

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA, FISIOTERAPIA E DANÇA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DO MOVIMENTO HUMANO

Márcio Beck Schemes

RELAÇÃO ENTRE DENSITOMETRIA POR ABSORÇÃO DE RAIOS-X DE DUPLA  
ENERGIA, ULTRASSONOGRRAFIA E ANTROPOMETRIA NA ESTIMATIVA DA  
MASSA MUSCULAR E DA QUALIDADE MUSCULAR EM IDOSOS

PORTO ALEGRE

2021

Márcio Beck Schemes

RELAÇÃO ENTRE DENSITOMETRIA POR ABSORÇÃO DE RAIOS-X DE DUPLA  
ENERGIA, ULTRASSONOGRRAFIA E ANTROPOMETRIA NA ESTIMATIVA DA  
MASSA MUSCULAR E DA QUALIDADE MUSCULAR EM IDOSOS

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Movimento Humano da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Dança da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ciências do Movimento Humano.

Orientador: Prof. Dr. Ronei Silveira Pinto

PORTO ALEGRE

2021

Márcio Beck Schemes

RELAÇÃO ENTRE DENSITOMETRIA POR ABSORÇÃO DE RAIOS-X DE DUPLA  
ENERGIA, ULTRASSONOGRRAFIA E ANTROPOMETRIA NA ESTIMATIVA DA  
MASSA MUSCULAR E DA QUALIDADE MUSCULAR EM IDOSOS

Conceito final: A

Aprovado em: \_\_14\_\_ de \_\_dezembro\_\_ de \_\_2021\_\_

BANCA EXAMINADORA:

---

Prof.<sup>a</sup>. Dr.<sup>a</sup> Cláudia Dornelles Schneider - UFCSPA

---

Prof. Dr. Régis Radaelli – Universidade de Lisboa

---

Prof. Dr. Giovani dos Santos Cunha – UFRGS

---

Prof. Dr. Eduardo Lusa Cadore - UFRGS

---

Orientador - Prof. Dr. Ronei Silveira Pinto – UFRGS

## CIP - Catalogação na Publicação

Schemes, Marcio Beck

Relação entre Densitometria por Absorção de Raios-x de Dupla energia, Ultrassonografia e Antropometria na estimativa da Massa e da Qualidade Muscular em Idosos / Marcio Beck Schemes. -- 2021.

55 f.

Orientador: Ronei Silveira Pinto.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Escola de Educação Física, Programa de Pós-Graduação em Ciências do Movimento Humano, Porto Alegre, BR-RS, 2021.

1. Composição Corporal. I. Pinto, Ronei Silveira, orient. II. Título.

Elaborada pelo Sistema de Geração Automática de Ficha Catalográfica da UFRGS com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

## ESCLARECIMENTOS SOBRE O FORMATO DE APRESENTAÇÃO DA DISSERTAÇÃO

A presente dissertação de mestrado faz parte de um estudo maior, um ensaio clínico randomizado aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre (UFCSPA) (nº 3.115.724) e realizado em parceria com a Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).

A dissertação é dividida em partes (itens numerados), nas quais, em sequência, são apresentados: a) Resumo; b) Abstract; c) Introdução, com a apresentação do tema e justificativa da realização do estudo; d) Revisão da literatura, em que são explorados temas específicos sobre envelhecimento, composição corporal, qualidade muscular e capacidade funcional, seguida do referencial teórico utilizado; e) Artigo completo em inglês, com a formatação de citações, referências, tabelas e figuras de acordo com as exigências da revista para a qual o artigo foi submetido no dia 16 de novembro de 2021 (*Journal of Aging and Physical Activity* (JAPA)); f) Considerações finais, em que são explorados os principais achados da investigação, sua discussão e a conclusão final; g) Por fim, estão anexados os apêndices com o cartaz de divulgação e o termo de consentimento livre e esclarecido apresentado aos participantes da pesquisa.

Desde já agradeço o aceite dos avaliadores, Prof<sup>a</sup>. Cláudia Dornelles Schneider (UFCSPA), Prof. Eduardo Lusa Cadore (UFRGS), Prof. Giovani dos Santos Cunha (UFRGS) e Prof. Régis Radaelli (Universidade do Porto) para a avaliação da presente dissertação.

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus que permitiu chegar até aqui e após 16 anos de formado em Educação Física – Licenciatura Plena, poder realizar esta incrível experiência acadêmica. Por ter me dado saúde, força, família e amigos que sempre me auxiliaram e para que eu conseguisse alcançar cada objetivo que tracei durante esse período.

À minha esposa Karina Mello Piccoli e ao meu filho Matheus Piccoli Schemes que sempre me incentivaram e aceitaram pacientemente a minha ausência em muitos momentos para cumprir esta jornada. Não tenho palavras para agradecer vocês. São tudo para mim. Amo-os muito.

Aos meus pais, Cláudio Luiz Schemes e Rosaura Maria da Silva Beck, por estarem sempre ao meu lado, dando amor e incentivo desde pequeno, para que eu estudasse e conseguisse alcançar grandes conquistas pessoais e profissionais. Admiro muito vocês e sou muito grato por tudo. Amo muito vocês.

À minha irmã Daniele Beck Schemes e minha sobrinha Isabel Beck Schemes Silva que sempre estiveram presentes na minha vida. Amo vocês.

À Prof<sup>a</sup>. Dra. Cláudia Dornelles Schneider que me aceitou para fazer parte desse incrível time do projeto realizado em parceria da UFSCPA com a UFRGS e pelos auxílios durante esta caminhada. Muito obrigado Prof.<sup>a</sup> Cláudia.

À grande amiga que ganhei, Mestre Simone de Azevedo Bach, que esteve junto comigo compartilhando as dificuldades e êxitos do nosso projeto realizado em conjunto. Deste incrível projeto dela, saiu a minha dissertação. Muito obrigado por tudo!

Meus agradecimentos aos amigos e colegas que a vida me deu, e permaneceram ao meu lado, mesmo nos momentos mais turbulentos: Carlos Leonardo Figueiredo Machado, Gabriela Lucciana Martini, Rodrigo Rabuski Neske e Charles Gaberotto Pires. Com certeza compartilharam e compartilham boa parte dos melhores momentos que vivi e vivo nesta jornada. Além disso, gostaria de agradecer à Juliana Teodoro e ao Prof. Régis Radaelli pelo grande auxílio e parceria durante este processo de aprendizado.

Meus mentores foram de muita importância nessa caminhada. Meu orientador Ronei Silveira Pinto, foi muito mais que um orientador, um grande amigo que sempre buscou orientar para além de minha formação acadêmica. Inspirou-me e incentivou a cursar educação física quando eu tinha 18 anos de idade e era Personal Trainer e amigo do meu pai. Além de ser uma referência na área do treinamento de força, ensinou-me e me ensina até hoje o que é ciência, colaborando com minha trajetória até então. Agradeço também aos professores do PPGCMH Eduardo Lusa Cadore, Giovani dos Santos Cunha, Anelise Reis Gaya, Gracielli Sbruzzi, Flávio Antônio de Souza Castro e Álvaro Reishack de Oliveira que marcaram minha trajetória acadêmica.

Agradeço a Universidade Federal do Rio Grande do Sul, pela oportunidade de cursar o Programa de Pós-Graduação em Ciências do Movimento Humano. Ao seu corpo docente, direção e administração que oportunizaram eu vivenciar esta incrível experiência, meu muito obrigado.

A todos que direta ou indiretamente fizeram parte da minha formação, o meu mais sincero agradecimento!

## RESUMO:

A sarcopenia (i. e. redução da massa muscular) não explica completamente a redução da capacidade funcional durante o processo de envelhecimento. Adicionalmente, somente a dinapenia (i. e. redução da potência e da força muscular) também não. Assim, a qualidade muscular (i. e. desempenho muscular relativo ao tecido muscular; QM) mostra-se um melhor parâmetro relacionado à redução da capacidade funcional durante o processo de envelhecimento. No entanto, pouco é conhecido sobre a relação entre diferentes métodos para a estimativa da QM, especialmente quando utilizados métodos alternativos, de menor custo financeiro e operacional. **Objetivos:** Verificar a relação entre a) os indicadores de massa muscular avaliados pela densitometria por absorção de raios-x de dupla energia (DXA), ultrassonografia (US) e antropometria (AN); b) estes indicadores com a capacidade funcional; c) a QM estimada através destes métodos e d) a QM estimada através destes métodos com a capacidade funcional em idosos. **Métodos:** 34 indivíduos idosos (9 homens e 25 mulheres;  $66,3 \pm 4,6$  anos) participaram do presente estudo. O desempenho muscular foi avaliado através do pico de torque isométrico dos músculos extensores do joelho direito em dinamômetro isocinético. Os indicadores de massa muscular da coxa direita foram avaliados pela massa magra (kg; DXA), espessura muscular (mm; US) e perímetro corrigido pela dobra cutânea (cm; AN). A QM foi estimada utilizando o pico de torque dividido pelos indicadores de massa muscular avaliados pela DXA, US e AN. A capacidade funcional foi avaliada através dos testes *timed up and go* (TUG) e sentar e levantar. **Resultados:** Fortes e significativas correlações entre o perímetro corrigido por dobra cutânea com a massa magra avaliada pela DXA e espessura muscular mensurada pela US foram observadas ( $r=0,74$ ;  $p<0,01$  e  $r=0,79$ ;  $p<0,01$ , respectivamente). Em contrapartida, nenhuma correlação significativa foi observada entre os indicadores de massa muscular avaliados pelos três métodos com a capacidade funcional. Adicionalmente, fortes e significativas correlações entre a QM estimada via AN com a QM via DXA ( $r=0,88$ ;  $p<0,01$ ) e via US ( $r=0,72$ ;  $p<0,01$ ) foram observadas. O desempenho no TUG apresentou significativa correlação com a QM via AN ( $r=-0,41$ ;  $p<0,05$ ) e com a QM via DXA ( $r=-0,47$ ;  $p<0,01$ ). Porém, somente a QM via DXA apresentou significativa correlação com o teste de sentar e levantar ( $r=0,35$ ;  $p<0,05$ ). **Conclusão:** Ambos os métodos podem ser utilizados para estimar a massa e a QM muscular em idosos. Entretanto, a DXA mostra-se o método mais



efetivo e com maior acurácia entre os três métodos para este fim. Não houve correlação entre a massa muscular estimada pelos diferentes métodos (i.e., DXA, US e AN) com a capacidade funcional, sugerindo não ser a massa muscular fator explicativo do desempenho funcional.

**Palavras-Chave:** Composição Corporal; Músculo Esquelético; Tecido Muscular; Capacidade Funcional; Envelhecimento.

## ABSTRACT

Sarcopenia (i. e. muscle mass decrease) does not fully explain the functional capacity decrease during the aging process. Additionally, only dynapenia (i. e. muscle power and strength decrease) does not either. Thus, muscle quality (i. e. muscle performance relativized by muscle tissue; QM) is a parameter that is better related to the functional capacity reduction during the aging process. However, little is known about the relationship between different methods for estimating MQ, especially when alternative methods are used, with lower financial and operational cost. **Objectives:** To verify the relationship between a) muscle mass indicators assessed by dual-energy x-ray absorption densitometry (DXA), ultrasonography (US) and anthropometry (AN); b) these indicators with functional capacity; c) the MQ estimated using these methods and d) the MQ estimated using these methods with the functional capacity in the older individuals. **Methods:** 34 older individuals (9 men and 25 women;  $66.3 \pm 4.6$  years) participated in the present study. Muscle performance was assessed through the isometric peak torque of the extensor muscles of the right knee in an isokinetic dynamometer. Right thigh muscle mass indicators were assessed by lean mass (kg; DXA), muscle thickness (mm; US) and perimeter corrected by skinfold (cm; AN). The MQ was estimated using the peak torque divided by the muscle mass indicators assessed by DXA, US and AN. Functional capacity was assessed using the timed up and go (TUG) and sit-to-stand tests. **Results:** Strong and significant correlations between corrected perimeter by skinfold (AN) with lean mass assessed by DXA and muscle thickness measured by US were observed ( $r=0.74$ ;  $p<0.01$  and  $r=0.79$ ;  $p<0.01$ , respectively). On the other hand, no significant correlation was observed between the muscle mass indicators assessed by the three methods with functional capacity. Additionally, strong and significant correlations between the MQ estimated via AN with the MQ via DXA ( $r=0.88$ ;  $p<0.01$ ) and via US ( $r=0.72$ ;  $p<0.01$ ) were observed. The performance in the TUG showed a significant correlation with the MQ via AN ( $r=-0.41$ ;  $p<0.05$ ) and with the MQ via DXA ( $r=-0.47$ ;  $p<0.01$ ). Only the MQ via DXA showed a significant correlation with the sit-to-stand test ( $r=0.35$ ;  $p<0.05$ ). **Conclusion:** Both methods can be used to estimate muscle mass and MQ in the older people. However, DXA is the most effective and most accurate method among the three methods for this purpose. There was no correlation between muscle mass estimated by the different

methods (i.e., DXA, US and AN) with functional capacity, suggesting that muscle mass is not an explanatory factor for functional performance.

**Keywords:** Body Composition; Skeletal muscle; Muscle tissue; Functional capacity; Aging.

## SUMÁRIO:

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>22</b>
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	<b>24</b>
2.1 OBJETIVO GERAL .....	24
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	24
<b>3. REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	<b>25</b>
3.1 ENVELHECIMENTO, COMPOSIÇÃO CORPORAL E QUALIDADE MUSCULAR .....	25
3.2 COMPOSIÇÃO CORPORAL .....	27
3.3 QUALIDADE MUSCULAR .....	31
3.4 CAPACIDADE FUNCIONAL .....	32
<b>4. REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	<b>35</b>
<b>5. RELATIONSHIP BETWEEN DUAL ENERGY X-RAY ABSORPTIOMETRY, ULTRASONOGRAPHY AND ANTHROPOMETRY METHODS TO ESTIMATE MUSCLE MASS AND MUSCLE QUALITY IN OLDER PEOPLE</b> .....	<b>42</b>
<b>Abstract</b> .....	<b>42</b>
<b>Introduction</b> .....	<b>43</b>
<b>Materials and Methods</b> .....	<b>44</b>
<b>Experimental Procedures</b> .....	44
<b>Participants</b> .....	44
<b>Anthropometry</b> .....	45
<b>Dual Energy X-Ray Absorption Densitometry (DXA)</b> .....	45
<b>Muscle Performance - Isometric Peak Torque (PT)</b> .....	47
<b>Muscle Quality by Specific Tension (MQ)</b> .....	47
<b>Functional Capacity – Sit-to-Stand and Timed Up and Go Test (TUG)</b> .....	48
<b>Statistical Analysis</b> .....	48
<b>Results</b> .....	<b>48</b>
<b>Discussion</b> .....	<b>51</b>
<b>Conclusions</b> .....	<b>56</b>
<b>References</b> .....	<b>57</b>
<b>6. CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>62</b>
<b>8. APÊNDICES</b> .....	<b>65</b>

Apêndice A – CARTAZ DE DIVULGAÇÃO.....	65
Apêndice B - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO .....	66

## 1. INTRODUÇÃO

O processo natural de envelhecimento está associado a modificações na composição corporal (i. e. redução do tecido muscular e incremento do tecido adiposo) (HEYMSFIELD *et al.*, 2015) e no desempenho neuromuscular (i. e. redução da potência e da força muscular) (BARBAT-ARTIGAS *et al.*, 2012; GOODPASTER *et al.*, 2006; HEYMSFIELD *et al.*, 2015). Neste sentido, a sarcopenia (i. e. redução da massa muscular) (HEYMSFIELD *et al.*, 1990) não explica completamente a redução da capacidade funcional durante o processo de envelhecimento (GOODPASTER *et al.*, 2006). Assim, a dinapenia (i. e. redução da potência e da força muscular) passou a ser sugerida como o principal fator responsável pela redução da capacidade funcional durante o envelhecimento. No entanto, estudos mais recentes têm sugerido que somente a sarcopenia ou a dinapenia não explica completamente a redução da funcionalidade durante o processo de envelhecimento (Clark & Manini, 2008; Goodpaster *et al.*, 2006). Assim, há uma maior e mais expressiva redução na potência e na força muscular em comparação à massa muscular durante o avanço da idade (BARBAT-ARTIGAS *et al.*, 2011; FRAGALA *et al.*, 2014; GOODPASTER *et al.*, 2006). Portanto, a qualidade muscular (QM; desempenho muscular relativo à quantidade de tecido muscular) passou a ser amplamente utilizada como um melhor parâmetro relacionado à redução da capacidade funcional durante o processo de envelhecimento (Fragala *et al.*, 2014; Pinto *et al.*, 2014). Além de estar relacionada à redução da capacidade funcional, a QM é relacionada com o aumento do risco de quedas e fraturas, levando à incapacidade funcional em idosos (BARBAT-ARTIGAS *et al.*, 2012; FRAGALA *et al.*, 2014).

Adicionalmente, a redução da potência, da força e da massa muscular de membros inferiores em idosos, principalmente do músculo quadríceps femoral, tem se mostrado relacionada ao incremento do risco de mortalidade. Assim, testes para avaliar o desempenho muscular como o teste de pico de torque isométrico (i. e. teste avaliador-independente) e o teste de uma repetição máxima dos músculos extensores de joelho (i. e. teste avaliador-dependente) têm sido amplamente utilizados, incluindo esta população (NEWMAN *et al.*, 2006). Portanto, a avaliação da composição do tecido muscular, da função e da qualidade muscular são essenciais em indivíduos idosos (IVEY *et al.*, 2000; PINTO *et al.*, 2014; TRACY *et al.*, 1999).

Alguns métodos para estimar a massa muscular têm sido utilizados em idosos, como a densitometria por absorção de raios-x de dupla energia (DXA) (ABE *et al.*, 2015), a ultrassonografia (THIEBAUD *et al.*, 2019) e a antropometria (HEYMSFIELD *et al.*, 2015). Entretanto, estes métodos apresentam diferentes princípios de mensuração (DXA: Diferentes densidades dos tecidos mensuradas pela emissão de raios-x de dupla energia; ultrassonografia: distância entre as estruturas do músculo mensuradas por ondas sonoras; antropometria: Dedução da espessura de gordura subcutânea do perímetro do membro/região avaliada). Assim, os indicadores de massa muscular avaliados por estes métodos podem apresentar diferentes resultados. Adicionalmente, a DXA e a ultrassonografia têm um elevado custo financeiro e operacional, enquanto a antropometria é uma alternativa de menor custo, além de poder ser utilizada para a estimativa da massa e da qualidade muscular, inclusive em indivíduos idosos. Em contrapartida, pouco é conhecido sobre a relação entre os valores estimados de QM através da DXA, ultrassonografia e antropometria. Por fim, a associação entre a QM estimada através destes métodos com a capacidade funcional de idosos permanece desconhecida. O presente estudo tem como objetivos o que segue abaixo.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GERAL**

Verificar o grau da correlação entre os valores dos indicadores de massa muscular e de qualidade muscular estimados através da DXA, ultrassonografia e antropometria com a capacidade funcional em idosos saudáveis.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Verificar em idosos saudáveis o grau de correlação entre:

- a) os indicadores de massa muscular mensurados a partir de três diferentes métodos de avaliação.
- b) os indicadores de massa muscular avaliados a partir de três diferentes métodos de avaliação com a capacidade funcional.
- b) os valores estimados de qualidade muscular, em que o indicador de massa muscular foi mensurado por três diferentes métodos de avaliação.
- c) os valores estimados de qualidade muscular, em que o indicador de massa muscular foi mensurado por três diferentes métodos de avaliação com a capacidade funcional.



### 3. REVISÃO DE LITERATURA

#### 3.1 ENVELHECIMENTO, COMPOSIÇÃO CORPORAL E QUALIDADE MUSCULAR

O processo de envelhecimento é acompanhado de mudanças na composição corporal (i. e. redução do tecido muscular e incremento do tecido de gordura) (HEYMSFIELD *et al.*, 2015) e na qualidade muscular (BARBAT-ARTIGAS *et al.*, 2012). Adicionalmente, a prevalência do sobrepeso e da obesidade vem crescendo entre os idosos, gerando consequências adversas para a saúde, como o aumento do risco em desenvolver doenças crônicas (FERREIRA, 2010). Sendo assim, a saúde e a qualidade de vida desta população têm sido extensivamente estudadas, devido ao aumento da expectativa de vida da população mundial (DE NÓBREGA *et al.*, 2009; YILMAZ; N. TEKIN, 2018). O processo natural de envelhecimento associado à uma maior incidência de doenças, leva à incapacidade funcional e à dependência na velhice, tornando-se um problema de saúde pública (DE NÓBREGA *et al.*, 2009; GURALNIK; FRIED; SALIVE, 1996). De acordo com projeções populacionais do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), até o ano de 2050 a população brasileira com mais de 60 anos atingirá mais de 66 milhões de pessoas, representando 28,44% do total de brasileiros, enquanto que a de crianças e adolescentes até 14 anos será de 15,44% de (IBGE, 2018). Assim, estudar, identificar e intervir nos males associados à velhice são de extrema importância para a melhora da qualidade de vida desta população.

Neste sentido, há um declínio acelerado da massa, da força e da potência muscular durante o envelhecimento, que está associado ao comprometimento da função física e à qualidade de vida dos idosos devido à síndrome sarcopênica (BARBAT-ARTIGAS *et al.*, 2011). Esta síndrome é definida pela ocorrência simultânea da perda da massa muscular esquelética, da força, da potência muscular e da funcionalidade (GOODPASTER *et al.*, 2006). Nesta lógica, a presença da síndrome sarcopênica torna-se cada vez mais comum durante o envelhecimento, trazendo consequências pessoais e sociais graves (DAWSON-HUGHES; BISCHOFF-FERRARI, 2016), afetando a mobilidade, o estado funcional, a autonomia, a qualidade de vida e a mortalidade, resultando em uma carga emocional e financeira significativa. Além do mais, está relacionada ao aumento de lesões musculoesqueléticas (TROMBETTI *et al.*, 2016). Barbat-Artigas *et al.* (2012), Castro *et al.* (1995) e Foldvari *et al.* (2000) observaram que o aumento no risco de quedas nos idosos está associado

à uma perda progressiva da massa, força e potência muscular. Considerando um envelhecimento normal e fisiológico, já é esperada uma redução da massa muscular em aproximadamente um terço entre as idades de 50 e 80 anos (RADAELLI *et al.*, 2013). A etiologia da perda da massa muscular esquelética com o avanço da idade ainda não é clara, mas o declínio da atividade física e da síntese proteica têm sido sugeridos como responsáveis (FRONTERA *et al.*, 1991). De acordo com os autores, a prevalência de sarcopenia está associada a baixos níveis de vitamina D e à inatividade física. Neste sentido, a redução da massa muscular inicia a partir da terceira década de vida e é acentuada no começo da quinta década. Frontera *et al.* (1991) sugerem que se estima uma queda de 1-2% na massa muscular e de 1-3% na força muscular para cada ano subsequente. Assim, alguns métodos de análise da composição corporal podem ser utilizados em idosos, como a DXA (THIEBAUD *et al.*, 2019), a ultrassonografia (ABE *et al.*, 2015) e a antropometria (HEYMSFIELD *et al.*, 2015), devido a importância da mensuração constante da massa muscular, da gordura corporal e da qualidade muscular para o diagnóstico e prevenção da síndrome sarcopênica (BARBAT-ARTIGAS *et al.*, 2011; CASTRO *et al.*, 1995). Um completo diagnóstico dessa síndrome envolve aspectos da composição corporal e função muscular (FRAGALA *et al.*, 2014; JANSSEN; HEYMSFIELD; ROSS, 2002).

Lukaski (1997) avaliou a massa muscular de idosos saudáveis, através da antropometria (i. e. perímetros corrigidos por dobras cutâneas – método indireto de avaliação), de metabólitos musculares endógenos, da tomografia computadorizada, da ressonância magnética e da DXA. O autor sugeriu que os métodos de imagem tiveram uma melhor acurácia nesta investigação; adicionalmente, uma forte correlação entre os métodos foi observada. Da mesma forma, Fernández Vieitez *et al.* (2001) compararam o método antropométrico na estimativa da área muscular (i. e. perímetro corrigido por dobra cutânea da coxa e da perna) com a área muscular destas regiões, obtida através da ressonância magnética e observaram uma superestimação dos dados obtidos via antropometria, mas uma forte e significativa correlação entre os métodos. Adicionalmente, Martin *et al.* (1990) compararam a quantidade de massa muscular esquelética predita do corpo inteiro, utilizando o perímetro corrigido por dobra cutânea do antebraço, do braço, das coxas, das pernas, do tronco e da cintura, com a massa muscular quantificada diretamente, em cadáveres. Os autores encontraram poucas diferenças entre a quantidade de massa

muscular esquelética predita através do perímetro corrigido por dobra cutânea das regiões acima referidas e a quantificada diretamente, sendo ambas realizadas nos mesmos cadáveres. Este estudo demonstrou a relação e a concordância do método antropométrico com o método de dissecação de cadáveres. Neste sentido a antropometria pode ser utilizada como método indireto para a avaliação da massa muscular.

Há fortes evidências da utilização tanto da ultrassonografia quanto da antropometria, como métodos de menor custo financeiro e alternativos para análise da composição corporal em idosos, além da comprovada utilização da DXA como método de referência. Em contrapartida, ainda não está clara a relação entre os três métodos acima referidos para a análise da composição corporal total e regional, além da relação destes três métodos no acesso da qualidade muscular, sendo necessários mais estudos neste sentido.

### 3.2 COMPOSIÇÃO CORPORAL

Medir e quantificar os tecidos corporais foi sempre relevante. O interesse em medir os diferentes tecidos corporais iniciou no século XIX e se intensificou no final do século XX. Este fato pode ser atribuído à descoberta da relação do excesso de gordura corporal com o aumento do risco em desenvolver doenças do tipo arterial coronariana, hipertensão, diabetes mellitus tipo II, pulmonar obstrutiva, osteoartrite e certos tipos de câncer (MONTEIRO; FERNANDES FILHO, 2002). Até o início do século XX a análise da composição corporal era realizada exclusivamente através da dissecação de cadáveres (i. e. método direto de avaliação), contudo, mostra-se um método inviável, sendo necessária a busca por métodos não invasivos e viáveis (i. e. métodos indiretos). Neste sentido, Matiegka (1921) foi o primeiro pesquisador a propor uma análise anatômica da composição corporal, mas seu método inovador, com uma abordagem anatômica de avaliação foi esquecido com o surgimento da pesagem hidrostática (PH) (BEHNKE, 1942). A PH sugeriu uma abordagem de análise química da composição corporal (WANG,; PIERSON; HEYMSFIELD, 1992). Além do mais, tinha como objetivo estabelecer métodos indiretos (in vivo) para determinar a composição corporal e estabelecer a PH como método critério. Este modelo químico de análise, que fraciona o corpo em dois componentes (i. e. massa de gordura e massa magra) teve uma boa aceitação da comunidade científica para ser utilizado como base em estudos da composição corporal. Nesse contexto, métodos

duplamente indiretos validados a partir da PH tiveram grande aceitação por profissionais de saúde devido à praticidade e à utilização de equipamentos de baixo custo financeiro.

Sendo assim, devido à dificuldade em obter dados confiáveis em estudos anteriores (modelos anatômicos de análise), Clarys; Martin & Drinkwater (1984) desenvolveram um estudo conhecido como “*The Brussels Cadaver Analysis Study*”, o qual tinha o objetivo de prover uma análise anatômica da composição corporal via dados de massa de pele, adiposa, músculos, ossos e órgãos, além de validar outros métodos utilizados na estimativa da composição corporal *in vivo*. Este estudo foi considerado único, pois dados antropométricos e anatômicos foram coletados nos mesmos cadáveres, sendo até hoje muito utilizado. Já na década de 1990, a DXA passou a ser muito utilizada para análise da composição corporal, baseando-se na diferença de densidade dos tecidos adiposo, mineral ósseo e magro não-ósseo (THIEBAUD *et al.*, 2019), permitindo que a atenuação do tecido mole possa ser medida e não estimada. Este método passou a ter o potencial para resultados muito precisos, seja qual for a idade, sexo ou raça do avaliado (HEYMSFIELD *et al.*, 1990). Neste sentido, a DXA tem se mostrado um método eficaz para analisar compartimentos individuais do corpo, pois além de possibilitar a análise da composição corporal total, também possibilita a análise de regiões específicas (LUKASKI, 1997). Atualmente, este método é considerado referência para análise do conteúdo e densidade mineral óssea. Adicionalmente, pode ser considerado método de referência na análise do tecido adiposo e muscular (HEYMSFIELD *et al.*, 1990). Neste contexto, a DXA será considerada o método de referência para o presente estudo na análise da composição do tecido muscular.

Além da antropometria e da DXA, a ultrassonografia é um método comumente utilizado para avaliar o tecido muscular e de gordura. Este método utiliza um equipamento para converter a energia elétrica, através de uma sonda e um receptor, em ondas sonoras de alta frequência. As ondas sonoras passam através do tecido adiposo e muscular, sendo refletidas em uma superfície óssea, produzindo um eco, o qual retorna para a sonda fornecendo as imagens (ELLIS, 2000). A ultrassonografia pode mapear a espessura do músculo e da gordura subcutânea nas diferentes regiões corporais, mas algumas limitações como custo e dificuldade técnica de operação do equipamento têm restringindo seu uso. Este método tem se mostrado tanto indireto (i.

e. espessuras muscular e de gordura subcutânea), quanto duplamente indireto (i. e. equações de predição de gordura corporal e de massa magra desenvolvidas para este método).

A antropometria (i. e. ciência que estuda e avalia as medidas de tamanho, massa e proporções do corpo humano) tem se mostrado um método muito conhecido e utilizado popularmente (HEYMSFIELD *et al.*, 1990). Atualmente, existe uma sociedade que padroniza as técnicas de medidas corporais utilizando a antropometria, a ISAK (*International Society for the Advancement of Kinanthropometry*). O método antropométrico utiliza as medidas de estatura, estatura sentado, perímetros, dobras cutâneas, diâmetros e comprimentos ósseos. Adicionalmente, mostra-se um método tanto indireto, quanto duplamente indireto, sendo indireto quando utilizado o protocolo de análise anatômica que fraciona o corpo em cinco componentes: tecido adiposo, tecido muscular, tecido ósseo, tecido cutâneo e tecido residual. Este protocolo foi proposto por Kerr & Ross (1991), é utilizado pela ISAK, juntamente com a padronização das medidas corporais, e foi validado no estudo dos cadáveres de Bruxelas (CLARYS; MARTIN; DRINKWATER, 1984). Neste protocolo utiliza-se o somatório das dobras cutâneas para avaliar o tecido adiposo corporal total sem o uso de equações de regressão para cálculo da gordura corporal total. Sendo assim, o método antropométrico passa a ser duplamente indireto quando se utiliza o protocolo de análise química, de dois componentes, validado a partir da PH, com a utilização de equações de regressão que estimam a gordura corporal e a massa magra. Neste protocolo de dois componentes, a estimativa da gordura corporal utilizando as equações validadas no método de PH está sujeita a erros. Diferenças de até 3% no percentual de gordura estimado, mesmo com avaliadores experientes, são encontradas. Quando há padronização de medidas corporais o erro cai para menos de 1% para valores do percentual de gordura (JACKSON; POLLOCK, 1978).

Heymsfield *et al.* (1990) compararam estimativas para as áreas transversais perpendiculares avaliada com a DXA e com a antropometria, em homens e mulheres saudáveis. Os autores observaram significativas correlações entre os métodos na avaliação. Em concordância, Frisncho (1981) e Fernández Vieitez *et al.* (2001) propuseram uma estratégia matemática, com medidas de braço e perna para estimar a área total destes segmentos em qualquer população, bem como a área de tecido muscular e adiposo, separadamente, apenas corrigindo o perímetro do segmento pela

dobra cutânea que mais expresse a adiposidade deste mesmo segmento, tornando-se um método, prático, de baixo custo e de campo (HEYMSFIELD *et al.*; 1990). No entanto, esta estratégia assume que o segmento é circular e irregular (FERNÁNDEZ VIEITEZ *et al.*, 2001). Em outro estudo, de Pompeu *et al.* (2004), foram utilizadas as áreas de secção transversa do braço para avaliar a composição corporal, como tecido adiposo e muscular, além de realizar uma correlação destas variáveis com a força máxima dinâmica membros superiores. Os autores sugeriram que a técnica antropométrica de inferência das áreas muscular e adiposa do braço pode ser empregada, com boa concordância entre avaliadores, para estimativa da adiposidade corporal e força voluntária máxima dos membros superiores e tronco. Adicionalmente, sugeriram a estimativa da massa muscular corporal total por uma equação de regressão. Da mesma forma, Martin *et al.* (1990) propuseram equações para estimar a massa muscular e óssea em homens adultos. Em ambos estudos, os dados utilizados foram obtidos no estudo em cadáveres de Bruxelas (1984). Neste sentido, a antropometria mostra-se um método simples, de baixo custo e não invasivo (HEYMSFIELD *et al.*, 1990). Além do mais, este método apresentou uma boa concordância com a tomografia computadorizada na estimativa da massa muscular do braço, através do cálculo das áreas transversais. Entretanto, em adultos severamente desnutridos e muito idosos, em que o ponto médio do braço era claramente “não circular”, houve superestimação de dois a quatro por cento dos valores obtidos via antropometria em relação aos valores obtidos via tomografia computadorizada (HEYMSFIELD *et al.*, 1982).

Em contrapartida, na correlação da antropometria com outros métodos de análise da composição corporal, em que se utilizou equações de regressão para estimativa do percentual de gordura e de massa magra, observou-se erros associados às equações (e. g. especificidade da amostra) (THIEBAUD *et al.*, 2019; VILAÇA *et al.*, 2012). Vilaça *et al.* (2012) observaram boa concordância entre o percentual de gordura estimado pela antropometria e pela DXA, em idosas fisicamente ativas. Contudo, Thiebaud *et al.* (2019) compararam o percentual de gordura estimado pela ultrassonografia, pela antropometria e pela DXA, sendo a DXA o método de referência do estudo, em Japoneses idosos e adultos de meia idade. Os autores concluíram que há um grande erro de estimativa de percentual de gordura em relação à DXA, quando utilizadas a ultrassonografia e a antropometria. Neste sentido, mais estudos

relacionando os métodos para a avaliação da composição corporal, utilizando medidas obtidas indiretamente, sem a utilização de equações de predição para este fim, mostram-se necessários em idosos.

### 3.3 QUALIDADE MUSCULAR

A qualidade muscular (QM) é um parâmetro melhor relacionado à redução da capacidade funcional durante o processo de envelhecimento (Barbat-Artigas *et al.*, 2012). Dessa forma, pode-se avaliar a QM de duas maneiras: Por tensão específica, relativizando o desempenho muscular (e. g. teste de pico de torque isométrico) pela quantidade de tecido muscular (e. g. massa magra dos músculos extensores de joelho avaliados através da DXA) (TRACY *et al.*, 1999); e por eco-intensidade, através de imagens de ultrassonografia em que a quantidade de tecido contrátil e não-contrátil são avaliados, através de uma escala de classificação que vai do 0 (i. e. imagem mais preta; tecido contrátil) à 250 (i. e. imagem mais branca; tecido não contrátil) (WILHELM *et al.*, 2014). Assim, a QM mostra-se diretamente relacionada com a função muscular e capacidade funcional de idosos (FRAGALA *et al.*, 2014). O conceito de QM inclui aspectos de massa, força, potência e função muscular. Assim, a QM é sugerida como o principal fator a ser avaliado para o diagnóstico completo da síndrome sarcopênica (BARBAT-ARTIGAS *et al.*, 2012). Esta síndrome tem sido associada ao declínio da força muscular, a deficiências funcionais e desabilidades (JANSSEN; HEYMSFIELD; ROSS, 2002). Adicionalmente, a força muscular parece ser um melhor indicador da função cardiorrespiratória (BARBAT-ARTIGAS *et al.*, 2011), limitações funcionais e mortalidade do que a massa muscular (BARBAT-ARTIGAS *et al.*, 2011; NEWMAN *et al.*, 2006; VISSER *et al.*, 2000).

Neste sentido, Goodpaster *et al.* (2006) sugeriram que durante o processo de envelhecimento a perda de força muscular parece ser mais rápida do que a perda da massa muscular. Assim, a QM pode ser avaliada através do desempenho muscular relativizado pelo volume muscular ou massa muscular envolvidos na ação (i. e. tensão específica) (FRAGALA *et al.*, 2014; TRACY *et al.*, 1999). Portanto, avaliar, quantificar e intervir na função muscular e não somente na composição corporal mostra-se de extrema relevância para reduzir os efeitos da sarcopenia em idosos (BEARD; OFFICER; CASSELS, 2016), melhorando assim, a qualidade de vida desta população. Sendo assim, o monitoramento constante da qualidade muscular tem sido recomendada para o diagnóstico completo da síndrome sarcopênica, visto às fortes

evidências da relação desta variável com a capacidade funcional de idosos (FRAGALA *et al.*, 2014).

Alguns autores têm sugerido que a potência muscular está fortemente associada à velocidade da marcha, ao salto e ao status funcional (CUOCO *et al.*, 2004; FOLDVARI *et al.*, 2000; ORR *et al.*, 2006). Além do mais, a potência muscular parece ser mais relevante do que a força muscular (FOLDVARI *et al.*, 2000; KIELY *et al.*, 2002), visto que a sua redução parece ser mais acelerada do que a redução da força e da massa muscular durante o processo de envelhecimento (FRONTERA *et al.*, 1991; GOODPASTER *et al.*, 2006; HÄKKINEN *et al.*, 1996). Esta progressiva redução de força, potência e massa muscular é um forte indicador de uma redução na qualidade muscular e consequente redução na qualidade de vida em idosos (BARBAT-ARTIGAS *et al.*, 2012). Neste sentido, a avaliação da QM nesta população tem sido recomendada (FRAGALA *et al.*, 2014), pois também relaciona a função e a qualidade do músculo com o desempenho funcional (BARBAT-ARTIGAS *et al.*, 2012; FRAGALA *et al.*, 2014; TRACY *et al.*, 1999). Assim, a avaliação da qualidade muscular em que o desempenho muscular é relativizado pelo volume ou massa muscular envolvida na ação tem se mostrado uma maneira eficaz e acessível à prática clínica para o diagnóstico da síndrome sarcopênica em idosos (BARBAT-ARTIGAS *et al.*, 2012; TAKAI *et al.*, 2009). Expressar força por unidade de massa muscular fornece uma estimativa da contribuição da hipertrofia muscular e fatores neuromusculares para as alterações na força (CASTRO *et al.*, 1995; MCDONAGH; DAVIES, 1984). Adicionalmente, com o processo de envelhecimento, incrementos na força e na massa muscular estão diretamente relacionados à uma redução da sarcopenia e, como consequência, da funcionalidade (TRACY *et al.*, 1999). Diante do exposto, diversos métodos para a avaliação do tecido muscular estão disponíveis (e.g. a DXA, a ultrassonografia e a antropometria) mas a relação entre diferentes métodos na avaliação da QMTE, principalmente utilizando métodos de menor custo financeiro, ainda não está clara e mais estudos neste sentido mostram-se necessários.

#### 3.4 CAPACIDADE FUNCIONAL

A capacidade funcional é comumente definida como a capacidade básica de um indivíduo em desempenhar atividades normais de seu cotidiano (BARBAT-ARTIGAS *et al.*, 2011; FRAGALA *et al.*, 2014). As capacidades básicas são aquelas necessárias ao cuidado pessoal, tais como: banhar-se, alimentar-se, vestir-se, deitar-



se, levantar-se da cama e do sofá, movimentar-se em casa, utilizar o telefone, fazer as compras, cuidar das próprias finanças, arrumar a casa e fazer pequenos trabalhos manuais. A execução destas tarefas depende tanto da habilidade física, quanto da compreensão cognitiva do indivíduo (PÍCOLI; FIGUEIREDO; PATRIZZI, 2011). Com o processo de envelhecimento, há um declínio gradual da capacidade em desenvolver estas atividades básicas. Assim, há uma perda da independência, um aumento do risco de quedas e, conseqüente, de fraturas (BALACHANDRAN *et al.*, 2021). Considerando o aumento expressivo na taxa da população idosa (i. e. idade  $\geq$  60 anos), preservar a capacidade de realizar as funções básicas no idoso mostra-se um problema de saúde pública (VISSER *et al.*, 2000).

Como mencionado anteriormente, a perda da funcionalidade está relacionada à redução da qualidade muscular (PINTO *et al.*, 2014), que envolve aspectos da composição do tecido muscular e da função muscular (FRAGALA *et al.*, 2014). Assim, estas variáveis fazem parte do diagnóstico da síndrome sarcopênica, que está diretamente associada ao processo de envelhecimento. Em um estudo incluindo 808 homens e mulheres idosas (BAUMGARTNER *et al.*, 1998), observou-se que a sarcopenia estava associada à redução da capacidade física. Os autores observaram que tanto mulheres quanto homens sarcopênicos apresentaram maiores chances de incapacidade funcional quando comparados a idosos com massa muscular em níveis adequados. Em outra pesquisa, Melton *et al.* (2000) avaliaram 345 homens idosos e verificaram uma associação entre a presença de sarcopenia e a dificuldade de caminhar. Em concordância com os estudos citados acima, Janssen; Heymsfield & Ross (2002) mostraram que as chances de desenvolver incapacidade funcional eram duas vezes maiores em homens e três vezes maiores em mulheres com sarcopenia grave, em comparação a homens e mulheres com massa muscular dentro dos níveis adequados para a idade. Neste sentido, a melhora da funcionalidade está diretamente relacionada à melhora da qualidade de vida dos idosos. Assim, incrementos na força e na potência muscular têm se mostrado essenciais para este fim (PINTO *et al.*, 2014), pois aumentam a qualidade muscular e reduzem o risco de quedas em idosos (LOPEZ *et al.*, 2018).

Entretanto, a redução da função muscular parece ocorrer antes e mais rapidamente do que a perda da massa muscular. Neste sentido, a potência muscular (i. e. velocidade em realizar a força) parece ser mais relevante do que a força muscular

para a capacidade funcional de idosos (BARBAT-ARTIGAS *et al.*, 2012; FRAGALA *et al.*, 2014). Esta variável reduz mais rapidamente do que força e ainda mais rapidamente do que a massa muscular (VISSER *et al.*, 2000) durante o envelhecimento. Entretanto, Henwood & Taaffe (2006) observaram que há uma relação tanto do incremento da força quanto da potência muscular nos incrementos relacionados à capacidade funcional. Neste sentido, Wilhelm *et al.* (2014) demonstraram uma relação entre qualidade muscular e capacidade funcional. Os autores demonstraram que incrementos na QM através do treinamento de força aumentam a capacidade funcional de idosos. Da mesma forma, Pinto *et al.* (2014) observaram também a influência do treinamento de força na qualidade muscular e na capacidade funcional de idosos. Assim, a perda da funcionalidade é natural do processo de envelhecimento, o que leva ao aumento do risco de quedas, levando à incapacidade e dependência na velhice (FRAGALA *et al.*, 2014; GOODPASTER; *et al.*, 2006). Neste contexto, o monitoramento constante da qualidade muscular e da capacidade funcional tem se mostrado efetivo, auxiliando no diagnóstico completo da síndrome sarcopênica (BARBAT-ARTIGAS *et al.*, 2011).

Da mesma forma como referido acima em relação à QM, avaliar a capacidade funcional é também de extrema relevância na população idosa. A capacidade funcional de indivíduo pode ser avaliada através de testes específicos para esta finalidade, como o teste *timed up and go* (TUG) e o teste de sentar e levantar da cadeira (BALACHANDRAN *et al.*, 2021; BEAUCHET *et al.*, 2018). Ambos os testes são muito utilizados e apresentam uma relação direta com a qualidade muscular dos idosos (PINTO *et al.*, 2014; WILHELM *et al.*, 2014). O TUG envolve as valências físicas de equilíbrio e potência muscular. Já o teste de sentar e levantar da cadeira envolve a valência de potência e força muscular (TAKAI *et al.*, 2009). Entretanto, não está clara na literatura científica a relação da qualidade muscular acessada por diferentes métodos de avaliação da massa muscular. Adicionalmente, a relação da qualidade muscular acessada por diferentes métodos de mensuração da massa muscular com a capacidade funcional de idosos permanece desconhecida. Assim, estudos neste sentido mostram-se necessários para prevenir e intervir de maneira adequada nos males associados ao processo de envelhecimento.

#### 4. REFERENCIAL TEÓRICO

ABE, Takashi; DEHOYOS, Diego V.; POLLOCK, Michael L.; GARZARELLA, Linda. Time course for strength and muscle thickness changes following upper and lower body resistance training in men and women. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology**, vol. 81, no. 3, p. 174–180, 2000. <https://doi.org/10.1007/s004210050027>.

ABE, Takashi; THIEBAUD, Robert S.; LOENNEKE, Jeremy P.; YOUNG, Kaelin C. Prediction and validation of DXA-derived appendicular lean soft tissue mass by ultrasound in older adults. **Age**, vol. 37, no. 6, p. 1–10, 2015. <https://doi.org/10.1007/s11357-015-9853-2>.

BALACHANDRAN, Anoop T.; VIGOTSKY, Andrew D.; QUILES, Norberto; MOKKINK, Lidwine B.; BELIO, Mark A.; GLENN, Jordan Mc Kenzie. Validity, reliability, and measurement error of a sit-to-stand power test in older adults: A pre-registered study. **Experimental Gerontology**, vol. 145, no. 12, p. 111-202, 2021. DOI 10.1016/j.exger.2020.111202. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.exger.2020.111202>.

BARBAT-ARTIGAS, Sébastien; ROLLAND, Yves M.; ZAMBONI, Mauro M.; AUBERTIN-LEHEUDRE, Mylène. How to assess functional status: A new muscle quality index. **Journal of Nutrition, Health and Aging**, vol. 16, no. 1, p. 67–77, 2012. <https://doi.org/10.1007/s12603-012-0004-5>.

BARBAT-ARTIGAS, Sébastien; DUPONTGAND, Sophie; FEX, Annie; KARELIS, Antony D.; AUBERTIN-LEHEUDRE, Mylène. Relationship between dynapenia and cardiorespiratory functions in healthy postmenopausal women: Novel clinical criteria. **Menopause**, vol. 18, no. 4, p. 400–405, 2011. <https://doi.org/10.1097/gme.0b013e3181f7a596>.

BAUMGARTNER, Richard N.; KOEHLER, Kathleen M.; GALLAGHER, Dymna; ROMERO, Linda; HEYMSFIELD, Steven B.; ROSS, Robert R.; GARRY, Philip J.; LINDEMAN, Robert D. Epidemiology of sarcopenia among the elderly in New Mexico. **American Journal of Epidemiology**, vol. 147, no. 8, p. 755–763, 1998. <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.aje.a009520>.

BEARD, John R.; OFFICER, Alana M.; CASSELS, Andrew K. The world report on ageing and health. **Gerontologist**, vol. 56, no. 2, p. S163–S166, 2016. <https://doi.org/10.1093/geront/gnw037>.

BEAUCHET, Olivier; LAUNAY, Cyrille P.; SEKHON, Harmehr; GAUTIER, Jennifer; CHABOT, Julia; LEVINOFF, Elise J.; ALLALI, Gilles. Body position and motor imagery strategy effects on imagining gait in healthy adults: Results from a cross-sectional study. **PLoS ONE**, vol. 13, no. 3, p. 1–11, 2018. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0191513>.

BEHNKE, A R. Physiologic Studies Pertaining to Deep Sea Diving and Aviation, Especially in Relation to the Fat Content and Composition of the Body: The Harvey Lecture, March 19, 1942. **Bulletin of the New York Academy of Medicine**, vol. 18, no. 9, p. 561–85, 1942.

BILSBOROUGH, Johann C.; GREENWAY, Kate G.; OPAR, David A.; LIVINGSTONE, Steuart G.; CORDY, Justin T.; BIRD, Stephen R.; COUTTS, Aaron J. Comparison of anthropometry, upper-body strength, and lower-body power characteristics in different levels of australian football players. **Journal of Strength and Conditioning Research**, vol. 29, no. 3, p. 826–834, 2015. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000682>.

BOBBERT, Maarten. F. Dependence of human squat jump performance on the series elastic compliance of the triceps surae: A simulation study. **Journal of Experimental Biology**, vol. 204, no. 3, p. 533–542, 2001. <https://doi.org/10.1242/jeb.204.3.533>.

BOLANOWSKI, Marek; NILSSON, Bo E. Assessment of human body composition using dual-energy x-ray absorptiometry and bioelectrical impedance analysis. **Medical Science Monitor**, vol. 7, no. 5, p. 1029–1033, 2001.

CAMERON, James; MCPHEE, Jamie S.; JONES, David A.; DEGENS, Hans. Five-year longitudinal changes in thigh muscle mass of septuagenarian men and women assessed with DXA and MRI. **Aging Clinical and Experimental Research**, vol. 32, no. 4, p. 617–624, 2020. <https://doi.org/10.1007/s40520-019-01248-w>.

CASTRO, Michael J.; MCCANN, Daniel J.; SHAFFRATH, James D.; ADAMS, William C. Peak torque per unit cross-sectional area differs between strength-trained and untrained young adults. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, vol. 27, no. 3, p. 397–403, 1995. <https://doi.org/10.1249/00005768-199503000-00016>.

Clark, B. C., & Manini, T. M. (2008). Sarcopenia  $\neq$  dynapenia. *The journals of gerontology. Series A, Biological sciences and medical sciences*, 63(8), 829–834. <https://doi.org/10.1093/gerona/63.8.829>

CLARYS, Jan Pieter; MARTIN, Alan D.; DRINKWATER, Donald T. Gross Tissue Weights in the Human Body By Cadaver Dissection. **Humam biology**, vol. 56, no. 3, p. 459-473, 1984.

COHEN, Jacob. Set Correlation and Contingency Tables. **Applied Psychological Measurement**, vol. 12, no. 4, p. 425–434, 1988. <https://doi.org/10.1177/014662168801200410>.

CUOCO, Anthony; CALLAHAN, Damien M.; SAYERS, Stephen; FRONTERA, Walter R.; BEAN, Jonathan; FIELDING, Roger A. Impact of muscle power and force on gait speed in disabled older men and women. **Journals of Gerontology - Series A Biological Sciences and Medical Sciences**, vol. 59, no. 11, p. 1200–1206, 2004. <https://doi.org/10.1093/gerona/59.11.1200>.

DAWSON-HUGHES, Bess.; BISCHOFF-FERRARI, Heike A. Considerations concerning the definition of sarcopenia. **Osteoporosis International**, vol. 27, no. 11, p. 3139–3144, 2016. <http://dx.doi.org/10.1007/s00198-016-3674-8>.

DE NÓBREGA, Thaís C. M.; JALUUL, Omar; MACHADO, Adriana N.; PASCHOAL, Sérgio M.P.; JACOB FILHO, Wilson. Quality of life and multimorbidity of elderly outpatients. **Clinics**, vol. 64, no. 1, p. 45–50, 2009. <https://doi.org/10.1590/S1807-59322009000100009>.

ELLIS, Kenneth J. Human body composition: In vivo methods. **Physiological Reviews**, vol. 80, no. 2, p. 649–680, 2000. <https://doi.org/10.1152/physrev.2000.80.2.649>.

FERNÁNDEZ VIEITEZ, Jorge Alberto; WILSON, Luis W.; CUESTA ÁLVAREZ, José Alberto. Validez Del Método De Rolland-Cachera En La Estimación De Las Áreas Musculares Del Muslo Y La Pierna. **Rev Cubana Aliment Nutr**, vol. 15, no. 2, p. 109–114, 2001.

FERREIRA, Marcela T. O Papel Da Atividade Física Na Composição Corporal De Idosos. **Revista Brasileira Ciências da Saúde - USCS**, vol. 1, no. 1, p. 43–52, 2010. <https://doi.org/10.13037/rbcs.vol1n1.495>.

FOLDVARI, Mona; CLARK, Maureen; LAVIOLETTE, Lori C.; BERNSTEIN, Melissa A.; KALITON, David; CASTANEDA, Carmen; PU, Charles T.; HAUSDORFF, Jeffrey M.; FIELDING, Roger A.; FIATARONE SINGH, Maria A. Association of muscle power with functional status in community-dwelling elderly women. **Journals of Gerontology - Series A Biological Sciences and Medical Sciences**, vol. 55, no. 4, p. 24–27, 2000. <https://doi.org/10.1093/gerona/55.4.M192>.

FRAGALA, Maren S.; FUKUDA, David H.; STOUT, Jeffrey R.; TOWNSEND, Jeremy R.; EMERSON, Nadia S.; BOONE, Carleigh H.; BEYER, Kyle S.; OLIVEIRA, Leonardo P.; HOFFMAN, Jay R. Muscle quality index improves with resistance exercise training in older adults. **Experimental Gerontology**, vol. 53, p. 1–6, 2014. <http://dx.doi.org/10.1016/j.exger.2014.01.027>.

FRISANCHO, A. Roberto. New norms of upper limb fat and muscle areas for assessment of nutritional status. **American Journal of Clinical Nutrition**, vol. 34, no. 11, p. 2540–2545, 1981. <https://doi.org/10.1093/ajcn/34.11.2540>.

FRONTERA, Walter R.; HUGHES, Virginia A.; LUTZ, Karen J.; EVANS, William J. A cross-sectional study of muscle strength and mass in 45- to 78-yr-old men and women. **Journal of Applied Physiology**, vol. 71, no. 2, p. 644–650, 1991. <https://doi.org/10.1152/jappl.1991.71.2.644>.

GOODPASTER, Bret H.; KELLEY, David E.; THAETE, F. Leland; HE, Jing; ROSS, Robert. Skeletal muscle attenuation determined by computed tomography is associated with skeletal muscle lipid content. **Journal of Applied Physiology**, vol. 89, no. 1, p. 104–110, 2000. <https://doi.org/10.1152/jappl.2000.89.1.104>.

GOODPASTER, Bret H.; PARK, Seok Won; HARRIS, Tamara B.; KRITCHEVSKY, Steven B.; NEVITT, Michael; SCHWARTZ, Ann V.; SIMONSICK, Eleanor M.; TYLAVSKY, Frances A.; VISSER, Marjolein; NEWMAN, Anne B. The loss of skeletal muscle strength, mass, and quality in older adults: The Health, Aging and Body Composition Study. **Journals of Gerontology - Series A Biological Sciences and Medical Sciences**, vol. 61, no. 10, p. 1059–1064, 2006. <https://doi.org/10.1093/gerona/61.10.1059>.

GURALNIK, Jack M.; FRIED, Linda P.; SALIVE, Marcel E. Disability as a public health outcome in the aging population. **Annual Review of Public Health**, vol. 17, p. 25–46, 1996. <https://doi.org/10.1146/annurev.pu.17.050196.000325>.

HÄKKINEN, Keijo; KRAEMER, William J.; KALLINEN, Mauri; LINNAMO, Vesa; PASTINEN, Ulla Maija; NEWTON, Robert U. Bilateral and unilateral neuromuscular function and muscle cross-sectional area in middle-aged and elderly men and women. **Journals of Gerontology - Series A Biological Sciences and Medical Sciences**, vol. 51, no. 1, p. 21–29, 1996. <https://doi.org/10.1093/gerona/51A.1.B21>.

HENWOOD, Tim R.; TAAFFE, Dennis R. Short-term resistance training and the older adult: The effect of varied programmes for the enhancement of muscle strength and functional performance. **Clinical Physiology and Functional Imaging**, vol. 26, no. 5, p. 305–313, 2006. <https://doi.org/10.1111/j.1475-097X.2006.00695.x>.

HEYMSFIELD, Steven B.; MCMANUS, Clifford B.; SMITH, Janet L.; STEVENS, V.; NIXON, Daniel W. Anthropometric measurement of muscle mass: Revised equations for calculating bone-free arm muscle area. **American Journal of Clinical Nutrition**, vol. 36, no. 4, p. 680–690, 1982. <https://doi.org/10.1093/ajcn/36.4.680>.

HEYMSFIELD, Steven B.; SMITH, Rebecca; AULET, Mary; BENSON, Brooke; LICHTMAN, Steven; WANG, Jack; PIERSON, Richard N. Appendicular skeletal muscle mass: Measurement by dual-photon absorptiometry. **American Journal of Clinical Nutrition**, vol. 52, no. 2, p. 214–218, 1990. <https://doi.org/10.1093/ajcn/52.2.214>.

HEYMSFIELD, Steven B.; GONZALEZ, M. Cristina; LU, Jianhua; JIA, Guang; ZHENG, Jolene. Skeletal muscle mass and quality: Evolution of modern measurement concepts in the context of sarcopenia. **Proceedings of the Nutrition Society**, vol. 74, no. 4, p. 355–366, 2015. <https://doi.org/10.1017/S0029665115000129>.

IBGE. **Projeção da população do Brasil por sexo e idade - 2000-2060**. 2018. Disponível em: <[www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br)>.

IVEY, Frederick M.; HURLEY, Ben F.; ROTH, Stephen M.; FERRELL, Robert E.; TRACY, Brian L.; LEMMER, Jeffrey T.; HURLBUT, Diane E.; MARTEL, Gregory F.; SIEGEL, Eliot L.; FOZARD, James L.; METTER, E. Jeffrey; FLEG, Jerome L. Effects of age, gender, and myostatin genotype on the hypertrophic response to heavy resistance strength training. **Journals of Gerontology - Series A Biological Sciences and Medical Sciences**, vol. 55, no. 11, p. M641–M648, 2000. <https://doi.org/10.1093/gerona/55.11.M641>.

JACKSON, A. S.; POLLOCK, M. L. Generalized equations for predicting body density of men. **British Journal of Nutrition**, vol. 40, no. 3, p. 497–504, 1978. <https://doi.org/10.1079/bjn19780152>.

JANSSEN, Ian; HEYMSFIELD, Steven B.; ROSS, Robert. Low relative skeletal muscle mass (sarcopenia) in older persons is associated with functional impairment and physical disability. **Journal of the American Geriatrics Society**, vol. 50, no. 5, p. 889–96, 2002.

KERR, Deborah A.; ROSS, William D. Fraccionamento De La Massa Corporal: Un nuevo método para utilizar en nutrición clínica y medicina desportiva. vol. XVIII, 1991.

KIELY, Dan K.; LEVEILLE, Suzanne G.; BEAN, Jonathan F.; FIELDING, Roger A.; FRONTERA, Walter R.; HERMAN, Seth; MIZER, Kelly. The relationship between leg power and physical performance in mobility-limited older people. **Journal of the American Geriatrics Society**, vol. 50, no. 3, p. 461–467, 2002.

KORHONEN, Marko T.; MERO, Antti A.; ALIN, Markku; SIPILA, Sarianna; HAKKINEN, Keijo; LIKAVAINIO, Tuomas; VIITASALO, Jukka T.; HAVERINEN, Marko T.; SUOMINEN, Harri. Biomechanical and skeletal muscle determinants of maximum running speed with aging. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, vol. 41, no. 4, p. 844–856, Apr. 2009. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3181998366>.

KUMAGAI, Kenya; ABE, Takashi; BRECHUE, William F.; RYUSHI, Tomoo; TAKANO, Susumu; MIZUNO, Masuhiko. Sprint performance is related to muscle fascicle length in male 100-m sprinters. **Journal of applied physiology**, vol. 88, no. 3, p. 811–6, 2000. <https://doi.org/10.1152/jappl.2000.88.3.811>.

LOPEZ, Pedro; PINTO, Matheus D.; PINTO, Ronei S.. Does Rest Time before Ultrasonography Imaging Affect Quadriceps Femoris Muscle Thickness, Cross-Sectional Area and Echo Intensity Measurements? **Ultrasound in Medicine and Biology**, vol. 45, no. 2, p. 612–616, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.ultrasmedbio.2018.10.010>.

LOPEZ, Pedro; PINTO, Ronei S.; RADAELLI, Regis; RECH, Anderson; GRAZIOLI, Rafael; IZQUIERDO, Mikel; CADORE, Eduardo L. Benefits of resistance training in physically frail elderly: a systematic review. **Ageing Clinical and Experimental Research**, vol. 30, no. 8, p. 889–899, 2018. <http://dx.doi.org/10.1007/s40520-017-0863-z>.

LUKASKI, Henry. Sarcopenia: Assessment of Muscle Mass. **American Society for Nutritional Science**, vol. 127, no. 4, p. 994–997, 1997.

- MAFFIULETTI, Nicola A.; AAGAARD, Per; BLAZEVIČH, Anthony J.; FOLLAND, Jonathan; TILLIN, Neale; DUCHATEAU, Jacques. Rate of force development: physiological and methodological considerations. **European Journal of Applied Physiology**, vol. 116, no. 6, p. 1091–1116, 2016. <https://doi.org/10.1007/s00421-016-3346-6>.
- MARTIN, Alan D.; SPENST, Linda F.; DRINKWATER, Donald T.; CLARYS, Jan Pieter. Anthropometric estimation of muscle mass in men. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, vol. 22, no. 5, p. 729–733, 1990. <https://doi.org/10.1249/00005768-199010000-00027>.
- MATIEGKA, J. The testing of physical efficiency. **American Journal of Physical Anthropology**, Vol. 4, p. 223-230, 1921.
- MCDONAGH, Martin J.N.; DAVIES, C. T. Mervyn. Adaptive response of mammalian skeletal muscle to exercise with high loads. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology**, vol. 52, no. 2, p. 139–155, 1984. <https://doi.org/10.1007/BF00433384>.
- MELTON, L. Joseph; KHOSLA, Sundeep; CROWSON, Cynthia S.; O'CONNOR, Michael K.; O'FALLON, W. Michael; RIGGS, B. Lawrence. Epidemiology of sarcopenia. **Journal of the American Geriatrics Society**, vol. 48, no. 6, p. 625–630, 2000. <https://doi.org/10.1111/j.1532-5415.2000.tb04719.x>.
- MONTEIRO, Ana Beatriz; FERNANDES FILHO, José. Analysis of the body composition: A Revision of methods. **Revista Brasileira de Cineantropometria & Desempenho Humano**, vol. 4 (1), no. 10, p. 80–92, 2002..
- NEWMAN, Anne B.; KUPELIAN, Varant; VISSER, Marjolein; SIMONSICK, Eleanor M.; GOODPASTER, Bret H.; KRITCHEVSKY, Stephen B.; TYLAVSKY, Frances A.; RUBIN, Susan M.; HARRIS, Tamara B. Strength, but not muscle mass, is associated with mortality in the health, aging and body composition study cohort. **Journals of Gerontology - Series A Biological Sciences and Medical Sciences**, vol. 61, no. 1, p. 72–77, 2006. <https://doi.org/10.1093/gerona/61.1.72>.
- ORR, Rhonda; DE VOS, Nathan J.; SINGH, Nalin A.; ROSS, Dale A.; STAVRINOS, Theodora M.; FIATARONE-SINGH, Maria A. Power training improves balance in healthy older adults. **Journals of Gerontology - Series A Biological Sciences and Medical Sciences**, vol. 61, no. 1, p. 78–85, 2006. <https://doi.org/10.1093/gerona/61.1.78>.
- PERINI, Talita Adão; OLIVEIRA, Glauber L.; ORNELLAS, Santos; OLIVEIRA, Palha. Cálculo do erro técnico de medição em antropometria. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, vol. 11, no. 1, p. 81–85, 2005.
- PÍCOLI, Tatiane; FIGUEIREDO, Larissa L.; PATRIZZI, Lislei. Sarcopenia e envelhecimento. **Fisioterapia em Movimento**, vol. 24, no. 3, p. 455–462, 2011. <https://doi.org/10.1590/s0103-51502011000300010>.
- PINTO, Ronei S.; CORREA, Cleiton S.; RADAELLI, Regis; CADORE, Eduardo L.; BROWN, Lee E.; BOTTARO, Martim. Short-term strength training improves muscle quality and functional capacity of elderly women. **Age**, vol. 36, no. 1, p. 365–372, 2014. <https://doi.org/10.1007/s11357-013-9567-2>.
- POMPEU, Fernando A.M.S.; GABRIEL, Daniele; GAMA PENA, Bianca; RIBEIRO, Pedro. Áreas de secção transversa do braço: implicações técnicas e aplicações para avaliação da composição corporal e da força dinâmica máxima. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, vol. 10, no. 3, p. 202–211, 2004. <https://doi.org/10.1590/s1517-86922004000300010>.

- RADAELLI, Regis; BOTTON, Cíntia E.; WILHELM, Eurico N.; BOTTARO, Martim; LACERDA, Fabiano; GAYA, Anelise; MORAES, Kelly; PERUZZOLO, Amanda; BROWN, Lee E.; PINTO, Ronei Silveira. Low- and high-volume strength training induces similar neuromuscular improvements in muscle quality in elderly women. **Experimental Gerontology**, vol. 48, no. 8, p. 710–716, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.exger.2013.04.003>.
- RADAELLI, Régis; BRUSCO, Clarissa M.; LOPEZ, Pedro; RECH, Anderson; MACHADO, Carlos L.F.; GRAZIOLI, Rafael; MÜLLER, Diana C.; TUFANO, James J.; CADORE, Eduardo L.; PINTO, Ronei S. Muscle quality and functionality in older women improve similarly with muscle power training using one or three sets. **Experimental Gerontology**, vol. 128, no. 10, p. 1–7, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.exger.2019.110745>.
- SAHALY, R.; VANDEWALLE, H.; DRISS, T.; MONOD, H. Maximal voluntary force and rate of force development in humans - Importance of instruction. **European Journal of Applied Physiology**, vol. 85, no. 3–4, p. 345–350, 2001. <https://doi.org/10.1007/s004210100451>.
- SANADA, Kiyoshi; KEARNS, Charles F.; MIDORIKAWA, Taishi; ABE, Takashi. Prediction and validation of total and regional skeletal muscle mass by ultrasound in Japanese adults. **European Journal of Applied Physiology**, vol. 96, no. 1, p. 24–31, 2006. <https://doi.org/10.1007/s00421-005-0061-0>.
- STRASSER, Eva Maria; DRASKOVITS, Thomas; PRASCHAK, Markus; QUITTAN, Michael; GRAF, Alexandra. Association between ultrasound measurements of muscle thickness, pennation angle, echogenicity and skeletal muscle strength in the elderly. **Age**, vol. 35, no. 6, p. 2377–2388, 2013. <https://doi.org/10.1007/s11357-013-9517-z>.
- TAKAI, Yohei; OHTA, Megumi; AKAGI, Ryota; KANEHISA, Hiroaki; KAWAKAMI, Yasuo; FUKUNAGA, Tetsuo. Sit-to-stand test to evaluate knee extensor muscle size and strength in the elderly: A novel approach. **Journal of Physiological Anthropology**, vol. 28, no. 3, p. 123–128, 2009. <https://doi.org/10.2114/jpa2.28.123>.
- TAKAI, Yohei; OHTA, Megumi; AKAGI, Ryota; KATO, Emika; WAKAHARA, Taku; KAWAKAMI, Yasuo; FUKUNAGA, Tetsuo; KANEHISA, Hiroaki. Validity of ultrasound muscle thickness measurements for predicting leg skeletal muscle mass in healthy Japanese middle-aged and older individuals. **Journal of Physiological Anthropology**, vol. 32, no. 12, p. 1–5, 2013. <https://doi.org/10.1186/1880-6805-32-12>.
- THIEBAUD, Robert S.; ABE, Takashi; LOENNEKE, Jeremy P.; FUJITA, Eiji; AKAMINE, Takuya. Body fat percentage assessment by ultrasound subcutaneous fat thickness measurements in middle-aged and older adults. **Clinical Nutrition**, vol. 38, no. 6, p. 2659–2667, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2018.11.017>.
- TRACY, B. L.; IVEY, F. M.; HURLBUT, D.; MARTEL, G. F.; LEMMER, J. T.; SIEGEL, E. L.; METTER, E. J.; FOZARD, J. L.; FLEG, J. L.; HURLEY, B. F. Muscle quality. II. Effects of strength training in 65- to 75-yr-old men and women. **Journal of Applied Physiology**, vol. 86, no. 1, p. 195–201, 1999. <https://doi.org/10.1152/jappl.1999.86.1.195>.
- TROMBETTI, A.; REID, K. F.; HARS, M.; HERRMANN, F. R.; PASHA, E.; PHILLIPS, E. M.; FIELDING, R. A. Age-associated declines in muscle mass, strength, power, and physical performance: impact on fear of falling and quality of life. **Osteoporosis International**, vol. 27, no. 2, p. 463–471, 2016. <https://doi.org/10.1007/s00198-015-3236-5>.
- VILAÇA, Karla H. C.; CARNEIRO, José A. O.; PESSANHA, Fernanda P. A. S.; LIMA, Nereida K. C.; FERRIOLLI, Eduardo; MORIGUTI, Júlio C. Estudo Comparativo Da Composição Corporal De Idosas Fisicamente Ativas Pelos Métodos Dxa E Antropométrico. **Revista Brasileira de Ciências e Movimento**, vol. 20, no. 3, p. 5–13, 2012. <https://doi.org/10.18511/rbcm.v20i3.2806>.



VISSER, M.; NEWMAN, A. B.; NEVITT, M. C.; KRITCHEVSKY, S. B.; STAMM, E. B.; GOODPASTER, B. H.; HARRIS, T. B. Reexamining the sarcopenia hypothesis. Muscle mass versus muscle strength. Health, Aging, and Body Composition Study Research Group. **Annals of the New York Academy of Sciences**, vol. 904, p. 456–461, 2000. <https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.2000.tb06500.x>.

WANG, Jing; HU, Ying; TIAN, Guo. Ultrasound measurements of gastrocnemius muscle thickness in older people with sarcopenia. **Clinical Interventions in Aging**, vol. 13, p. 2193–2199, 2018. <https://doi.org/10.2147/CIA.S179445>.

WANG, Z M; PIERSON, R N; HEYMSFIELD, S B. The five-level model: a new approach to organizing body-composition research. **The American Journal of Clinical Nutrition**, vol. 56, no. 1, p. 19–28, 1992. <https://academic.oup.com/ajcn/article/56/1/19/4715618%0Aasci-hub.tw/10.1093/ajcn/56.1.19>.

WILHELM, Eurico N.; RECH, Anderson; MINOZZO, Felipe; RADAELLI, Regis; BOTTON, Cíntia Ehlers; PINTO, Ronei Silveira. Relationship between quadriceps femoris echo intensity, muscle power, and functional capacity of older men. **Age**, vol. 36, no. 3, p. 1113–1122, 2014. <https://doi.org/10.1007/s11357-014-9625-4>.

YILMAZ, Fikriye; N. TEKIN, Rukiye. Effects of early life factors on the health and quality of life of older adults. **Psychogeriatrics**, vol. 18, no. 1, p. 30–35, 2018. <https://doi.org/10.1111/psyg.12278>.

## 5. RELATIONSHIP BETWEEN DUAL ENERGY X-RAY ABSORPTIOMETRY, ULTRASONOGRAPHY AND ANTHROPOMETRY METHODS TO ESTIMATE MUSCLE MASS AND MUSCLE QUALITY IN OLDER PEOPLE

### Abstract

Sarcopenia or dynapenia alone does not fully explain the reduction in functional capacity during aging. Our aim was to verify the relationship between muscle mass and quality (MQ) estimated by three different methods with functional capacity in older individuals. 34 ( $66.3 \pm 4.6$  years) participated on this cross-sectional study. Assessments: Isometric peak torque of knee extensors muscles; thigh muscle mass indicators by dual x-ray absorptiometry (DXA), ultrasonography (US) and anthropometry (AN); MQ: isometric peak torque normalized by muscle mass indicators; and functional capacity: sit-to-stand and timed up and go tests (TUG). Were observed any relationship between muscle mass indicators with functional capacity ( $p>0.05$ ), but significant correlation between MQ by DXA with sit-to-stand ( $r=0.35$ ;  $p<0.05$ ) and TUG ( $r=-0.47$ ;  $p<0.05$ ) and between MQ by AN with TUG ( $r=-0.41$ ;  $p<0.05$ ). Both three methods can be used to estimate muscle mass and quality. Muscle mass is not an explanatory factor for functional performance.

*Keywords:* Body Composition, Skeletal muscle, Muscle tissue; Functional capacity, Aging.

## Introduction

The natural aging process is associated with changes in body composition, as muscle tissue decrease and adipose tissue increase (Heymsfield et al., 2015), and in neuromuscular performance, as muscle power and strength decrease (Barbat-Artigas et al., 2012; Goodpaster et al., 2006; Heymsfield et al., 2015). In this sense, sarcopenia (i. e. reduction in muscle mass) (Heymsfield et al., 1990) do not fully explain the decrease in functional capacity during aging (Clark & Manini, 2008; Goodpaster et al., 2006). Thus, dynapenia (i. e. reduction in power and muscle strength) came to be suggested as the main factor responsible for the functional capacity decreasing during aging (Clark & Manini, 2008; Goodpaster et al., 2006). However, it has been suggested that sarcopenia or dynapenia alone does not fully explain the functional capacity during the aging process. Thus, there is a faster and more expressive reduction in muscle power and strength in contrast to muscle mass during this process (Fragala et al., 2014; Tracy et al., 1999). Therefore, muscle quality (MQ; muscle performance/quantity of muscle tissue) has come to be widely used as a better parameter related to the functional capacity reduction during the aging process (Fragala et al., 2014; Pinto et al., 2014). MQ is also related to increased of risk of falls and fractures, resulting in functional incapacity in the older individuals (Barbat-Artigas et al., 2012; Fragala et al., 2014).

Additionally, the reduction in power, strength and muscle mass of the lower limbs in older individuals, especially of the quadriceps femoris muscle, has been shown to be related to an increased risk of mortality (Newman et al., 2006). Thus, tests to assess muscle performance such as isometric peak torque and the one maximum repetition tests of the knee extensor muscles have been widely used, including this population (Newman et al., 2006; Pinto et al., 2014). However, the isometric peak torque test is more independent evaluator than one maximum repetition test. Therefore, the assessment of muscle tissue composition, muscle function and quality are essential in older individuals (Ivey et al., 2000; Pinto et al., 2014; Tracy et al., 1999).

Some methods to estimate muscle mass have been also used in the older people, such as the dual energy x-ray absorption densitometry (DXA) (Abe et al., 2015), ultrasonography (Thiebaud et al., 2019) and anthropometry (Heymsfield et al., 2015). However, these methods have different measurement principles (DXA: Different tissue densities measured by dual-energy x-ray emission; ultrasonography: distance

between muscle structures measured by sound waves; anthropometry: Deduction of subcutaneous fat thickness from the perimeter of the limb/region evaluated). Thus, the muscle mass indicators evaluated by these methods present different results. Additionally, DXA and ultrasonography have a high financial and operational cost, while anthropometry is a lower-cost alternative, in addition to being used to estimate muscle mass and quality, even in older individuals. In contrast, little is known about the relationship between estimated MQ values through DXA, ultrasonography and anthropometry. Finally, the association between the MQ estimated using these methods with the functional capacity in the older people remains unknown. The present study aimed to verify the relationship between: a) muscle mass indicators assessed by DXA, ultrasonography and anthropometry; b) muscle mass indicators assessed by these methods with functional capacity; c) MQ estimated by these methods and d) MQ estimated by these methods with functional capacity in older individuals.

## **Materials and Methods**

### **Experimental Procedures**

This study involves a cross-sectional analysis of a randomized clinical trial. All procedures performed were approved by the local research ethics committee (n<sup>o</sup> 3.115.724) following the Helsinki's declaration. Participants were previously informed of the risks and benefits of the study before signing a written informed consent form. Participants attended at the laboratory on four visits (separated by at least 72 hours). On first visit, total body mass and height to calculate the body mass index (BMI); and the familiarization with functional tests were performed. During second visit, right thigh muscle mass indicators (DXA, ultrasonography and anthropometry) were evaluated and isokinetic test familiarization were conducted. On the third visit, a knee extension peak torque test was performed and on fourth visit, functional tests were realized.

### **Participants**

Participants met the following inclusion criteria: men and women aged between 60 and 80 years, body mass index between 22 and 30 kg/m<sup>2</sup>, and not involved in a structured exercise program during the past six months. Also, volunteers met the following exclusion criteria: nonsmokers, free of several cardiovascular, metabolic, or muscle skeletal disorders or other health impairment that compromises participation in the study.

## **Anthropometry**

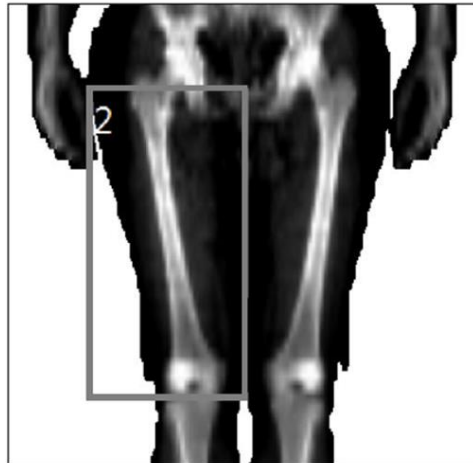
Total body mass was assessed using a digital scale (OS 180, Uranus, São Paulo – Brazil) and height using a portable stadiometer (Sanny, São Paulo - Brazil). The thigh muscle mass indicator assessed by anthropometry was the right thigh perimeter corrected by right thigh skinfold (Fernández Vieitez et al., 2001; Frisancho, 1981; Heymsfield et al., 1990). The thigh perimeter was measured using a flexible metal anthropometric measuring tape (Cescorf, Porto Alegre - Brazil) and the evaluator absolute technical measurement error presented was 0.3 cm (Perini et al., 2005). The thigh skinfold was assessed using a scientific skinfold compass (Cescorf, Porto Alegre - Brazil) and the evaluator absolute technical measurement error presented was 0.8 mm (Perini et al., 2005). Anthropometric measurements followed protocol purposed by International Society for the Advancement of Kinanthropometry (ISAK). The skinfold's value obtained in millimeters was converted to centimeters and then applied to the following equation: thigh perimeter (cm) - ( $\pi$  \* thigh skinfold (cm)), as previous recommendation (Fernández Vieitez et al., 2001; Frisancho, 1981; Heymsfield et al., 1990). To use the right thigh perimeter corrected by skinfold as muscle mass indicator, we assume that the segment is perfectly circular (Heymsfield *et al.*, 2015). The same experienced evaluator level 3 ISAK conducted the assessments (M.B.S.).

## **Dual Energy X-Ray Absorption Densitometry (DXA)**

Total body composition (lean mass, fat mass and bone mass; kg) was assessed using DXA (Encore version 14.1, Lunar Prodigy Primo, GE Healthcare, USA). The right thigh lean mass was used as a muscle mass indicator without bone mass, following previous studies (Abe et al., 2015; Bilsborough et al., 2015; Cameron et al., 2020). Initially, the equipment was calibrated according to the manufacture's specifications. The radiation emitted by this assessment technique is minimal and safe (Bolanowski & Nilsson, 2001). Participants wore light clothing and metal accessories were removed. Participants' thigh images were manually analyzed. The region of interest of the right thigh (i. e. "box") was determined considering the most lateral and superior point of the fêmur's head to the superior and lateral tibia's edge (Cameron et al., 2020) (Figure 1). The same experienced evaluator conducted the assessments and analysis (M.B.S.).

**Figure 1**

*Right Thigh Interest Region ("box") Selected in  
Dual Energy X-Ray Absorption Densitometry (DXA).*



## **Ultrasonography**

The muscle thickness (MT; mm) of the right thigh knee extensors muscles (quadriceps femoris muscle) was considered the muscle mass indicator and measured using ultrasound system (Nemio XG - Toshiba, Japão) through the images obtained in B-mode. Initially, participants rested for 10 minutes in a supine position to allow fluid redistribution, with upper and lower limbs relaxed (Lopez et al., 2019). A 38mm linear transducer, with a 9.5 MHz frequency was positioned perpendicular to the vastus lateralis (VL), vastus medialis (VM), vastus intermedius (VI) and rectus femoris (RF) muscles, using a water-based gel that optimizes acoustic contact, without the need for transducer pressure on the skin. Prior to obtaining the images, the bone anatomical points were identified and the marks where the images were collected were marked. The VL ultrasound image was acquired at the midpoint between the greater trochanter and the lateral epicondyle of the femur (Kumagai et al., 2000), while VM image was taken at 30% of the distance from the lateral epicondyle of the femur to the greater trochanter (Korhonen et al., 2009). VI and RF ultrasound images were acquired at the midpoint between the iliac crest and the patella's upper edge (Lopez, Pinto & Pinto, 2019). Three images were captured for each muscle and analyzed using ImageJ software (National Institute of Health, USA, version 1.37). Subcutaneous adipose tissue and bone tissue were identified, and the distance between them was defined as MT. Quadriceps femoris muscle thickness was considered as the sum of the four

lower-body muscles MT (VL+VM+VI+RF) (Pinto et al., 2014). The same experienced evaluator conducted all assessments (R.R.N.).

### **Muscle Performance - Isometric Peak Torque (PT)**

Knee extension maximal voluntary isometric contractions were performed to obtain the PT values using an isokinetic dynamometer (Cybex Norm; Ronkonkoma, NY, USA). Initially, participants performed a 5-minute general warm-up on a cycle ergometer (Movement Technology, BM2700, SP - Brazil) with a self-selected load. Participants were seated with 85° hip flexion and knee joint were aligned with dynamometers rotation axis. Three 5s knee extension maximum isometric voluntary contractions were performed at 60° knee extension (0° = full extension) with a 2-min rest interval between trials. Participants were instructed to perform each trial as “hard and fast” as possible (Maffiuletti et al., 2016; Sahaly et al., 2001) and to avoid any knee flexion countermovement immediately before the contractions. Signal processing included analog filtering at a cut-off frequency of 10 Hz. PT was defined as the contraction highest torque value (N·m) recorded and for analysis the higher PT trial was used. The same experienced evaluator conducted all assessments and analyses (R.R.N.).

### **Muscle Quality by Specific Tension (MQ)**

The MQ was estimated using the muscle performance relativized by quantity of muscle mass. Isometric PT of right knee extensors muscles was used as muscle performance and the right thigh muscle mass indicators were used as quantity of muscle mass (Tracy et al., 1999; Fragala et al., 2014). The muscle mass indicators were evaluated using DXA, ultrasonography and anthropometry methods. The equations used are shown below:

- MQ by DXA: Isometric PT of the right knee extensor muscles (N.m) / right thigh muscle mass indicator assessed by DXA (i. e. lean mass; kg).

- MQ by ultrasonography: Isometric PT of the right knee extensor muscles (N.m) / right thigh muscle mass indicator assessed by ultrasonography (i. e. quadriceps muscle thickness; mm).

- MQ by anthropometry: Isometric PT of the right knee extensor muscles (N.m) / right thigh muscle mass indicator assessed by anthropometry (i. e. thigh perimeter corrected by thigh skinfold; cm).

### **Functional Capacity – Sit-to-Stand and Timed Up and Go Test (TUG)**

The functional sit-to-stand test started with the participant seated in a chair (43 cm), back in the chair and arms crossed at the chest. At a verbal signal, participants performed complete repetitions as fast as possible within a 30s period (Pinto et al., 2014). Three attempts were performed, with a resting of 3 minutes between them. The best number of repetitions was used. For the TUG test, participants were instructed to get up from a chair (43 cm), walk 3m, around a cone, walk back 3m and sit again. The time to complete the test was recorded with a digital chronometer. Participants were instructed to walk at normal and comfortable velocity. The test was performed three times and the best time was used (Radaelli et al., 2019). The same experienced evaluator conducted the tests (S.A.B.).

### **Statistical Analysis**

Descriptive data are presented as mean  $\pm$  standard deviation. After checking the data distribution using the Shapiro-Wilk test, Pearson's correlation test ( $r$ ) was performed. The following classification was adopted for the correlations' strength: weak ( $r=0.1 < r \leq 0.5$ ), medium ( $r=0.5 < r \leq 0.7$ ), strong ( $r=0.7 < r \leq 0.9$ ), almost perfect ( $r > 0.9$ ) and perfect ( $r=1$ ) (Cohen, 1988). The level of significance ( $\alpha$ ) was set at  $< 0.05$ . The tests were performed using Statistical Package for Social Science version 23. (IBM SPSS Inc., Chicago, IL, USA).

## **Results**

The sample recruitment occurred through social media, local newspapers, posters at the university and verbal invitations; 156 possible participants were contacted and 36 participated in the original chronic study. Additionally, two individuals were excluded, by choice, from the original chronic study during the intervention. In the present study, baseline data from 34 participants were used. The data collection period was April to August of 2019. Table 1 shows participants' characteristics.



**Table 1***Participant's Characteristics.*

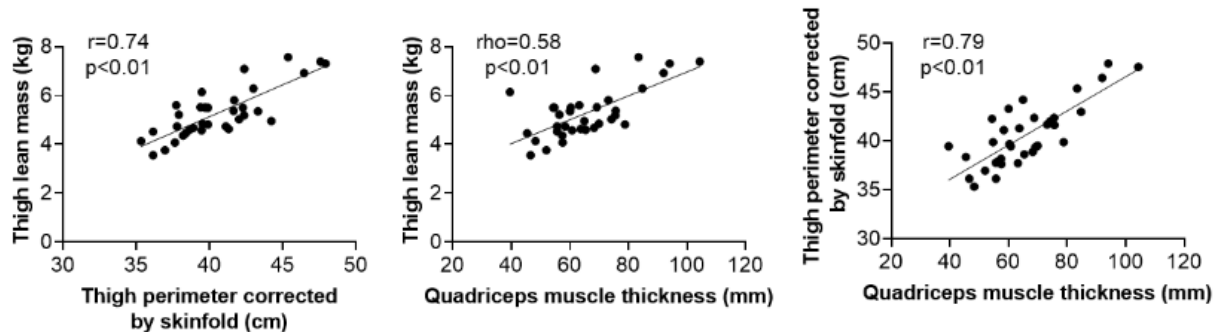
<b>n=34 (9 men and 25 women)</b>	<b>Mean ± SD</b>
Age, y	66.30 ± 4.63
Height, m	1.63 ± 0.08
Weight, kg	69.86 ± 10.44
Body mass index, kg/m <sup>2</sup>	26.07 ± 2.23
Thigh lean mass assessed by DXA, kg	5.29 ± 1.03
Thigh muscle thickness assessed by US, mm	65.65 ± 14.54
Thigh perimeter corrected by skinfold assessed by AN, cm	40.57 ± 3.19
Thigh MQ estimated by DXA, N.m/kg	25.61 ± 4.51
Thigh MQ estimated by US, N.m/mm	2.03 ± 0.45
Thigh MQ estimated by AN, N.m/cm	3.11 ± 0.64
Isometric peak torque, N.m	144.36 ± 47.67
Sit-to-stand test, repetitions	15.76 ± 3.33
Timed up and go test, seconds	5.89 ± 1.26

*Note.* Data expressed as mean and standard deviation (mean ± SD). DXA: Dual-energy x-ray absorption densitometry; US: Ultrasonography; AN: Anthropometry; MQ: Muscle quality by specific tension.

Were observed strong correlations between perimeter corrected by skinfold assessed by anthropometry with lean mass assessed by DXA and muscle thickness assessed by ultrasonography. Also, muscle thickness showed a medium significant relationship with lean mass. These results are shown in figure 2.

Figure 2

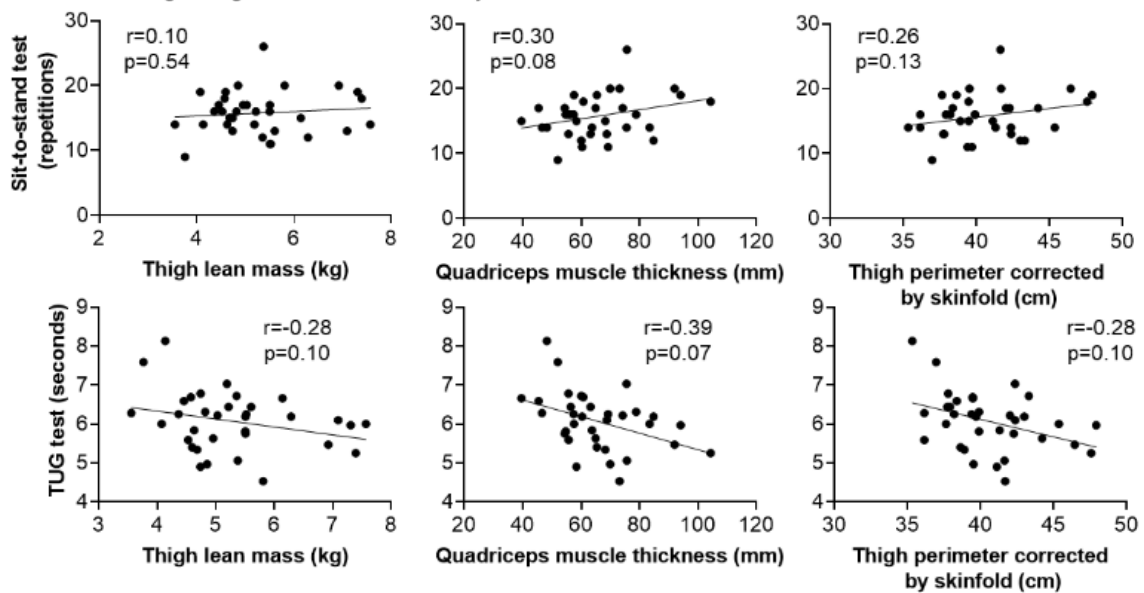
Correlations Between Right Thigh Muscle Mass Indicators Assessed by Dual X-Ray Absorption Densitometry, Ultrasonography and Anthropometry



Additionally, any significant correlations were found between lean mass, muscle thickness and perimeter corrected by skinfold with functional capacity (sit-to-stand and TUG tests). These results are shown in figure 3.

Figure 3

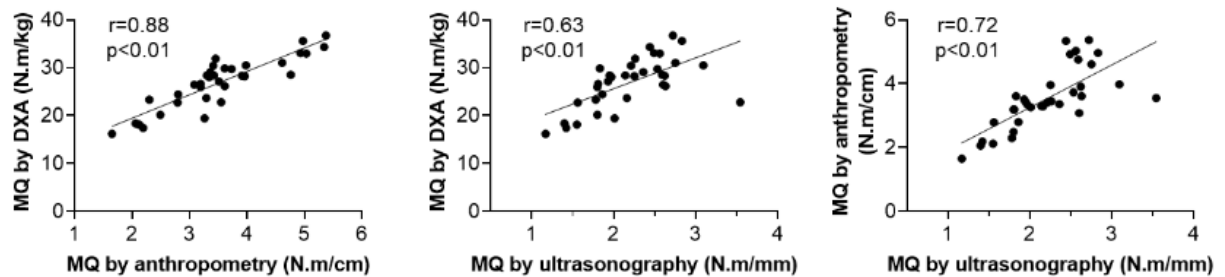
Correlations Between Sit-to-Stand and Timed Up and Go (TUG) Tests with Right Thigh Lean Mass, Right Quadriceps Muscle Thickness and Right Thigh Perimeter Corrected By Skinfold



MQ estimated by anthropometry showed a strong and significant correlation with MQ by DXA and MQ by ultrasonography. Also, MQ by DXA presented a medium significant relationship with MQ by ultrasonography. These results are shown in figure 4.

**Figure 4**

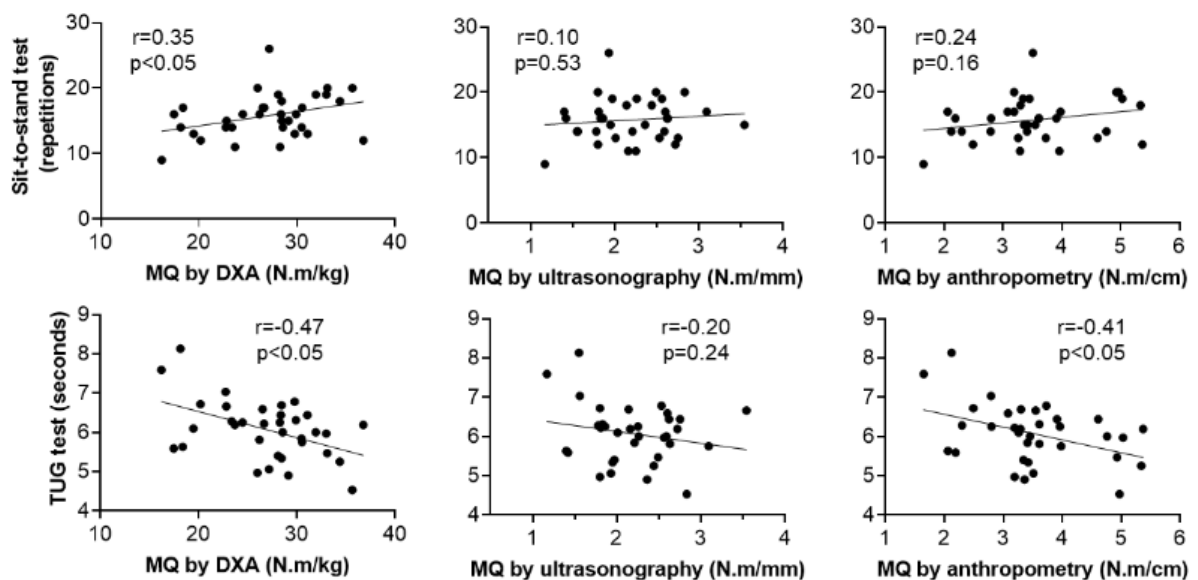
*Correlations Between Muscle Quality (MQ) estimated by Dual X-Ray Absorption Densitometry (DXA), Ultrasonography and Anthropometry*



Finally, the MQ estimated by DXA showed significant correlations with sit-to-stand and TUG tests and MQ estimated by anthropometry showed significant correlation only with TUG test. However, MQ estimated by ultrasonography not presented any correlation with sit-to-stand and TUG tests. These results are shown in figure 5.

**Figure 5**

*Correlations Between Sit-to-Stand and Timed Up and Go (TUG) Tests with Muscle Quality (MQ) Estimated by Dual X-Ray Absorption Densitometry (DXA), Ultrasonography and Anthropometry*



## Discussion

The main findings of this study were that a) muscle mass indicators assessed by DXA, ultrasonography and anthropometry presented significant correlations between them, b) but did not show any significant correlation with functional capacity

(sit-to-stand and TUG tests), c) MQ estimated by DXA, ultrasonography and anthropometry presented significant correlations between them and d) only MQ estimated by DXA presented significant relationship with both functional capacity tests (sit-to-stand and TUG), being that MQ estimated by anthropometry showed significant relationship only with TUG test.

The muscle mass is only assessed with cadaver's dissection (i. e. a direct method of evaluation), magnetic resonance (i. e. an indirect method of evaluation) and computed tomography (i. e. an indirect method of evaluation). In this sense, the lean mass assessed by DXA, the muscle thickness assessed by ultrasonography and the perimeter corrected by skinfold assessed by anthropometry used in the present study only estimate the muscle mass, being considered only muscle mass indicators (Heymsfield et al., 1990; Thiebaud et al., 2019; Abe et al., 2015). In this sense, Heymsfield et al. (1990) observed a strong correlation and agreement between lean mass assessed by DXA with the muscle mass evaluated by magnetic resonance (i. e. reference method to measure muscle mass). Therefore, the lean mass assessed by DXA can be considered a strong muscle mass indicator. Thus, was considered the reference method in the present study for this purpose.

The relationship between different methods to estimate muscle mass is widely known. However, the relationship between different methods to assess muscle mass indicators using methods of low-cost and without use of equations to predict muscle mass is little known and is a gap in the scientific literature. Thus, we observed a strong relationship between muscle mass indicator assessed by DXA and by ultrasonography with muscle mass indicator assessed by anthropometry, what suggests the use of anthropometry for this purpose in older people. In the same way, Abe et al. (2015) found a significant relationship between whole-body lean mass estimated by muscle thickness and assessed by DXA in older people. In addition, Sanada et al. (2006) and Takai et al. (2013) also validated equations using the muscle thickness by ultrasonography to predict the whole-body lean mass in older individuals, with DXA being a reference method. In contrast to the present study, in both cited studies (Abe et al., 2015; Sanada et al., 2006; Takai et al., 2013), only high financial cost methods were used. Also, the ultrasonography lean mass was estimated by equations (i. e. a doubly indirect method of evaluation) and the measurements were assessed following different measurement techniques, including the ultrasound probe positioning.

Therefore, distinct probe orientation and different points to obtain images may explain the divergent results in the literature (Strasser et al., 2013; Wilhelm et al., 2014). It's important to highlight that the muscle mass indicators values (i. e. thigh lean mass, quadriceps muscle thickness and thigh perimeter corrected by thigh skinfold) used in the present study, were obtained with indirect measurements (i. e. without use of equations to predict muscle mass), in contrast with performed by Abe et al., 2000, Sanada et al., 2006 and Takai et al., 2013. Additionally, the use of equations to predict muscle mass can increase the errors associated with equations (e. g. sample specificity).

In the present study, any correlations were found between muscle mass (muscle mass indicators assessed by DXA, ultrasonography and anthropometry) with functional capacity (sit-to-stand and TUG tests). These results are in accordance with previous studies (Clark & Manini, 2008; Goodpaster et al., 2006), that suggested that only sarcopenia do not explain completely the functional capacity reduction during aging process. In the same way, only dynapenia can't explain completely the functional capacity decrease during this process (Barbat-Artigas et al., 2012; Clark & Manini, 2008; Goodpaster et al., 2006). In this sense, MQ showed extremely important, due to involves a muscle mass and a muscle performance variable, as previous studies (Barbat-Artigas et al., 2012; Fragala et al., 2014). Additionally, MQ is better related to functional capacity decrease than muscle mass or strength alone, during aging process (Barbat-Artigas et al., 2012; Fragala et al., 2014; Tracy et al., 1999). Thus, MQ is an important neuromuscular parameter to be monitored in older individuals (Barbat-Artigas et al., 2012; Fragala et al., 2014; Pinto et al., 2014; Wilhelm et al., 2014).

Also, MQ is an important parameter for the diagnosis of sarcopenic syndrome (Goodpaster et al., 2006; Takai et al., 2009), a condition that compromises the older's muscle quality and functionality (Fragala et al., 2014; Goodpaster et al., 2006). The sarcopenic syndrome concept has changed a lot in recent years. It is believed that the functional capacity reduction during the aging process was caused only by the muscle mass decrease (Evans, 1995; Heymsfield et al., 1990). However, it began to be suggested that dynapenia was responsible for the reduction in functional capacity during this process (Clark & Manini, 2008; Goodpaster et al., 2006). More recently, the sarcopenic syndrome concept involves the association between increase of the age, power, strength and muscle mass decrease (Barbat-Artigas et al., 2012; Fragala et al.,

2014; Pinto et al. 2014). In the present study, it seems to be clear that only muscle mass reduction is not responsible for the functional capacity decrease during aging, due to any relationship observed between muscle mass indicators assessed by the three methods (DXA, ultrasonography and anthropometry) with functional capacity in the sit-to-stand and TUG tests, confirming what has been shown by previous studies (Clark & Manini, 2008; Goodpaster et al., 2006). Thus, MQ is necessary to better explain the functional capacity reduction during the aging process (Barbat-Artigas et al., 2012; Fragala et al., 2014; Pinto et al. 2014), as showed in the present study.

The relationship between MQ and functional capacity was demonstrated in previous studies (Barbat-Artigas et al., 2012; Fragala et al., 2014; Wilhelm et al., 2014). In the present study, was not observed a relationship between MQ estimated by ultrasonography with any functional test (TUG and sit-to-stand). But we observed a significant correlation between DXA and anthropometry with functional capacity, being DXA with both tests and anthropometry only with TUG test. It is worth mentioning, that to obtain the muscle thickness only the quadriceps femoris was considered, being only the anterior portion of the thigh, in contrast with the others methods used (DXA and anthropometry), that considered the anterior and the posterior region of the thigh. So, this is a methodological disadvantage. This factor can be responsible for the lower correlation degree between the ultrasonography with the reference method (DXA) and any correlation between MQ estimated by ultrasonography with functional capacity tests observed in the presente study. In the same way, the muscle mass indicator assessed by ultrasonography and by DXA were assessed without predict equations (i. e. an indirect method of evaluation) in the present study, in contrast with realized by Abe et al. (2000); Sanada et al. (2006) and Takai et al. (2013). In addition, in the present study the measurements obtained by DXA and ultrasonography were realized following different measurement techniques. The region of interest by DXA (“thigh box”) was performed manually only in the thigh region and was determined considering the most lateral and superior point of the femur’s head to the superior and lateral tibia’s edge (Cameron et al., 2020), in contrast with realized by Abe et al. (2000); Sanada et al. (2006) and Takai et al. (2013), that used the specific and appendicular regions. Additionally, the positioning of the probe and reference points during the acquisition of ultrasound images adopted in the present study was different from other studies (Abe et al., 2000; Sanada et al., 2006; Takai et al., 2013). Thus, the distinct probe orientation

and position during the acquisition of ultrasound images may explain the divergent results founded (Strasser et al., 2013; Wilhelm et al., 2014). Finally, the muscle mass indicator assessed by DXA method has a biggest muscle mass tissue involved over ultrasonography and anthropometry muscle mass indicators, being a methodology advantage.

TUG and sit-to-stand tests are used efficiently to assess functional capacity in older people (Pinto et al., 2014; Wilhelm et al., 2014). However, some studies have suggested (Fragala et al., 2014; Takai et al., 2009) that the sit-to-stand test is better related to MQ when taking into account thigh length, chair high and body mass (i. e. muscle quality index; MQI) and not only using absolute values (time in seconds or number of repetitions), like performed in the present study. Additionally, some studies have suggested that the strength of plantar flexors is also related to functional capacity (Bobbert, 2001; Wang et al., 2018). In the present study, we only adopted the knee extensor performance. Thus, the use of more parameters for lower limbs performance could help to explain the functional performance. Finally, according with Heymsfield et al. (2015) DXA is considered the reference method to assess muscle mass indicator and it was used in the present study. Thus, its present a better accuracy of the three methods proposed, due its strong relationship and agreement with the magnetic resonance (i. e. reference method to measure muscle mass), increasing the correlation's degree compared to ultrasonography and anthropometry methods. All these factors related can be the possible explanation that, in the present study, we only found significant correlation between MQ estimated by DXA with sit-to-stand test, but any correlation were found between MQ estimated by anthropometry and ultrasonography with sit-to-stand test.

The present study has limitations. First, we only evaluate the isometric PT. Previous studies demonstrate that muscle power is an important predictor of functional performance in older people (Barbat-Artigas et al., 2012; Fragala et al., 2014). Thus, using muscle power to calculate the MQ could identify a greater relationship between MQ with functional capacity. Second, we only adopted the knee extensor performance. Previous studies showed that the strength of plantar flexors is also related to functional capacity (Bobbert, 2001; Wang et al., 2018). Thus, the use of more parameters for lower limbs performance could help to explain the functional performance. Finally, the ultrasonography method has a disadvantage compared to DXA and anthropometry

because we only considered the quadriceps femoris muscle thickness. Thus, the hamstring muscles should also be considered, like DXA and anthropometry that considered all the thigh, the anterior and posterior portion.

### **Conclusions**

Significant and strong correlation was found between thigh perimeter corrected by skinfold (i. e. anthropometry) with the muscle mass indicator assessed by DXA and by ultrasonography methods. However, medium and significant correlation was found between muscle mass indicator assessed by DXA with ultrasonography. Additionally, any significant correlations were found between muscle mass indicators assessed by the three purposed methods with functional capacity (sit-to-stand and TUG tests). Furthermore, MQ estimated by anthropometry showed a significant correlation with MQ estimated by DXA and by ultrasonography, but a medium and significant correlation was observed between MQ estimated by DXA with MQ by ultrasonography. Finally, MQ estimated by DXA and by anthropometry presented weak but significant correlation with functional capacity, being the MQ by DXA with both tests (sit-to-stand and TUG) and MQ by anthropometry only with TUG test. However, any significant correlation was found between MQ estimated by ultrasonography with sit-to-stand and TUG tests.

Based on our findings, both methods (DXA, ultrasonography and anthropometry) seem can be usable for estimating muscle mass and MQ in older people due to significant relationship found between them for this purpose. However, the DXA seems to be the most effective and accurate method between the three purposed methods, due to significant correlations presented between MQ estimated by DXA with both functional capacity tests. In addition, there was no correlation between muscle mass estimated by the different methods (i.e., DXA, US and AN) with functional capacity, suggesting that muscle mass is not an explanatory factor for functional performance.



## References

- Abe, T., DeHoyos, D. V., Pollock, M. L., & Garzarella, L. (2000). Time course for strength and muscle thickness changes following upper and lower body resistance training in men and women. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, *81*(3), 174–180. <https://doi.org/10.1007/s004210050027>
- Abe, T., Thiebaud, R. S., Loenneke, J. P., & Young, K. C. (2015). Prediction and validation of DXA-derived appendicular lean soft tissue mass by ultrasound in older adults. *Age*, *37*(6), 114. <https://doi.org/10.1007/s11357-015-9853-2>
- Barbat-Artigas, S., Rolland, Y., Zamboni, M., & Aubertin-Leheudre, M. (2012). How to assess functional status: A new muscle quality index. *Journal of Nutrition, Health and Aging*, *16*(1), 67–77. <https://doi.org/10.1007/s12603-012-0004-5>
- Bilsborough, J. C., Greenway, K. G., Opar, D. A., Livingstone, S. G., Cordy, J. T., Bird, S. R., & Coutts, A. J. (2015). Comparison of anthropometry, upper-body strength and lower-body and characteristics in different levels of Australian football players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *29*(3), 826–834.
- Bobbert, M. F. (2001). Dependence of human squat jump performance on the series elastic compliance of the triceps surae: A simulation study. *Journal of Experimental Biology*, *204*(3), 533–542. <https://doi.org/10.1242/jeb.204.3.533>
- Bolanowski, M., & Nilsson, B. E. (2001). Assessment of human body composition using dual-energy x-ray absorptiometry and bioelectrical impedance analysis. *Medical Science Monitor*, *7*(5), 1029–1033.
- Cameron, J., McPhee, J. S., Jones, D. A., & Degens, H. (2020). Five-year longitudinal changes in thigh muscle mass of septuagenarian men and women assessed with DXA and MRI. *Aging Clinical and Experimental Research*, *32*(4), 617–624. <https://doi.org/10.1007/s40520-019-01248-w>
- Clark, B. C., & Manini, T. M. (2008). Sarcopenia  $\neq$  dynapenia. *The Journals of Gerontology. Series A, Biological Sciences and Medical Sciences*, *63*(8), 829–834. <https://doi.org/10.1093/gerona/63.8.829>
- Cohen, J. (1988). Set Correlation and Contingency Tables. *Applied Psychological*

- Measurement*, 12(4), 425–434. <https://doi.org/10.1177/014662168801200410>
- Evans W. J. (1995). What is sarcopenia?. *The journals of gerontology. Series A, Biological sciences and medical sciences*, 50 Spec No, 5–8.  
[https://doi.org/10.1093/gerona/50a.special\\_issue.5](https://doi.org/10.1093/gerona/50a.special_issue.5)
- Fernández Vieitez, J. A., Wilson, L. W., Alberto, J., & Cuesta, J. A. Á. (2001). Validez Del Método De Rolland-Cachera En La Estimación De Las Áreas Musculares Del Muslo Y La Pierna. *Rev Cubana Aliment Nutr*, 15(2), 109–114.
- Fragala, M. S., Fukuda, D. H., Stout, J. R., Townsend, J. R., Emerson, N. S., Boone, C. H., Beyer, K. S., Oliveira, L. P., & Hoffman, J. R. (2014). Muscle quality index improves with resistance exercise training in older adults. *Experimental Gerontology*, 53, 1–6. <https://doi.org/10.1016/j.exger.2014.01.027>
- Frisancho, A. R. (1981). New norms of upper limb fat and muscle areas for assessment of nutritional status. *American Journal of Clinical Nutrition*, 34(11), 2540–2545. <https://doi.org/10.1093/ajcn/34.11.2540>
- Goodpaster, B. H., Park, S. W., Harris, T. B., Kritchevsky, S. B., Nevitt, M., Schwartz, A. V., Simonsick, E. M., Tylavsky, F. A., Visser, M., & Newman, A. B. (2006). The loss of skeletal muscle strength, mass, and quality in older adults: The Health, Aging and Body Composition Study. *Journal of Gerontology - Series A Biological Sciences and Medical Sciences*, 61(10), 1059–1064.  
<https://doi.org/10.1093/gerona/61.10.1059>
- Heymsfield, S. B., Smith, R., Aulet, M., Bensen, B., Lichtman, S., Wang, J., & Pierson, R. N. (1990). Appendicular skeletal muscle mass: Measurement by dual-photon absorptiometry. *American Journal of Clinical Nutrition*, 52(2), 214–218. <https://doi.org/10.1093/ajcn/52.2.214>
- Heymsfield, S. B., Gonzalez, M. C., Lu, J., Jia, G., & Zheng, J. (2015). Skeletal muscle mass and quality: Evolution of modern measurement concepts in the context of sarcopenia. *Proceedings of the Nutrition Society*, 74(4), 1-12.  
<https://doi.org/10.1017/S0029665115000129>
- Ivey, F. M., Roth, S. M., Ferrell, R. E., Tracy, B. L., Lemmer, J. T., Hurlbut, D. E., Martel, G. F., Siegel, E. L., Fozard, J. L., Metter, E. J., Fleg, J. L., & Hurley, B. F.

- (2000). Effects of age, gender, and myostatin genotype on the hypertrophic response to heavy resistance strength training. *Journals of Gerontology - Series A Biological Sciences and Medical Sciences*, 55(11), M641–M648.  
<https://doi.org/10.1093/gerona/55.11.M641>
- Korhonen, M. T., Mero, A. A., Alln, M., Sipila, S., Hakkinen, K., Liikavainio, T., Viitasalo, J. T., Haverinen, M. T., & Suominen, H. (2009). Biomechanical and skeletal muscle determinants of maximum running speed with aging. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 41(4), 844–856.  
<https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3181998366>
- Kumagai, K., Abe, T., Brechue, W. F., Ryushi, T., Takano, S., & Mizuno, M. (2000). Sprint performance is related to muscle fascicle length in male 100-m sprinters. *Journal of Applied Physiology*, 88(3), 811–816.  
<https://doi.org/10.1152/jappl.2000.88.3.811>
- Lopez, P., Pinto, M. D., & Pinto, R. S. (2019). Does Rest Time before Ultrasonography Imaging Affect Quadriceps Femoris Muscle Thickness, Cross-Sectional Area and Echo Intensity Measurements? *Ultrasound in Medicine and Biology*, 45(2), 612–616. <https://doi.org/10.1016/j.ultrasmedbio.2018.10.010>
- Maffiuletti, N. A., Aagaard, P., Blazevich, A. J., Folland, J., Tillin, N., & Duchateau, J. (2016). Rate of force development: physiological and methodological considerations. In *European Journal of Applied Physiology*, 116(6), 1091–1116.  
<https://doi.org/10.1007/s00421-016-3346-6>
- Perini, T. A., Oliveira, G. L. De, Ornellas, J. S., & Oliveira, F. P. De. (2005). Antropometria - cálculo de erro da medida. *Revista Brasileira de Medicina Do Esporte*, 11(1), 81–85.
- Pinto, R. S., Correa, C. S., Radaelli, R., Cadore, E. L., Brown, L. E., & Bottaro, M. (2014). Short-term strength training improves muscle quality and functional capacity of elderly women. *Age*, 36(1), 365–372. <https://doi.org/10.1007/s11357-013-9567-2>
- Radaelli, R., Brusco, C. M., Lopez, P., Rech, A., Machado, C. L. F., Grazioli, R., Müller, D. C., Tufano, J. J., Cadore, E. L., & Pinto, R. S. (2019). Muscle quality

and functionality in older women improve similarly with muscle power training using one or three sets. *Experimental Gerontology*, 128(October), 1-7.

<https://doi.org/10.1016/j.exger.2019.110745>

Sahaly, R., Vandewalle, H., Driss, T., & Monod, H. (2001). Maximal voluntary force and rate of force development in humans - Importance of instruction. *European Journal of Applied Physiology*, 85(3–4), 345–350.

<https://doi.org/10.1007/s004210100451>

Sanada, K., Kearns, C. F., Midorikawa, T., & Abe, T. (2006). Prediction and validation of total and regional skeletal muscle mass by ultrasound in Japanese adults. *European Journal of Applied Physiology*, 96(1), 24–31.

<https://doi.org/10.1007/s00421-005-0061-0>

Strasser, E. M., Draskovits, T., Praschak, M., Quittan, M., & Graf, A. (2013). Association between ultrasound measurements of muscle thickness, pennation angle, echogenicity and skeletal muscle strength in the elderly. *Age*, 35(6), 2377–2388.

<https://doi.org/10.1007/s11357-013-9517-z>

Takai, Y., Ohta, M., Akagi, R., Kanehisa, H., Kawakami, Y., & Fukunaga, T. (2009). Sit-to-stand test to evaluate knee extensor muscle size and strength in the elderly: A novel approach. *Journal of Physiological Anthropology*, 28(3), 123–128.

<https://doi.org/10.2114/jpa2.28.123>

Takai, Y., Ohta, M., Akagi, R., Kato, E., Wakahara, T., Kawakami, Y., Fukunaga, T., & Kanehisa, H. (2013). Validity of ultrasound muscle thickness measurements for predicting leg skeletal muscle mass in healthy Japanese middle-aged and older individuals. *Journal of Physiological Anthropology*, 32(12), 1–5.

<https://doi.org/10.1186/1880-6805-32-12>

Thiebaud, R. S., Abe, T., Loenneke, J. P., Fujita, E., & Akamine, T. (2019). Body fat percentage assessment by ultrasound subcutaneous fat thickness measurements in middle-aged and older adults. *Clinical Nutrition*, 38(6), 2659–2667.

<https://doi.org/10.1016/j.clnu.2018.11.017>

Tracy, B. L., Ivey, F. M., Hurlbut, D., Martel, G. F., Lemmer, J. T., Siegel, E. L., Metter, E. J., Fozard, J. L., Fleg, J. L., & Hurley, B. F. (1999). Muscle quality. II.

Effects of strength training in 65- to 75-yr-old men and women. *Journal of Applied Physiology*, 86(1), 195–201. <https://doi.org/10.1152/jappl.1999.86.1.195>

Wang, J., Hu, Y., & Tian, G. (2018). Ultrasound measurements of gastrocnemius muscle thickness in older people with sarcopenia. *Clinical Interventions in Aging*, 13, 2193–2199. <https://doi.org/10.2147/CIA.S179445>

Wilhelm, E. N., Rech, A., Minozzo, F., Radaelli, R., Botton, C. E., & Pinto, R. S. (2014). Relationship between quadriceps femoris echo intensity, muscle power, and functional capacity of older men. *Age*, 36(3), 1113–1122. <https://doi.org/10.1007/s11357-014-9625-4>

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo teve como objetivos verificar a relação entre: a) os indicadores de massa muscular avaliados pela DXA, ultrassonografia e antropometria; b) destes indicadores com a capacidade funcional; c) a QM estimada por estes métodos e d) a QM estimada por estes métodos com a capacidade funcional em idosos. Os achados do presente estudo mostraram que o indicador de massa muscular avaliado pela antropometria apresentou uma forte e significativa correlação com a massa magra avaliada pela DXA e a espessura muscular avaliada pela ultrassonografia. No entanto, a massa magra avaliada pela DXA apresentou uma correlação de grau médio com a espessura muscular avaliada pela ultrassonografia. Adicionalmente, nenhum dos indicadores de massa muscular avaliados pelos métodos propostos apresentou significativa correlação com a capacidade funcional, em ambos os testes (sentar e levantar e TUG).

A QM estimada pela antropometria apresentou uma forte e significativa correlação com a QM estimada pela DXA e pela ultrassonografia. Entretanto, a QM estimada via ultrassonografia apresentou uma média e significativa correlação com a QM via DXA. Por fim, uma significativa correlação entre a QM estimada através da antropometria e da DXA com a capacidade funcional foi observada, sendo que a antropometria apresentou significativa correlação somente com o teste TUG e a DXA com ambos os testes, TUG e sentar e levantar. Os dados nos permitem sugerir que os três métodos (DXA, ultrassonografia e antropometria) podem ser utilizados para estimar a massa muscular e a qualidade muscular em idosos, sendo que o método antropométrico, em comparação à DXA e à ultrassonografia, parece ser uma alternativa de menor custo financeiro para este fim. Entretanto, a DXA parece ser o método mais efetivo e com maior acurácia entre os três métodos para estimar a massa muscular e a QM em idosos devido a melhor relação observada com ambos os testes de capacidade funcional e a maior região de massa muscular avaliada em comparação à ultrassonografia e à antropometria, sendo uma vantagem deste método.

O presente estudo explora o tema numa perspectiva experimental ainda pouco explorada na literatura científica e apresenta informações novas sobre o tema: A relação entre diferentes métodos para estimar a massa e a qualidade muscular em

idosos. Cabe ressaltar, que o presente estudo confirma os achados de estudos anteriores que sugerem que o conceito de sarcopenia envolve mais do que somente a redução da massa muscular, mas a associação entre o aumento da idade com a redução da potência, força e massa muscular. Neste sentido a dinapenia (i. e. redução da potência e força muscular) mostra-se mais acelerada do que a redução da massa muscular durante o envelhecimento. Assim, parece ser necessário um parâmetro melhor relacionado à redução da capacidade funcional durante o envelhecimento do que a redução da massa e da força muscular somente, ou seja, a QM. Dessa forma, o fácil e rápido acesso a estes parâmetros pode auxiliar profissionais da área da saúde na intervenção e tratamento dos males relacionados ao processo de envelhecimento. Adicionalmente, cabe ressaltar que no presente estudo os indicadores de massa muscular obtidos por cada método (massa magra (kg; DXA), espessura muscular (mm; ultrassonografia) e perímetro corrigido por dobra cutânea (cm; antropometria)) foram avaliados com medidas obtidas indiretamente (i. e. método indireto de avaliação), sem a utilização de equações para estimar a massa muscular (i. e. método duplamente indireto de avaliação), reduzindo os erros associados às equações (e. g. especificidade da amostra). Além do mais, no presente estudo, foi utilizado também um método de menor custo financeiro (i. e. antropometria). Ao nosso conhecimento, este é o primeiro estudo realizado nestas condições. Os resultados podem sustentar o uso de ambos os métodos para a estimativa da massa muscular e da qualidade muscular em idosos. Porém, não foi mensurada nenhuma variável indicativa da potência muscular, somente de força muscular. Deve-se ressaltar que parece haver uma maior redução da potência do que da força muscular durante o processo de envelhecimento. Assim, a utilização de variáveis indicativas da potência muscular para a estimativa da qualidade muscular poderia apresentar uma ainda maior relação entre a QM e a capacidade funcional em idosos.

No presente estudo foi utilizado somente o parâmetro de força dos músculos extensores de joelho e parece haver uma forte relação também dos músculos flexores plantares com a capacidade funcional. Ainda, o método de ultrassonografia apresenta uma desvantagem em relação à DXA e à antropometria, pois para avaliar o indicador de massa muscular avaliado por este método (i. e. espessura muscular do músculo quadríceps femoral), considerou-se somente a porção anterior da coxa, o músculo

quadríceps femoral, parecendo ser necessária a adição da espessura muscular dos músculos isquiotibiais, considerando dessa forma, ambas as porções da coxa, assim como nos outros métodos utilizados.



## 8. APÊNDICES

### Apêndice A – CARTAZ DE DIVULGAÇÃO



## CONVITE PARA PARTICIPAÇÃO EM ESTUDO

Pesquisa de Mestrado do PPG Ciências da Reabilitação seleciona\*:

**MULHERES E HOMENS, ENTRE 60 E 80 ANOS**

**Objetivo do estudo:** Avaliar o efeito do consumo de proteína e do treinamento de força na composição corporal, força muscular e capacidade funcional em idosos

**Local:** Escola de Educação Física, Fisioterapia e Dança da UFRGS  
(Rua Felizardo, 750 – Jardim Botânico)

**Interessados entrar em contato pelo telefone ou e-mail:**

Simone Bach (51) 981492211

[simonebach@gmail.com](mailto:simonebach@gmail.com)

\* A participação é voluntária e gratuita

## Apêndice B - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Você está sendo convidado a participar de uma pesquisa e, caso aceite, este termo de consentimento lhe dará informações sobre o estudo. Pedimos que você leia com atenção este termo para que entenda o objetivo do estudo e o seu envolvimento como voluntário. Caso haja qualquer dificuldade para leitura o termo poderá ser lido pelo pesquisador para você, ou também poderá ser disponibilizado em letra maior. Caso você queira mais detalhes ou informações não incluídas, sinta-se à vontade para perguntar. Deixamos claro que você pode retirar o seu consentimento em participar da pesquisa, a qualquer momento, sem que isto lhe cause qualquer tipo de prejuízo.

O objetivo deste estudo é avaliar o efeito do consumo de proteína e do treinamento de força na composição corporal, força muscular e capacidade funcional em idosos.

Todas as avaliações e testes serão realizados no Laboratório de Pesquisa do Exercício (LAPEX) na Escola de Educação Física, Fisioterapia e Dança (ESEFID) da UFRGS em horários previamente combinados. O treinamento de força será realizado no Centro Olímpico na ESEFID.

No primeiro encontro (duração ~ 60 min) será feita uma familiarização com os testes e exercícios que serão realizados ao longo do estudo, ou seja, você irá conhecer os equipamentos e saber o que terá de fazer. Também queremos saber um pouco da sua alimentação no dia-a-dia, para isso você precisará anotar tudo o que comer durante 3 dias (lhe forneceremos folhas para isso e explicaremos como anotar). Além disso, você será convidado a responder um questionário sobre qualidade de vida. No segundo encontro (duração ~ 60 min) serão realizados os testes de força (realizar alguns exercícios com as pernas e os braços, fazendo movimentos de dobrar e esticar) e de capacidade funcional (sentar e levantar de uma cadeira, caminhar por alguns poucos metros, e subir uma escada com 10 degraus). No terceiro encontro (duração ~ 40 min) será realizada a avaliação da composição corporal (você só terá de ficar +- 10 min deitado em uma mesa de exame e aguardar que o equipamento chamado "DEXA" faça um escaneamento de todo seu corpo, como se fosse uma "fotografia" do seu corpo internamente). Também será avaliada a grossura do músculo da sua coxa e braço. Neste dia você deverá devolver as folhas preenchidas com sua alimentação (aquelas entregues no primeiro encontro).

Depois de passar por estas avaliações será iniciado o programa orientado de treinamento de força. Cada sessão de exercício terá duração de 1 hora e você deverá fazer esses exercícios 2 vezes por semana, por um período de 12 semanas (até completar 24 sessões de exercício). As sessões de treinamento de força serão compostas por 8 exercícios que incluem membros superiores e inferiores. Além dos exercícios, durante o estudo você receberá e deverá ingerir, diariamente, 2 vezes por dia (no café da manhã e no jantar) durante as 12 semanas de treinamento, uma porção de 20g de um suplemento alimentar. Este suplemento poderá ser rico em proteína ou em carboidrato, conforme o grupo que você vier a participar. Esta definição de grupo será realizada na forma de sorteio. Uma vez por mês, durante o período do estudo, você irá responder questões referentes a sua alimentação, relatando tudo o que foi consumido no dia anterior. Quando completar as 24 sessões de exercício serão repetidas todas as avaliações e testes realizados antes do treinamento.

Os benefícios para os participantes consistem em: (1) a participação de um programa de treinamento de força de forma orientada e (2) os resultados das suas avaliações. Ao final do estudo você será convidado a assistir uma palestra onde serão apresentados os resultados encontrados na pesquisa (resultados do grupo como um todo, sem identificação dos participantes), onde será informado se os suplementos auxiliaram na melhora da composição corporal, força muscular e capacidade funcional, o que poderá ser bastante útil para a promoção de um envelhecimento saudável.

Os riscos à sua saúde são considerados mínimos, e podem estar relacionados a mínima exposição de raios X emitida pelo aparelho DEXA. Também existe riscos mínimos relacionados à sensação de dor ou desconforto nos músculos exercitados até 24h a 48h após a realização do exercício, mas isto é uma resposta natural ao exercício e já é esperada. Como o treinamento será elaborado para que a sua evolução seja gradual, não é esperado que você sinta nenhuma dor incapacitante. Mas caso a sensação de dor lhe atrapalhe nas atividades diárias de sentar e levantar você irá receber orientação sobre alguns exercícios de alongamento para auxiliar na recuperação e/ou uso de gelo para controle da dor. Lembramos que a qualquer momento você pode entrar em contato com os pesquisadores para pedir auxílio ou informações. Serão garantidos acompanhamento e assistência durante a pesquisa, e inclusive após a mesma, caso seja identificado qualquer dano comprovadamente decorrente da pesquisa. Os suplementos de proteína e carboidrato são nutrientes que todos nós ingerimos diariamente, e, portanto, não é esperado nenhum desconforto ou mal-estar após sua ingestão. A porção do suplemento de proteína equivale a quantidade de proteína encontrada em 1 bife pequeno de aproximadamente 70g, e a porção de carboidrato equivale à quantidade de carboidrato encontrada em 1 banana grande. Mas de qualquer forma, caso sinta qualquer desconforto após ingerir a suplementação, por favor entre em contato com os pesquisadores.

É importante destacar que você não terá gastos financeiros para participar deste estudo, mas caso ocorra qualquer gasto, comprovadamente relacionado com a pesquisa, você será ressarcido pelos pesquisadores. Da mesma forma, não haverá remuneração financeira pela sua participação como voluntário. Caso haja qualquer prejuízo comprovadamente decorrente desta pesquisa, haverá garantia de indenização pelos pesquisadores. Os pesquisadores garantem manutenção de sigilo e privacidade de suas informações durante todas as fases do estudo. Serão divulgados apenas os resultados médios dos grupos por meio de publicações científicas em congressos e/ou revistas especializadas, sendo que o nome dos participantes será mantido em absoluto sigilo. Além disso, os dados obtidos na pesquisa não serão utilizados para outros fins além dos previstos neste termo.

A assinatura deste termo de consentimento, em duas vias, indica que você entendeu todas as informações sobre a sua participação neste projeto e você concorda em participar como voluntário. Uma das vias permanece com você e a outra fica com o pesquisador. De forma alguma, esse consentimento lhe faz renunciar aos seus direitos legais, e nem libera os investigadores ou instituição envolvida de suas responsabilidades pessoais e/ou profissionais. Se tiver qualquer dúvida referente a assuntos relacionados com esta pesquisa, favor contatar o pesquisador responsável no telefone indicado a seguir, ou a aluna de mestrado Simone de Azevedo Bach pelo telefone (51) 98149-2211, ou ainda o Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre.

---

**Dados de Identificação do Pesquisador Responsável:**Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Cláudia Dornelles Schneider

Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre (UFCSPA)

Rua Sarmiento Leite, 245 - Departamento de Nutrição – Porto Alegre, RS.

Telefone: (51) 3303-8830 e-mail: claudias@ufcspa.edu.br

---

**Endereço do Comitê de Ética em Pesquisa da UFCSPA:**

Rua Sarmiento Leite, 245 – Porto Alegre, RS

Telefone: (51) 3303-8804 e-mail: cep@ufcspa.edu.br

---

Nome do Participante: \_\_\_\_\_

Assinatura do Participante: \_\_\_\_\_

Assinatura do Pesquisador: \_\_\_\_\_

Porto Alegre, \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 20\_\_\_\_\_