que alterem o curso normal do estudo. É papel do pesquisador assegurar medidas imediatas adequadas frente a evento adverso grave ocorrido (mesmo que tenha sido em outro centro) e enviar notificação ao CEP e à Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA – junto com seu posicionamento.

- Eventuais modificações ou emendas ao protocolo devem ser apresentadas ao CEP de forma clara e sucinta, identificando a parte do protocolo a ser modificada e suas justificativas e aguardando a aprovação do CEP para continuidade da pesquisa. Em caso de projetos do Grupo I ou II apresentados anteriormente à ANVISA, o pesquisador ou patrocinador deve enviá-las também à mesma, junto com o parecer aprovatório do CEP, para serem juntadas ao protocolo inicial.

- Relatórios parciais e final devem ser apresentados ao CEP, inicialmente seis meses após a data deste parecer de aprovação e ao término do estudo.

- Lembramos que segundo a Resolução 466/2012, item XI.2 letra e, “cabe ao pesquisador apresentar dados solicitados pelo CEP ou pela CONEP a qualquer momento”.

- O pesquisador deve manter os dados da pesquisa em arquivo, físico ou digital, sob sua guarda e responsabilidade, por um período de 5 anos após o término da pesquisa.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Endereço: Rua Tessália Vieira de Camargo, 126

Bairro: Barão Geraldo

CEP: 13.083-887

UF: SP

Município: CAMPINAS

Telefone: (19)3521-8936

Fax: (19)3521-7187

E-mail: cep@fcm.unicamp.br



UNICAMP - CAMPUS CAMPINAS



Continuação do Parecer: 4.513.021

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_1680006_E2.pdf	14/12/2020 14:40:22		Aceito
Outros	Emenda_MAURO_PASCOA.pdf	14/12/2020 14:37:10	MAURO ALEXANDRE PASCOA	Aceito
Outros	Emenda_MAURO_PASCOA.docx	10/07/2019 16:35:54	MAURO ALEXANDRE PASCOA	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto_de_Pesquisa.docx	10/07/2019 16:35:31	MAURO ALEXANDRE PASCOA	Aceito
Outros	Carta_Resposta_CEP.pdf	13/05/2016 08:53:44	MAURO ALEXANDRE PASCOA	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto_de_Pesquisa.pdf	13/05/2016 08:52:14	MAURO ALEXANDRE PASCOA	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE.pdf	13/05/2016 08:51:43	MAURO ALEXANDRE PASCOA	Aceito
Declaração de Pesquisadores	AtestadoMatricula.pdf	02/05/2016 10:53:38	Renata Maria dos Santos Celeghini	Aceito
Cronograma	Cronograma.pdf	29/04/2016 02:16:09	MAURO ALEXANDRE PASCOA	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	carta_autorizacao_EscolaPreparatoriaDeCadetesDoExercito.pdf	17/03/2016 13:34:45	Renata Maria dos Santos Celeghini	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	Autorizacao_Provisoria.pdf	10/03/2016 15:26:23	MAURO ALEXANDRE PASCOA	Aceito
Folha de Rosto	Folha_de_rosto.PDF	10/03/2016 15:25:24	MAURO ALEXANDRE PASCOA	Aceito
Outros	Carta_justificativa.pdf	10/03/2016 15:21:39	MAURO ALEXANDRE PASCOA	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

Endereço: Rua Tessália Vieira de Camargo, 126

Bairro: Barão Geraldo

CEP: 13.083-887

UF: SP

Município: CAMPINAS

Telefone: (19)3521-8936

Fax: (19)3521-7187

E-mail: cep@fcm.unicamp.br



UNICAMP - CAMPUS
CAMPINAS



Continuação do Parecer: 4.513.021

CAMPINAS, 27 de Janeiro de 2021

Assinado por:
Renata Maria dos Santos Celeghini
(Coordenador(a))

Endereço: Rua Tessália Vieira de Camargo, 126

Bairro: Barão Geraldo

CEP: 13.083-887

UF: SP

Município: CAMPINAS

Telefone: (19)3521-8936

Fax: (19)3521-7187

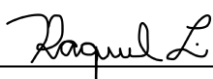
E-mail: cep@fcm.unicamp.br

9.2. Declaração de Não Infringimento do Direito Autoral Transferido à Editora

DECLARAÇÃO

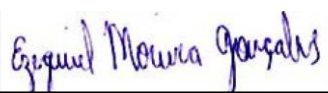
A cópia do artigo de minha autoria, já publicado em revista científica, que consta na minha Tese de Doutorado, intitulada **ÂNGULO DE FASE DETERMINADO PELA IMPEDÂNCIA BIOELÉTRICA: INFLUÊNCIA DO TREINAMENTO FÍSICO E A RELAÇÃO COM A FORÇA MUSCULAR EM JOVENS SAUDÁVEIS**, não infringe os dispositivos da Lei nº 9.610/98, nem o direito autoral de qualquer editora.

Campinas, 27 de Julho de 2021.



Raquel David Langer

RG nº 29809311-x



Ezequiel Moreira Goncalves

RG nº 6172218-1