

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE EDUCAÇÃO FÍSICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO *STRICTO SENSU* EM EDUCAÇÃO FÍSICA

JUSCÉLIA CRISTINA PEREIRA

**VALORES NORMATIVOS DE FORÇA ISOCINÉTICA DOS
EXTENSORES DO JOELHO EM MULHERES IDOSAS**

Brasília

2018

JUSCÉLIA CRISTINA PEREIRA

**VALORES NORMATIVOS DE FORÇA ISOCINÉTICA DOS
EXTENSORES DO JOELHO EM MULHERES IDOSAS**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Educação Física da Universidade de Brasília como requisito parcial para obtenção do Título de Doutora em Educação Física.

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Moreno Lima

Brasília

2018

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela vida e pela oportunidade de realizar meus grandes sonhos.

À minha família: meus pais, José e Icléia e à minha irmã Jussana que sempre me apoiaram, incentivaram e entenderam as ocasiões que precisei abdicar de momentos em família para cumprir meu objetivo. Muitíssimo obrigada por tudo que fizeram e fazem por mim, amo vocês!

Ao Renan que esteve junto comigo, em todos os momentos, acalmando-me nas fases mais difíceis desta jornada e vibrando junto comigo a cada conquista. Obrigada pelo carinho, compreensão e amor que você tem comigo! Amo-o cada dia mais!

Aos meus amigos de Paracatu, Viçosa e Formiga pelo apoio, carinho e energias positivas.

Ao meu orientador, Professor Dr. Ricardo Moreno, que me deu oportunidade de participar do Grupo de Estudos em Fisiologia do Exercício e Saúde – GEFS – e pela confiança depositada e paciência durante todo o processo. Levarei comigo um verdadeiro exemplo de profissional e de ser humano.

Aos meus colegas do GEFS, por todo o companheirismo, minha profunda gratidão!

Às voluntárias do estudo, pelo carinho indescritível.

Ao Programa de Pós-graduação em Educação Física da Universidade de Brasília, por possibilitar esta formação.

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro, Campus Paracatu, por terem possibilitado minha dedicação exclusiva ao doutorado e viabilizado a realização deste sonho.

E a todos aqueles que contribuíram, direta ou indiretamente, para que eu chegasse ao fim de mais uma etapa de minha formação. Muito obrigada!

RESUMO

OBJETIVOS: Fornecer valores normativos da força isocinética dos extensores do joelho em mulheres idosas e verificar a implicação funcional da classificação proposta. Além disso, desenvolver e validar uma equação para a predição de valores de referência da força isocinética. **MÉTODOS:** Foi avaliado um total de 500 mulheres idosas com idade entre 60 e 84 anos ($67,51 \pm 5,70$ anos). A força dos extensores do joelho foi avaliada pelo pico de torque (PT) isocinético absoluto e relativo à massa corporal, utilizando o dinamômetro isocinético *Biodex System* na velocidade de $60^\circ/s$. O desempenho funcional foi avaliado pelo teste de sentar e levantar cinco vezes (*Five Times Sit to Stand- FTSTS*) e *Timed Up & Go* (TUG). As participantes foram categorizadas em cinco faixas etárias (60-64; 65-69; 70-74; 75-79; 80-84), e os percentis 20, 40, 60 e 80 foram identificados e empregados como pontos de corte para fins de classificação da força isocinética. A comparação do desempenho funcional entre os níveis de classificação foi efetuada por meio dos testes ANOVA *one-way* e Qui-quadrado. Adicionalmente, foi investigada a acurácia das equações de Neder et al. (1999) e Gross et al. (1989). A equação de referência, proposta pelo presente estudo, foi desenvolvida por meio de regressão linear múltipla do tipo *backward*. Para as comparações das médias do PT mensurados com os preditos pelas equações de referência, foi utilizado o teste *t-Student* pareado. O percentual do predito foi calculado para cada equação (PT medido / PT de referência * 100). Foi ainda utilizado o método de *Bland-Altman*, para avaliar a concordância entre os valores observados e esperados, de acordo com as equações de referência. **RESULTADOS:** Como esperado, a força isocinética dos extensores do joelho diminuiu significativamente com o avanço da idade. Idosas classificadas nos estratos inferiores de força isocinética exibiram desempenho reduzido nos testes funcionais ($p < 0,05$). As equações de Neder et al. (1999) e Gross et al. (1989) superestimaram significativamente os valores de PT (ambos $p < 0,001$) e apresentaram viés médio de 6,79 Nm e 6,75 Nm, respectivamente. Relativamente a essas equações, a equação desenvolvida pelo presente estudo PT (Nm): $39,72 - [1,24 \times \text{idade (anos)}] + [0,44 \times \text{massa corporal (kg)}] + [69,70 \times \text{estatura (m)}]$ apresentou erro médio significativamente menor (aproximadamente 40%). **CONCLUSÕES:** O desempenho funcional se mostrou reduzido entre as idosas classificadas nos estratos inferiores de força do quadríceps, indicando potencial

aplicação desses valores em ambientes clínicos e de pesquisa. Além disso, as equações de referência (Neder et al. e Gross et al.) não são adequadas para mulheres idosas; a equação desenvolvida no presente estudo apresentou erro médio consideravelmente menor e, portanto, com valores de referência mais adequados.

Palavras-chave: Idosos. Pico de torque. Quadríceps. Avaliação isocinética. Valores de referência.

ABSTRACT

OBJECTIVES: To provide normative values of knee extensors isokinetic strength for older women and verify the functional implication of the proposed classification. We also aimed at developing and validating an equation to individually predict reference values of isokinetic strength. **METHODS:** A total of 500 women with age ranging from 60 to 84 years (67.51 ± 5.70 years) took part in this project. Knee extensors strength was measured using an isokinetic dynamometer (Biodex system) at the speed of $60^\circ/\text{s}$; peak torque (PT) was expressed in absolute values and relative to body weight. The Timed Up and Go and the 5 times Sit-to-Stand test were used for functional performance evaluation. Participants were categorized into age groups of five years range (60-64, 65-69, 70-74, 75-79, 80-84) and the 20th, 40th, 60th, and 80th percentiles were used as cutting points to classify the isokinetic strength. We used the one-way ANOVA and Chi-Square tests to compare the functional performance between the classification levels. Additionally, the accuracy of the equations developed by Neder et al. (1999) and Gross et al. (1989) were investigated. The reference equation was developed using backward multiple linear regression. Paired Student's t test was used to compare measured PT with those predicted by the reference equations. The percentage of the predicted was calculated for each equation ($\text{measured PT}/\text{reference PT} \times 100$). The Bland-Altman method evaluated the agreement between the values observed and expected according to the reference equations. **RESULTS:** As expected, the knee extensors isokinetic strength significantly decreased with age. Volunteers classified in the lower isokinetic strength strata showed reduced performance in the functional tests (both $p < 0.05$). The equations described by Neder et al. (1999) and Gross et al. (1989) significantly overestimated measured PT values (both $p < 0.001$), with mean bias of 6.79 Nm and 6.75 Nm, respectively. Regarding these equations, the equation developed in this study $\text{PT (Nm)}: 39.72 - [1.24 \times \text{age (years)}] + [0.44 \times \text{body mass (kg)}] + [69.70 \times \text{stature (m)}]$ presented significantly lower mean error (approximately 40%). **CONCLUSIONS:** Reduced physical function was observed among individuals classified in the lower percentile groups, indicating a potential application in preventive and therapeutic settings. Furthermore, available reference equations (Neder et al. and Gross et al.) are not suitable for older women; the equation

developed in the present study provided considerably lower average error and thus with more suitable reference values in this population.

Keywords: Elderly. Peak torque. Quadriceps. Isokinetic evaluation. Reference values.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Percentual da população total com idade de 60 anos ou mais em 2015. Fonte: OMS, 2015.	20
Figura 2. Estimativa percentual da população total com idade de 60 anos ou mais em 2050. Fonte: OMS, 2015.	21
Figura 3. Período exigido ou esperado para a percentagem da população acima de 60 anos aumentar de 10 para 20%. Fonte: OMS, 2015.	22
Figura 4. Idosos residentes no Distrito Federal segundo sua naturalidade. Fonte: CODEPLAN, 2013.	23
Figura 5. Pirâmide populacional do Distrito Federal em 2010.	24
Figura 6. Imagens de Ressonância Magnética da coxa de adultos (A: 24 anos) e de idosos (B: 65 anos). Fonte: Jubrias et al. (1997).	26
Figura 7. Esquema dos fatores que contribuem para a sarcopenia. Fonte: Doherty (2003).	28
Figura 8. Representação do remodelamento das unidades motoras com o envelhecimento. Fonte: Hepple e Rice (2016).	30
Figura 9. Relação entre níveis de androgênio e o desenvolvimento de sarcopenia. Fonte: Basualto-Alarcon et al. (2014).	31
Figura 10. Declínio da força dos extensores do joelho e massa muscular da perna com o envelhecimento. Fonte: Ferrucci et al. (2012).	35
Figura 11. Diminuição da força dos extensores do joelho com o avanço da idade em indivíduos de ambos os sexos. Fonte: Dennison et al. (2017).	36
Figura 12. Taxa de mortalidade por todas as causas (A) e associadas ao câncer (B) de acordo com os tercis de força muscular. Fonte: Ruiz et al. (2008).	37
Figura 13. Proporção de indivíduos com dificuldades em executar tarefas da vida diária e limitações funcionais de acordo com tercis da força de preensão manual. Fonte: Rantanen et al. (1999).	38
Figura 14. Registro fotográfico do dinamômetro isocinético.	40
Figura 15. Fluxograma de recrutamento e seleção amostral.	50

Figura 16. Registro fotográfico da aplicação dos questionários.	51
Figura 17. Registro fotográfico de uma voluntária durante a avaliação pelo DEXA.	53
Figura 18. Registro fotográfico de uma voluntária durante a avaliação isocinética da força dos extensores do joelho do membro dominante.	55
Figura 19. Registro fotográfico de uma voluntária durante a execução do teste <i>Timed Up and Go</i>	56
Figura 20. Registro fotográfico de uma voluntária durante o teste FTSTS.	57
Figura 21. Boxplot da força isocinética dos extensores do joelho em valores absolutos (Nm) (A) e relativos à massa corporal (Nm / kg) (B), estratificados por faixa etária.	62
Figura 22. Valores médios do teste TUG estratificados por níveis de classificação da força isocinética dos extensores do joelho.	65
Figura 23. Desempenho no teste FTSTS estratificado por níveis de classificação da força isocinética dos extensores do joelho.	66
Figura 24. Plot de <i>Bland Altman</i> entre os valores de PT (Nm) mensurados e preditos pelas equações de Neder et al. (1999), Gross et al. (1989) e Pereira et al. (2018) em 390 idosas.	70
Figura 25. Plot de <i>Bland Altman</i> entre os valores de PT (Nm) mensurados e preditos pela equação de Pereira et al. (2018) em uma amostra independente (n=110).	72

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Informações das amostras, do equipamento isocinético, do protocolo do teste empregado e de que modo os valores de referência da força dos extensores do joelho foram apresentados.....	43
Tabela 2. Características descritivas da amostra (n=453). Dados expressos em média \pm desvio-padrão.....	60
Tabela 3. Características descritivas da amostra (n=453). Dados expressos em frequência absoluta e relativa.....	61
Tabela 4. Classificação da força isocinética dos extensores do joelho para mulheres idosas, estratificadas por faixa etária. Dados expressos em valores absolutos (Nm).	63
Tabela 5. Classificação da força isocinética dos extensores do joelho para mulheres idosas, estratificadas por faixa etária. Dados expressos em relação à massa corporal (Nm / kg).....	64
Tabela 6. Características dos grupos desenvolvimento e validação da equação de referência desenvolvida neste estudo. Dados expressos em média \pm desvio-padrão	67
Tabela 7. Regressão linear simples de variáveis associadas ao pico de torque dos extensores do joelho.	67
Tabela 8. Modelo final de regressão linear múltipla de variáveis associadas ao pico de torque dos extensores do joelho.	68
Tabela 9. Valores de PT (Nm) mensurados e preditos em valores absolutos, e percentuais do PT predito por cada uma das três equações, estratificadas por faixa etária (n=390). Dados expressos em média \pm desvio-padrão.	69
Tabela 10. Valores absolutos de PT (Nm) mensurados e preditos pela equação de Pereira et al. (2018) e percentual do PT predito em uma amostra independente (n= 110), estratificados por faixa etária. Dados expressos em média \pm desvio-padrão...	71

LISTA ABREVIATURAS E SIGLAS

ANOVA: Análise de variância

DEXA: Absortometria de raio-x de dupla energia

FTSTS: Five Times Sit to Stand

GEFS: Grupo de Estudos em Fisiologia do Exercício e Saúde

HC: Hormônio do crescimento

HR: *Hazard ratio*

IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IC: Intervalo de confiança

IGF-1: Fator de crescimento semelhante à insulina tipo 1

IMC: Índice de massa corporal

Nm: Newton-metro

OMS: Organização Mundial de Saúde

ONU: Organização das Nações Unidas

OR: *Odds ratio*

TUG: *Timed Up and Go*

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	16
2 OBJETIVOS	19
2.1 GERAL.....	19
2.2 ESPECÍFICOS	19
3 REVISÃO DE LITERATURA	20
3.1 DADOS EPIDEMIOLÓGICOS DO ENVELHECIMENTO	20
3.2 ENVELHECIMENTO E SISTEMA MUSCULAR.....	24
3.2.1 Sarcopenia.....	27
3.2.3 Consequências da sarcopenia.....	33
3.3 ENVELHECIMENTO E FORÇA MUSCULAR	34
3.3.1 Avaliação da força muscular em idosos.....	38
3.3.2 Dinamometria isocinética	39
3.3.3 Valores de referência para a força dos extensores do joelho	42
4 MATERIAIS E MÉTODOS	49
4.1 DELINEAMENTO DO ESTUDO.....	49
4.2 AMOSTRA	49
4.2.1 Avaliação do nível de atividade física	51
4.2.2 Avaliação da função cognitiva	52
4.2.3 Avaliação da independência funcional.....	52
4.3 ANTROPOMETRIA E COMPOSIÇÃO CORPORAL.....	52
4.4 AVALIAÇÃO DA FORÇA ISOCINÉTICA DOS EXTENSORES DO JOELHO.....	54
4.5 AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO FUNCIONAL	55
4.5.1 <i>Timed Up and Go</i>	55
4.5.2 <i>Five Times Sit to Stand</i>	56
4.6 SELEÇÃO DAS EQUAÇÕES DE REFERÊNCIA DISPONÍVEIS NA LITERATURA.....	57

4.7 CUIDADOS ÉTICOS.....	58
4.8 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	58
5 RESULTADOS.....	60
5.1 VALORES NORMATIVOS DE FORÇA ISOCINÉTICA DOS EXTENSORES DO JOELHO.....	60
5.2 DESENVOLVIMENTO E VALIDAÇÃO DA EQUAÇÃO DE REFERÊNCIA PARA FORÇA ISOCINÉTICA DOS EXTENSORES DO JOELHO	66
6 DISCUSSÃO	73
6.1 VALORES NORMATIVOS DE FORÇA ISOCINÉTICA DOS EXTENSORES DO JOELHO.....	73
6.2 DESENVOLVIMENTO E VALIDAÇÃO DA EQUAÇÃO DE REFERÊNCIA PARA FORÇA ISOCINÉTICA DOS EXTENSORES DO JOELHO	75
6.3 PONTOS FORTES E LIMITAÇÕES	76
7 CONCLUSÕES	77
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	78
ANEXOS	87
ANEXO A – ANAMNESE	87
ANEXO B – Questionário Internacional de Atividade Física - Versão Curta.....	90
ANEXO D – Escala de Katz	93
ANEXO E– Parecer do Comitê de Ética em Pesquisa.....	94
ANEXO F – Parecer do Comitê de Ética em Pesquisa	94
ANEXO G – Artigo publicado- <i>Journal of Geriatric Physical Therapy</i>	96
ANEXO I – Artigo publicado- <i>Journal of Applied Biomechanics</i>	103
ANEXO J – Artigo publicado- <i>European Journal of Physiotherapy</i>	105
ANEXO K – Artigo publicado - Revista Brasileira de Cineantropometria Humana	106
ANEXO L – Artigo submetido para publicação (Junho 2018) - <i>Aging Clinical and Experimental Research</i>	107

ANEXO M – Artigo submetido para publicação (Abril 2018) - <i>Topics in Geriatric Rehabilitation</i>	130
ANEXO N – Resumo apresentado no International Conference on Frailty & Sarcopenia Research, 2018, Miami. <i>The Journal of Frailty & Aging</i> , 2018.	155
ANEXO O - Resumo apresentado no International Conference on Frailty & Sarcopenia Research, 2018, Miami. <i>The Journal of Frailty & Aging</i> , 2018.	156
ANEXO P - Resumo apresentado no <i>64th Annual Meeting of the American College of Sports Medicine, Medicine & Science in Sports & Exercise</i> , Board #136, 2017.	157
ANEXO Q – Resumo apresentado no <i>64th Annual Meeting of the American College of Sports Medicine, Denver. Medicine & Science in Sports & Exercise</i> , Board #123, 2017.....	158
ANEXO R – Resumo apresentado no 39º Simpósio Internacional de Ciências do Esporte, São Paulo, 2016.	159

1 INTRODUÇÃO

O envelhecimento populacional é um fenômeno mundial. O Brasil segue a mesma tendência e essa realidade pode ser expressa em números: em 1960, 3,3 milhões de brasileiros tinham 60 anos ou mais e representavam 4,7% da população; em 2010, este valor subiu para 10,8%, correspondendo a 20,6 milhões de idosos (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, 2010); e, em 2060, segundo estimativas, subirá para 33,7%, mais de um terço da população será de idosos (IBGE, 2013). Associado a esse fenômeno, é possível observar uma condição denominada feminização da velhice, a qual se caracteriza por maior longevidade das mulheres em relação aos homens e por sua maior representatividade (LEBRÃO, 2007).

Um dos sistemas orgânicos afetados com o envelhecimento é o musculoesquelético (BROOK et al., 2016). Com o avançar da idade, observa-se uma perda progressiva de massa livre de gordura, particularmente de massa muscular esquelética (CHENG et al., 2014; NILWIK et al., 2013). Em 1989, Rosembeg se referiu a esse fenômeno como sarcopenia (em grego, *sark* = carne e *penia* = perda). Atualmente, a interpretação de sarcopenia evoluiu para destacar a força muscular e a capacidade funcional (CRUZ-JENTOFT et al., 2010). A sarcopenia acomete boa parte da população idosa em diversos países do mundo (ZHANG et al., 2018). No Brasil, uma recente meta-análise avaliou idosos com idade acima de 60 anos de todas as regiões do país e demonstrou uma prevalência de 17%, sendo as mulheres com maiores valores de acometimento comparado aos homens (20% e 12%, respectivamente) (DIZ et al., 2017). O estudo de Ethgen et al. (2017) sugere, ainda, que, durante os próximos 30 anos, o número de idosos sarcopênicos aumentará significativamente. Em 2016, existiam cerca de 19 milhões de pessoas acima de 65 anos identificadas com sarcopenia e, em 2045, segundo estimativas, subirá para 32 milhões.

A força muscular é um pivô no desenvolvimento da sarcopenia e atinge seu pico por volta dos 30 anos e inicia-se então um declínio progressivo após a quinta década, acentuando-se depois dos 70 anos (DANNESKIOLD-SAMSOE et al., 2009; LEYVA; BALACHANDRAN; SIGNORILE, 2016). Nota-se que mudanças da força muscular com o envelhecimento são mais comuns em mulheres do que em homens (CAWTHON et al., 2009; CHARLIER et al., 2016; DANNESKIOLD-SAMSOE et al.,

2009; HARBO; BRINCK; ANDERSEN, 2012) e mais prevalentes nos membros inferiores que superiores (FRONTERA et al., 2000; HUGHES et al., 2001; NOGUEIRA et al., 2013). Desta forma, a avaliação da força muscular constitui, atualmente, um papel importante nas rotinas clínicas e científicas relacionadas à geriatria e gerontologia.

A fraqueza muscular, principalmente dos extensores do joelho, representa um importante fator de risco para quedas em idosos (DING; YANG, 2016; SIERI; BERETTA, 2004; WANG et al., 2016). Ademais, baixos valores de força do quadríceps têm sido associados com maior número de hospitalizações (CAWTHON et al., 2009), declínio do desempenho funcional (GADELHA, A.B. et al., 2014; PISCIOTTANO et al., 2014) e mortalidade (KIM et al., 2014; LOPRINZI, 2016). Sendo assim, a manutenção da força dos extensores do joelho, em níveis adequados, é um importante fator na redução de desfechos negativos, e a avaliação isocinética vem sendo cada vez mais utilizada e enfatizada em idosos, tanto em pesquisas como em práticas clínicas, pois constitui um método preciso na mensuração da função muscular (BOTTARO; RUSSO; DE OLIVEIRA, 2005; DING; YANG, 2016; FRAGALA et al., 2016).

A interpretação dos resultados do teste isocinético deve ser feita por comparação com valores de referência e, por essa razão, conhecer os valores de cada população específica possibilita aos profissionais discriminar aqueles indivíduos que se encontram dentro de um intervalo considerado adequado e aqueles que apresentam força inferior ao que seria esperado de acordo com sexo e faixa etária (HARBO et al., 2012; NEDER et al., 1999). Tais conhecimentos são fundamentais para profissionais da área de saúde, pois impactam significativamente no processo de tomada de decisão clínica, como, por exemplo, nas estratégias que visem ao aprimoramento dessa qualidade física (ALANGARI; AL-HAZZAA, 2004; DANNESKIOLD-SAMSOE et al., 2009; HOLM et al., 2008; ZVIJAC et al., 2014).

Normalmente, valores de referência são apresentados como média e desvio-padrão e, mais precisamente, por equações pela técnica de regressão linear múltipla, resultantes de uma amostra representativa de indivíduos saudáveis. Vários estudos estabeleceram valores de normalidade para a força dos extensores do joelho para a faixa etária adulta, mas incluindo sujeitos com idades entre 15 e 80 anos (DANNESKIOLD-SAMSOE et al., 2009; GROSS et al., 1989; HARBO; BRINCK; ANDERSEN, 2012; LEYVA; BALACHANDRAN; SIGNORILE, 2016;

NEDER et al., 1999; PHILLIPS; SING; MASTAGLIAC, 2000). Assim, embora incluíssem indivíduos idosos, esses representavam apenas uma pequena parcela das amostras. Além disto, ao derivar uma única equação para um intervalo etário tão amplo, pode-se levar a um significativo erro de interpretação clínica, sobretudo para população idosa.

Portanto as equações de referência da força do quadríceps disponíveis para aplicação em indivíduos idosos são as mesmas utilizadas para adultos, em geral, derivadas de estudos cujas amostras populacionais incluem variação etária muito grande. Não é claro se as alterações fisiológicas do envelhecimento muscular estão adequadamente expressas nessas equações ou se deveríamos utilizar equações específicas para essa faixa etária. Neste contexto, torna-se pertinente a verificação da acurácia dessas equações em indivíduos idosos, bem como o desenvolvimento de uma equação voltada especialmente para essa população.

Cabe salientar que alguns estudos não apresentaram equações de referência, porém exibiram valores normativos como média e desvio-padrão. No entanto seria interessante a utilização de percentis, uma medida estatística que reflete em que posição se coloca o sujeito em relação à distribuição normal do que se está a avaliar, servindo tanto para analisar o indivíduo num dado momento como sua evolução. Somente o estudo de Phillips et al. (2000) exibiram pontos percentílicos para a força dos extensores do joelho, no entanto envolveram apenas 20 idosas com idades entre 60 e 69 anos. Nesse sentido, o objetivo do presente estudo foi estabelecer valores normativos de força isocinética dos extensores do joelho empregando percentis como pontos de corte a partir de uma amostra grande de idosas e com ampla faixa etária e, ainda, verificar a implicação funcional da classificação proposta.

2 OBJETIVOS

2.1 GERAL

- Estabelecer valores normativos de força isocinética dos extensores do joelho em mulheres idosas.

2.2 ESPECÍFICOS

- Elaborar uma classificação da força isocinética dos extensores do joelho para mulheres idosas.

- Comparar o desempenho funcional de mulheres idosas estratificadas de acordo os níveis de classificação da força isocinética dos extensores do joelho.

- Verificar a acurácia das equações de referência disponíveis na literatura para força isocinética dos extensores do joelho em mulheres idosas.

- Desenvolver e validar uma equação de referência para força isocinética dos extensores do joelho em mulheres idosas.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 DADOS EPIDEMIOLÓGICOS DO ENVELHECIMENTO

O envelhecimento populacional tem se apresentado como um fenômeno mundial. Conceitualmente, pode ser definido como uma mudança na estrutura etária da população que resulta em uma maior proporção de idosos em relação ao conjunto da população, decorrente da redução nas taxas de fertilidade e do acréscimo da longevidade (HARPER, 2014).

Dados da Organização das Nações Unidas – ONU (2017) evidenciam claramente esse fenômeno: em 2017, existiam 963 milhões de pessoas com 60 anos ou mais, representando 13% da população mundial. Esse público está crescendo a uma taxa de 3% ao ano. Estima-se que, em 2030, terá 1,4 bilhões de idosos e 2,1 bilhões, em 2050, podendo subir para 3,1 bilhões em 2100.

As Figuras 1 e 2 ilustram o percentual de idosos em diferentes regiões do mundo em 2015 e a projeção para 2050, respectivamente.

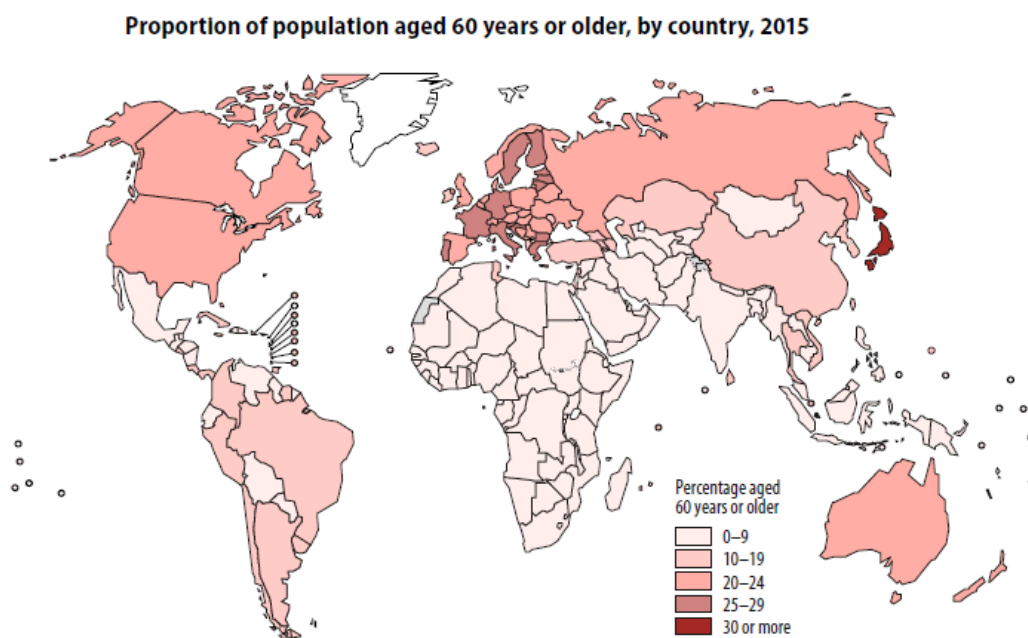


Figura 1. Percentual da população total com idade de 60 anos ou mais em 2015.
Fonte: OMS, 2015.

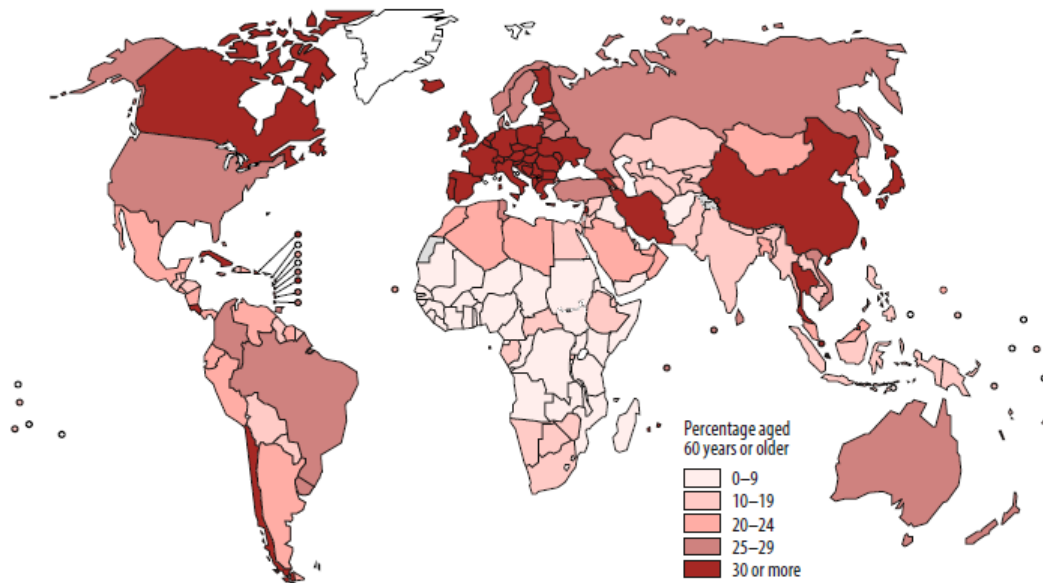


Figura 2. Estimativa percentual da população total com idade de 60 anos ou mais em 2050. Fonte: OMS, 2015.

Ao analisar as Figuras 1 e 2, observa-se que, em 2015, apenas o Japão excedeu a proporção de 30% da população com idade acima de 60 anos. Entretanto, na metade do século, muitos países terão uma proporção semelhante ao do país asiático, os quais incluem países da Europa e América do Norte, além de Chile, China, Federação Russa, República da Coreia, Tailândia, Irã e Vietname.

Atualmente, em muitos países, a velocidade com que se processam as mudanças demográficas tem sido muito mais rápida quando comparada à do passado (Figura 3). A França, por exemplo, levou mais de 150 anos para se ajustar a uma mudança de 10% para 20%, na proporção da população acima de 60 anos, mas países como Brasil, China e Índia terão pouco mais de 20 anos para realizar a mesma adaptação (OMS, 2015). Essa mudança na estrutura etária acarretará grandes dificuldades ao estado para lidar com o novo perfil populacional, pois o ritmo acelerado dessas alterações não está sendo acompanhado por conquistas sociais, tais como distribuição de renda e saúde de qualidade para o idoso (HARPER, 2014).

Period required or expected for the percentage of the population aged 60 years and older to rise from 10% to 20%

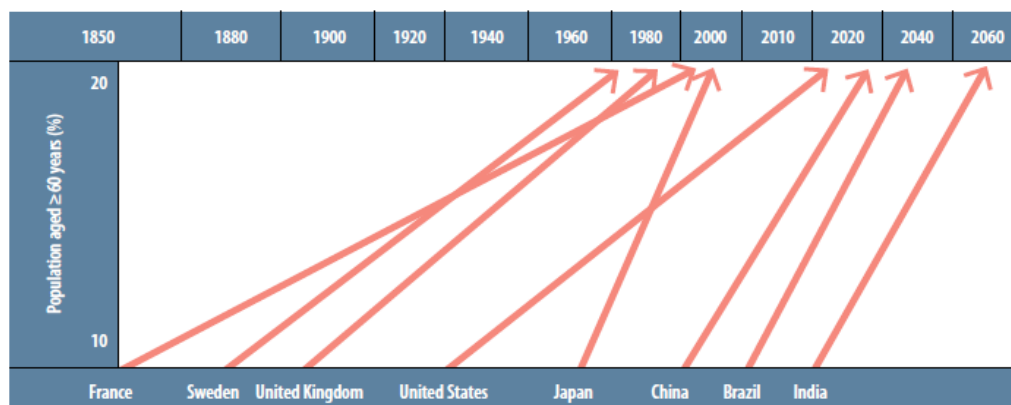


Figura 3. Período exigido ou esperado para a percentagem da população acima de 60 anos aumentar de 10 para 20%. Fonte: OMS, 2015.

O Brasil é um país que envelhece a passos largos. Segundo dados do IBGE, em 1960, 3,3 milhões de brasileiros tinham 60 anos ou mais e representavam 4,7% da população; em 2010, este valor subiu para 10,8%, correspondendo a 20,6 milhões de idosos (IBGE, 2010); e, em 2060, segundo estimativas, subirá para 33,7%, mais de um terço da população será de idosos (IBGE, 2013). Aditivamente, o grupo de pessoas com 60 anos ou mais será maior que o grupo de crianças com até 14 anos, após 2030, e de crianças e jovens com até 29 anos em 2055 (IBGE, 2013).

Analisando a população idosa, nas diferentes regiões do país, observa-se que o Sul e o Sudeste apresentam a maior porcentagem desse público, concentrados, principalmente, no Estado do Rio Grande do Sul e na Região metropolitana do Rio de Janeiro, alcançando 16,6% e 16,7%, respectivamente, enquanto, no Norte do país, proporcionalmente, a situação é diferente. Os estados do Amapá e do Amazonas têm o menor índice de pessoas acima de 60 anos, apenas 6,5% e 7,3% da população total desses territórios, respectivamente (IBGE, 2013a).

No Distrito Federal, em 2010, a população idosa representava 7,69% da população total, equivalente a 197.613 pessoas com 60 anos de idade ou mais. Dentre os idosos, 59,73% são pessoas de 60 a 69 anos, 28,82% têm de 70 a 79 anos e 11,45% têm 80 anos ou mais (IBGE, 2010). É interessante destacar que a Capital da República tem pouco mais de 50 anos de existência, portanto os idosos naturais do Distrito Federal resumem-se àqueles que aqui já residiam, quando o quadrilátero pertencia aos municípios de Planaltina, Luziânia e Formosa. Dessa forma, em 2011, correspondiam apenas 0,3% do total, visto que 99,7% eram

oriundos dos 26 estados e do exterior. Como mostrado na Figura 4, pouco mais da metade dos idosos migrantes são provenientes da Região Nordeste (50,6%), seguidos dos nascidos na Região Sudeste (32%). Os originários da Região Centro-Oeste são 11,6%; da Região Sul são 3,0% e da Região Norte são 2,1% (CODEPLAN, 2013).

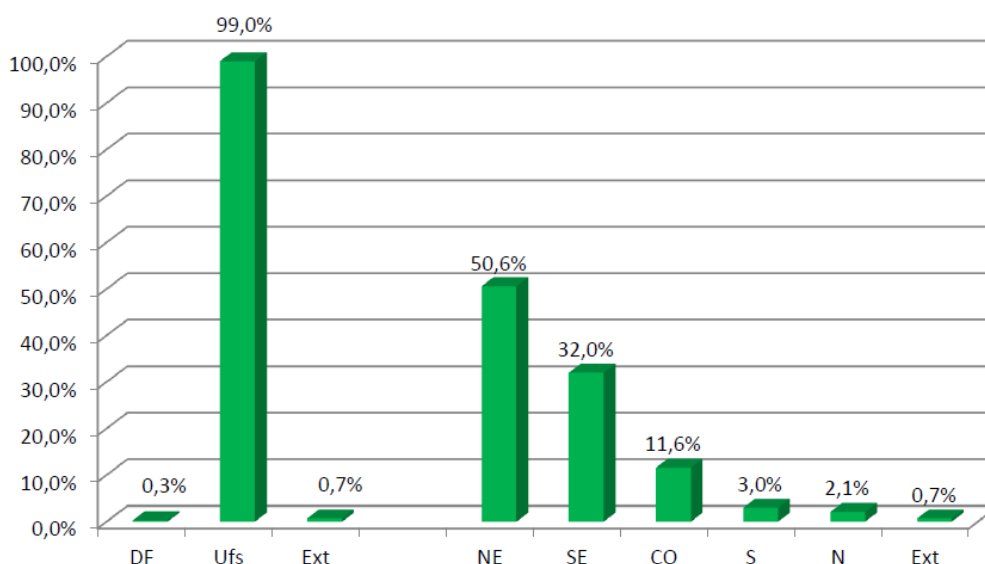


Figura 4. Idosos residentes no Distrito Federal segundo sua naturalidade. Fonte: CODEPLAN, 2013.

Um aspecto de expressiva relevância relacionado ao envelhecimento populacional é denominado feminização da velhice, a qual se caracteriza por maior longevidade das mulheres em relação aos homens e por sua maior representatividade (LEBRÃO, 2007). De acordo com a OMS (2015), a expectativa de vida da população mundial é de 69 anos para os homens e de 73 para as mulheres. No Brasil, os números alcançam 78,5 anos para as mulheres e 71,2 anos entre os homens. Quanto à representatividade, elas correspondem a 55,7% da população idosa, situação semelhante encontrada no Distrito Federal (57%) (IBGE, 2010;2013b). A Figura 5 mostra a pirâmide etária da população do Distrito Federal em 2010. Nota-se que, em grupos etários mais avançados, as mulheres representam mais do que o dobro da população masculina (IBGE, 2010).

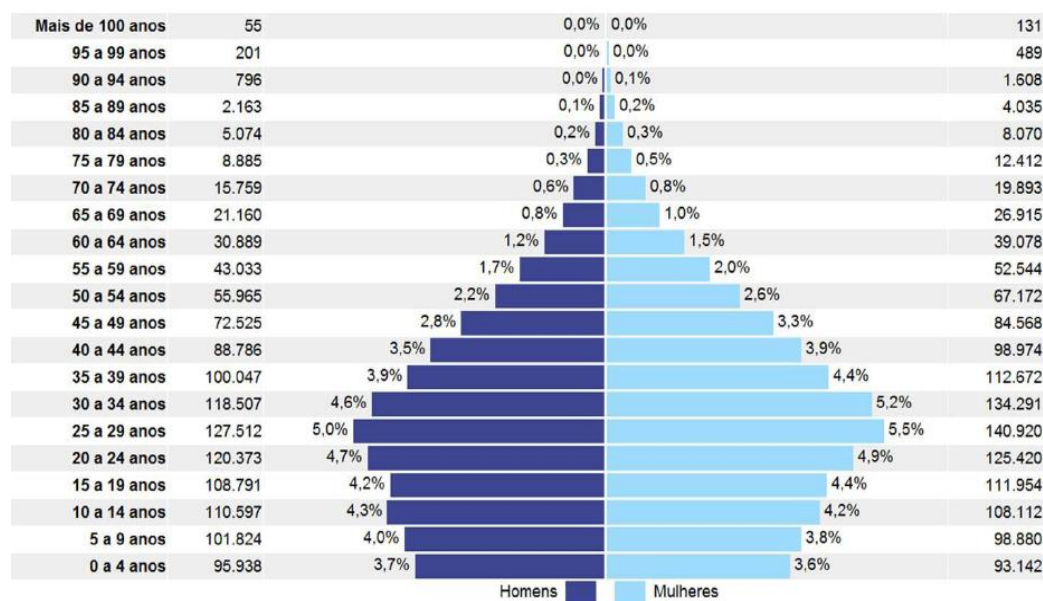


Figura 5. Pirâmide populacional do Distrito Federal em 2010.

Cabe salientar que a maior longevidade da população repercute num aumento da prevalência de doenças crônicas não transmissíveis, as quais se prolongam por vários anos e exigem cuidados constantes, medicação contínua e exames periódicos. Dessa forma, o envelhecimento populacional gera uma grande demanda de serviços sobre os sistemas públicos de saúde e previdência, que ocasionará, por sua vez, um aumento em gastos com cuidados médicos e internações hospitalares (HARPER, 2014).

Assim, reconhecer as modificações decorrentes do envelhecimento propicia um melhor entendimento da biologia da população idosa, possibilitando a implementação de intervenções preventivas, o que contribui para redução de gastos públicos e, também, proporciona uma melhor qualidade de vida à população.

3.2 ENVELHECIMENTO E SISTEMA MUSCULAR

Um dos sistemas orgânicos afetados com o envelhecimento é o musculoesquelético, o qual é envolvido em importantes funções corporais, tais como capacidade de executar movimentos, contração muscular, locomoção e realização das atividades da vida diária (BROOK et al., 2016). De fato, uma

alteração que vem sendo cada vez mais reconhecida em ter importantes consequências entre os idosos é a perda de massa livre de gordura, particularmente, de massa muscular esquelética.

Estudos mostraram redução significativa do tecido muscular com o envelhecimento. Cheng et al. (2014) avaliaram a massa muscular apendicular de 1766 homens e 1778 mulheres (18 a 96 anos). Foram encontrados valores máximos na faixa etária de 21 a 30 anos em ambos os sexos (homens: $16,15 \pm 1,93$ kg e mulheres: $23,78 \pm 3,50$ kg). Ademais, quando comparado com os valores máximos, a massa muscular apendicular nos grupos etários de 71 a 80, 81 a 90 e acima de 90 anos diminuiu 8,54, 15,73 e 15,11% nas mulheres e 15,71, 21,08 e 24,53 % nos homens, respectivamente. Trombetti et al. (2016) acompanharam por três anos indivíduos com idade média de $74,1 \pm 3,7$ anos e verificaram que a área de secção transversa da coxa sofreu redução de, aproximadamente, 3%.

Sugere-se que esse declínio na massa muscular é decorrente da atrofia seletiva das fibras musculares do tipo II. Em um estudo clássico de Lexell, Taylor e Sjostrom (1988), foi observada diminuição de 26% no tamanho das fibras musculares do tipo II do vasto lateral entre os indivíduos de 20 e 80 anos. Ainda em relação à morfologia do músculo esquelético, Nilwik et al. (2013) avaliaram as diferenças entre o músculo do vasto lateral de homens jovens e idosos. Por meio de técnicas histoquímicas, as amostras de biópsias musculares foram analisadas e apresentaram algumas diferenças entre os grupos. O tamanho da fibra muscular do tipo II foi substancialmente inferior (29%) nos sujeitos idosos quando comparado aos jovens (5050 ± 198 vs. $7136 \pm 309 \mu\text{m}^2$). Além disso, a distribuição do tipo de fibra diferiu entre os grupos, com um percentual ligeiramente menor de fibras do tipo II nos homens mais velhos em comparação com os jovens (46 ± 3 vs. $56 \pm 3\%$), assim como o percentual de área ocupada pelas fibras musculares do tipo II (43 ± 3 vs. $58 \pm 3\%$ da área muscular, respectivamente). Notou-se, ainda, que o número de fibras do vasto lateral não divergiu entre os grupos (jovens: $119 \pm 4 \cdot 10^4$ e idosos: $127 \pm 3 \cdot 10^4$).

Acrescentam-se também mudanças na qualidade do músculo decorrente da infiltração de tecido conjuntivo e adiposo na estrutura muscular (JUBRIAS et al., 1997). O aumento de gordura intramuscular, mioesteatose, está associado à redução da força muscular e conseqüente prejuízo no desempenho funcional (VISSER et al., 2005) e comprometimento metabólico (BANG et al., 2016). Em

estudo longitudinal, conduzido em 3075 idosos (70-79 anos), Visser et al. (2005) investigaram se o acúmulo de gordura intramuscular estaria relacionado a um declínio na mobilidade. Ao longo do período de *follow-up* de 2,5 anos, observou-se que a mioesteatose associou-se a um risco maior de limitações na mobilidade tanto em homens (*hazard ratio*, HR= 2,16; intervalo de confiança, IC 95% 1,48-3,14) quanto em mulheres (HR = 1,98; IC 95% 1,43-2,76). Adicionalmente, o acúmulo de gordura intramuscular foi significativamente associado ao número de fatores de risco da síndrome metabólica em adultos japoneses de meia-idade e idosos, independente da idade, sexo, índice de massa corporal, atividade física diária, consumo de energia, área transversal da musculatura coxa e tecido adiposo visceral (BANG et al., 2016). Assim, faz-se necessário investigar métodos para prevenir o acúmulo de tecido adiposo dentro do tecido muscular.

A Figura 6 representa imagens de ressonância magnética da coxa de indivíduos adultos e idosos.

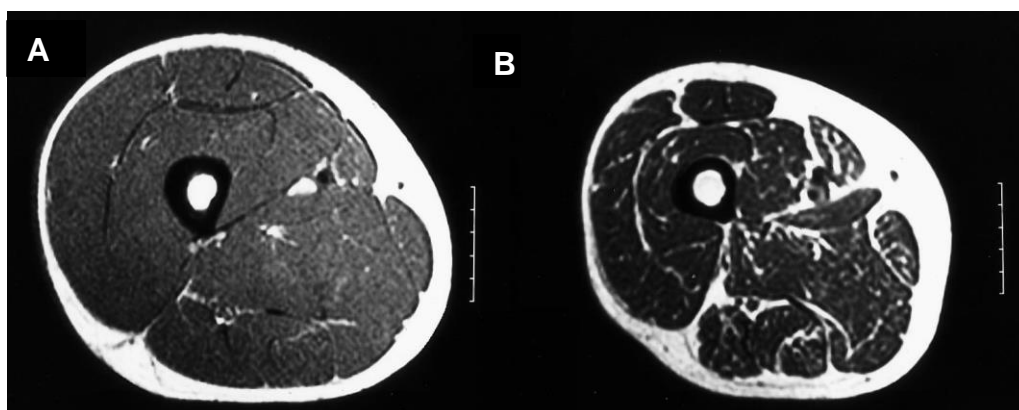


Figura 6. Imagens de Ressonância Magnética da coxa de adultos (A: 24 anos) e de idosos (B: 65 anos) ilustram menor área de secção transversa, maior infiltração de gordura intramuscular e camada mais grossa de tecido adiposo subcutâneo em indivíduos mais velhos. Fonte: Jubrias et al. (1997).

Assim, a diminuição da massa muscular é uma das modificações da composição corporal que estão intimamente relacionadas ao envelhecimento, ou seja, com o avanço da idade é natural que haja perda de massa muscular magra e um aumento de massa gorda. No entanto, se essas modificações estiverem associadas à perda de força muscular e/ou funcionalidade, pode-se caracterizar como um processo patológico, conhecido como sarcopenia (CRUZ-JENTOFT et al., 2010).

3.2.1 Sarcopenia

A sarcopenia (em grego, *sark* = carne e *penia* = perda) foi descrita inicialmente em 1989, por Rosemberg, como uma redução da massa muscular global, que ocorre ao longo do envelhecimento (CRUZ-JENTOFT et al., 2010).

Atualmente, a interpretação de sarcopenia evoluiu para destacar a força muscular e o desempenho funcional. O consenso publicado no ano de 2010 pelo grupo de estudo *European Working Group on Sarcopenia* sugere três classificações diferentes para a sarcopenia: o idoso que apresenta apenas redução da massa muscular é considerado pré-sarcopênico; quando existe associação entre baixa massa muscular e força muscular ou piora do desempenho, classifica-se como sarcopênico; e a conjunção das três variáveis ocorre em indivíduos com sarcopenia severa (CRUZ-JENTOFT et al., 2010).

A sarcopenia é um problema que acomete os indivíduos ao longo do envelhecimento. Uma recente meta-análise realizada com 31.515 idosos de diversos países com idade superior a 60 anos, revelou que a prevalência de sarcopenia variou de 4,3 a 31,9%, diagnóstico baseado nos critérios estabelecidos pelo *European Working Group on Sarcopenia* (ZHANG et al., 2018). No Brasil, a prevalência foi de 17%, visto que mulheres mostraram maiores valores que homens (20% e 12%, respectivamente) (DIZ et al., 2017). Em países europeus, Ethgen et al. (2017) sugerem que, durante os próximos 30 anos, o número de idosos sarcopênicos aumentará significativamente. Em 2016, existiam cerca de 19 milhões de pessoas acima de 65 anos identificadas com sarcopenia; e, em 2045, segundo estimativas, subirá para 32 milhões. Evidentemente, trata-se de uma patologia com prevalência crescente e com grandes repercussões em termos de saúde pública e, portanto faz-se necessário entender a sua etiologia, uma vez que envolvem múltiplos e inter-relacionados fatores, como mostrado na Figura 7.

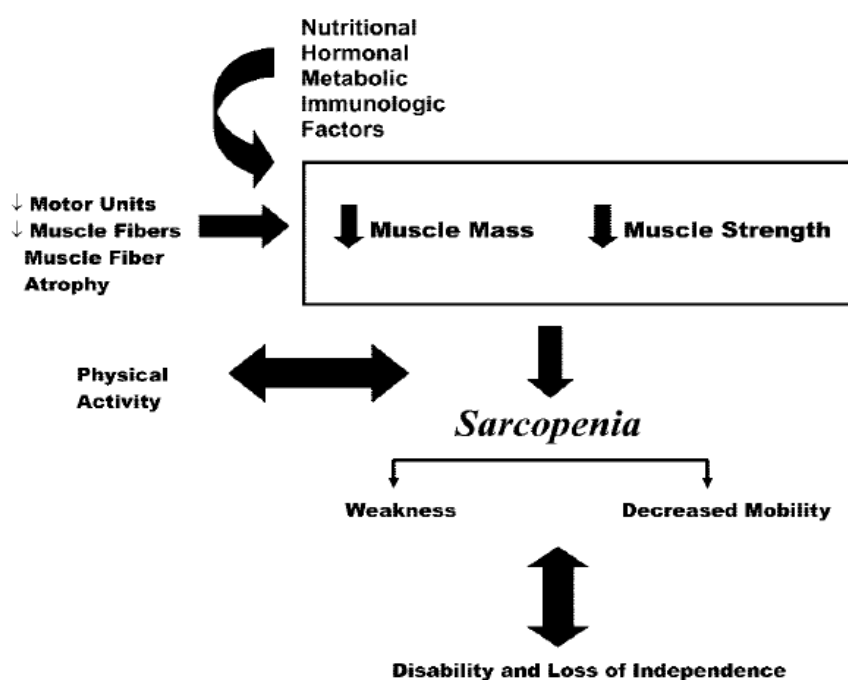


Figura 7. Esquema dos fatores que contribuem para a sarcopenia. Fonte: Doherty (2003).

3.2.2 Etiologia

A função neuromuscular sofre modificações durante o processo de envelhecimento, podendo contribuir para o desenvolvimento da sarcopenia. Dentre elas, a denervação dos motoneurônios e o remodelamento das unidades motoras (HEPPLE; RICE, 2016).

Um fator que contribui para o declínio do número de fibras musculares e redução da massa muscular é a perda de motoneurônios com o envelhecimento. Essa perda foi relatada tanto em estudos envolvendo humanos (PIASECKI et al., 2016) quanto em animais (ROWAN et al., 2012). Em revisão de literatura, Piasecki et al. (2016) apontam que, por volta dos 71 anos, idosos saudáveis apresentam apenas 60% do número de motoneurônios de indivíduos jovens e de meia-idade. O estudo de Rowan et al. (2012), por sua vez, também verificou diferenças na quantidade de motoneurônios, conforme a idade, observando um declínio de 27% entre ratos jovens (8 a 12 meses) e senescentes (36 meses).

A perda de motoneurônios provoca o remodelamento das unidades motoras, por meio do processo denominado denervação-reinervação, o qual influencia a

forma como as fibras musculares são recrutadas (HEPPLE; RICE, 2016). A diminuição das fibras musculares do tipo II, verificada em indivíduos idosos, pode estar associada à perda da inervação dessas fibras e posterior reinervação dessas mesmas fibras musculares por brotamento colateral de axônios de fibras do tipo I (PIASECKI et al., 2016). Assim, essas fibras reinervadas passariam a apresentar características fisiológicas e bioquímicas das fibras de contração lenta, prejudicando a capacidade do indivíduo de realizar tarefas que exijam contrações musculares rápidas. Somado a isto, Hepple e Rice (2016) sugerem que o processo de atrofia muscular é acentuado após os 75 anos de idade, quando a reinervação não consegue acompanhar a denervação, visto que algumas fibras não são mais reinervadas pelos motoneurônios nem do tipo I e nem do tipo II, resultando em menor produção de força muscular.

A Figura 8 apresenta o remodelamento das unidades motoras com envelhecimento.

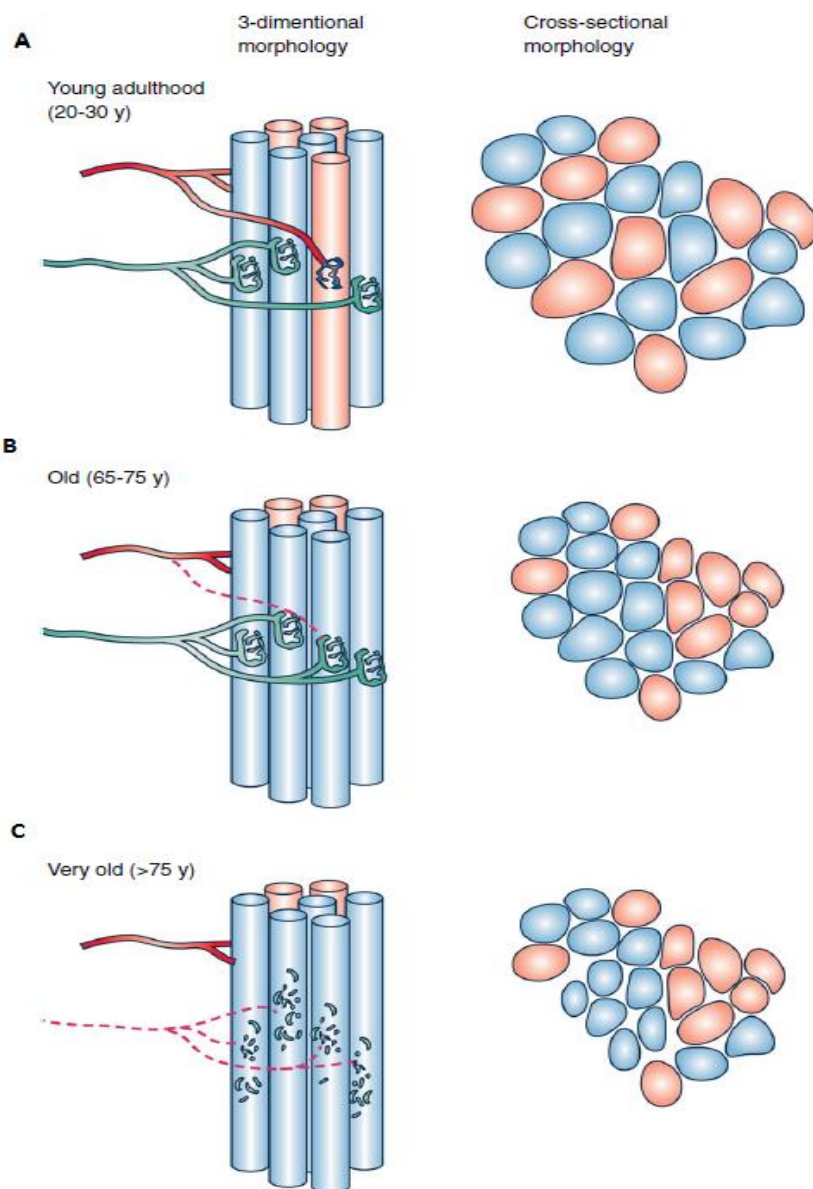


Figura 8. Representação do remodelamento das unidades motoras com o envelhecimento. A = No adulto jovem, é caracterizado por uma mistura de fibras pertencentes a diferentes unidades motoras. B = Nos idosos (65-75 anos) caracteriza-se pela reinervação das fibras musculares rápidas pelo brotamento colateral de axônio de fibras do tipo I. C = Na idade avançada (> 75 anos), o processo de atrofia é acentuado, pois o processo de denervação supera a reinervação. Fonte: Hepple e Rice (2016).

Para além da degradação do sistema muscular e nervoso decorrente do processo de envelhecimento, prejuízos na função muscular também se relacionam com as alterações hormonais (BASUALTO-ALARCON et al., 2014; VITALE; CESARI; MARI, 2016).

Níveis séricos de testosterona diminuem 1% ao ano, a partir de 30 a 40 anos nos homens e, em mulheres, seus níveis caem rapidamente entre 20 e 45 anos de idade (VITALE et al., 2016). Esse declínio decorrente da idade é considerado uma

das causas da perda de massa e força muscular, sendo um fator extrínseco para a sarcopenia (BASUALTO-ALARCON et al., 2014). De fato, a testosterona é o principal hormônio anabólico capaz de aumentar a síntese proteica e promover a regeneração muscular via ativação de células satélites (VITALE et al., 2016).

Ainda relacionado aos esteroides sexuais, acredita-se, também, que a transição da menopausa e subsequente queda dos níveis de estrógenos influenciam a perda de massa e força muscular que acompanha o envelhecimento feminino (VITALE et al., 2016). Há dados que demonstram correlação entre concentração sanguínea de estrógenos, estrona e estradiol, com a massa muscular em mulheres com idades entre 64 e 93 anos (IANNUZZI-SUCICH; PRESTWOOD; KENNY, 2002). Embora não seja completamente conhecida essa relação com o avanço da idade, vale destacar que a associação entre redução de estrógenos circulantes e aumento de citocinas pró-inflamatórias, tais como o fator de necrose tumoral alfa e interleucina 6, as quais estimulam a degradação e diminuem a síntese proteica, parece explicar parte do papel dos esteroides sexuais femininos no desenvolvimento da sarcopenia (VITALE et al., 2016).

A Figura 9 mostra a relação entre níveis de androgênio e o desenvolvimento de sarcopenia.

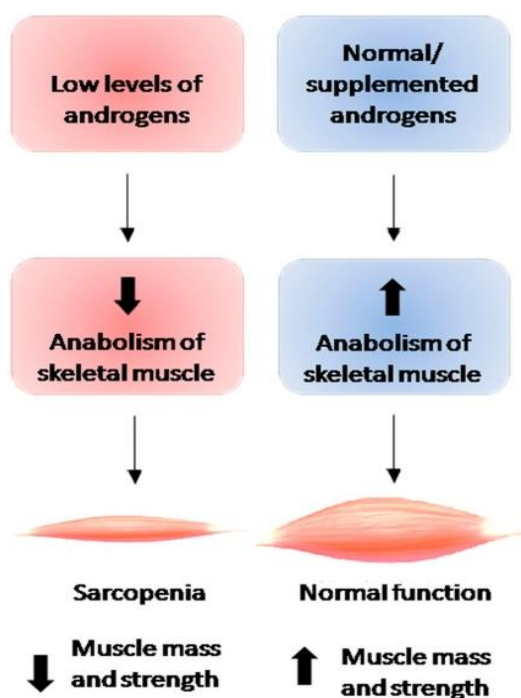


Figura 9. Relação entre níveis de androgênio e o desenvolvimento de sarcopenia. Fonte: Basualto-Alarcon et al. (2014).

Além dos hormônios sexuais, níveis circulantes do hormônio do crescimento (HC) e do fator de crescimento semelhante à insulina tipo 1 (IGF-1) também reduzem com a idade. As ações promotoras de crescimento do HC sobre o tecido muscular são mediadas pelo IGF-1, que é o mediador primário do crescimento e reparação muscular, estimulando a proliferação de células satélites e síntese de proteína muscular (EVANS et al., 2010). Portanto, redução da atividade do sistema HC/IGF-1 contribui para a atrofia muscular, podendo desencadear a sarcopenia. Um recente estudo prospectivo realizado por Gielen et al. (2015) mostrou que baixos níveis séricos de IGF-1 foram correlacionados com uma maior diminuição na velocidade da marcha em homens com idade ≥ 70 anos.

A inatividade física é outro fator importante a contribuir para o desenvolvimento da sarcopenia. A prática de exercícios físicos, especialmente o treinamento de resistência, tem sido apontado como o método de intervenção mais eficaz para prevenir ou recuperar a perda de massa e força muscular. Kamen e Knight (2004) mostraram aumento de 49% na frequência de disparo das unidades motoras após o treinamento de resistência progressivo de alta intensidade com duração de seis semanas em indivíduos idosos. Além disso, o treinamento de 24 semanas induziu a hipertrofia muscular, com efeitos positivos na área de secção transversa da coxa em idosos com mobilidade reduzida (CHALE et al., 2013). Recentemente, dados de uma meta-análise sugerem que tanto o treinamento resistido de moderada ($\sim 45\%$ de uma repetição máxima) quanto de alta intensidade ($\sim 80\%$ de uma repetição máxima) induziram aumentos significativos na força muscular em sujeitos mais velhos (CSAPO; ALEGRE, 2016). Desta maneira, treinamento com resistência se apresenta como uma importante alternativa para minimizar os efeitos da idade no sistema muscular.

Além de fatores endócrinos e diminuição do nível de atividade física, o envelhecimento está também associado à redução da ingestão alimentar com consequente decréscimo do aporte proteico e calórico, ocasionando a diminuição de peso (DENNISON; SAYER; COOPER, 2017). Múltiplos mecanismos levam a esse declínio, tais como perda de apetite, redução do paladar e olfato, saúde oral prejudicada e saciedade precoce (MORLEY, 2001). A relação entre a ingestão proteica e a manutenção da massa muscular foi demonstrada após três anos de acompanhamento, sendo que os idosos que apresentaram maior consumo proteico tiveram menor redução de massa muscular apendicular (HOUSTON et al., 2008).

3.2.3 Consequências da sarcopenia

Como discutido anteriormente, o envelhecimento leva a uma série de modificações fisiológicas inevitáveis sobre o sistema muscular. Essas, por sua vez, poderão causar perda de capacidade funcional, que pode ser definida como a capacidade para realizar atividades da vida diária de forma segura, independente e sem gasto energético exagerado para aquela tarefa, o que causaria fadiga precoce e impediria a realização dessas atividades de forma satisfatória (DOHERTY, 2003; MANINI; CLARK, 2012).

A redução da capacidade funcional é um dos principais efeitos do processo de envelhecimento e pode levar o idoso à completa perda de autonomia (MANINI; CLARK, 2012). Atividades simples como caminhar, levantar-se, ir ao banheiro, carregar objetos, tomar banho, alimentar-se e, até mesmo, vestir-se podem se tornar impraticáveis devido aos baixos níveis de força muscular (RANTANEN et al., 1999).

A ocorrência de quedas, na população idosa, constitui um importante problema de saúde pública. Estima-se que, aproximadamente, 27,6% dos idosos brasileiros caem pelo menos uma vez ao ano, episódio ainda mais frequente entre as mulheres (PINHEIRO et al., 2010; SIQUEIRA et al., 2011). As quedas são a principal causa de morte acidental nessa população e, quando não são fatais, podem resultar em lesões de menor ou maior complexidade que levam à restrição de atividades da vida diária, perda de independência funcional e aumento de gastos com internação hospitalar e reabilitação (VERMA et al., 2016).

A fraqueza muscular, principalmente dos membros inferiores, representa um importante fator de risco para quedas em idosos (DING; YANG, 2016; MORELAND et al., 2004). Dados de uma meta-análise apontam que, para a fraqueza desses membros, o *odds ratio* (OR) combinado é de 1,76 (IC 95% 1,31-2,37), para a ocorrência de quedas e de 3,06 (IC 95% 1,86-5,04) para quedas recorrentes. Quanto à fraqueza de membros superiores, o OR é de 1,53 (IC 95% 1,01-2,32) e de 1,41 (IC 95% 1,25-1,59), para quedas e para quedas recorrentes, respectivamente (MORELAND et al., 2004). Corroborando esse pressuposto, Ding e Yang (2016) verificaram que idosos caidores apresentaram valores inferiores de força isométrica do joelho comparados com seus pares não caidores (extensores: 1,10 vs. 1,44 Nm/kg e flexores: 0,93 vs. 1,13 Nm/kg, respectivamente). Teoricamente, a fraqueza muscular estaria relacionada a um maior risco de quedas por dificultar a execução

de estratégias de ajustes posturais após uma oscilação corporal (DING; YANG, 2016).

No que tange à massa muscular, isoladamente, essa medida não tem se mostrada como importante preditora de desfechos negativos em idosos (PISCIOTTANO et al., 2014; HAYASHIDA et al., 2014; KIM et al., 2016). Pisciotano et al. (2014) analisaram a relação da massa muscular apendicular e força muscular dos membros inferiores com testes funcionais em 100 mulheres idosas com idade superior a 65 anos. A massa muscular apendicular foi avaliada pela densitometria por dupla emissão de raios-X (DEXA), e a força dos extensores e flexores de joelho por um dinamômetro isocinético. Os testes funcionais utilizados foram: *Timed Up and Go* (TUG), *Dynamic Gait Index* e Escala de Equilíbrio de Berg. Observou-se que apenas a força muscular foi significativamente relacionada com o desempenho nos testes funcionais. De maneira similar, Hayashida et al. (2014) também notaram que somente a força dos extensores do joelho associou-se significativamente com a velocidade máxima da marcha (11 metros) em idosos japoneses residentes em comunidade (≥ 65 anos). Mais recentemente, Kim et al. (2016) verificaram que a força muscular foi o melhor indicador para predizer mortalidade e baixo desempenho físico, ao longo de cinco anos, comparado à massa muscular em indivíduos idosos. Desse modo, manter ou ganhar força muscular parece ser importante na manutenção da habilidade funcional.

3.3 ENVELHECIMENTO E FORÇA MUSCULAR

É válido esclarecer que a força muscular declina mais rapidamente do que a massa muscular. Em estudo longitudinal, conduzido em 1880 idosos (70-79 anos) que foram acompanhados por três anos, Goodspater et al. (2006) observaram redução anual de força muscular de 3,4% para homens brancos, 4,1% para homens negros, 2,6% para mulheres brancas e 3,0% para mulheres negras, sendo essas perdas três vezes maiores do que a taxa de perda de massa muscular na região da coxa (aproximadamente, 1% ao ano). Também no estudo conduzido por Delmonico et al. (2009), observou-se decréscimo de força de 2 a 5 vezes maior do que a perda de massa muscular após cinco anos de intervenção. Sendo assim, estes achados apontam que reduções de massa não explicam totalmente a redução da força muscular, além de sugerirem que a diminuição da força decorrente do

envelhecimento parece estar associada a outros prejuízos morfológicos e neurais que interferem na capacidade de gerar força (MANINI; CLARK, 2012).

A Figura 10 mostra que o declínio na força dos extensores do joelho é substancialmente maior do que a massa muscular da perna ao longo do envelhecimento.

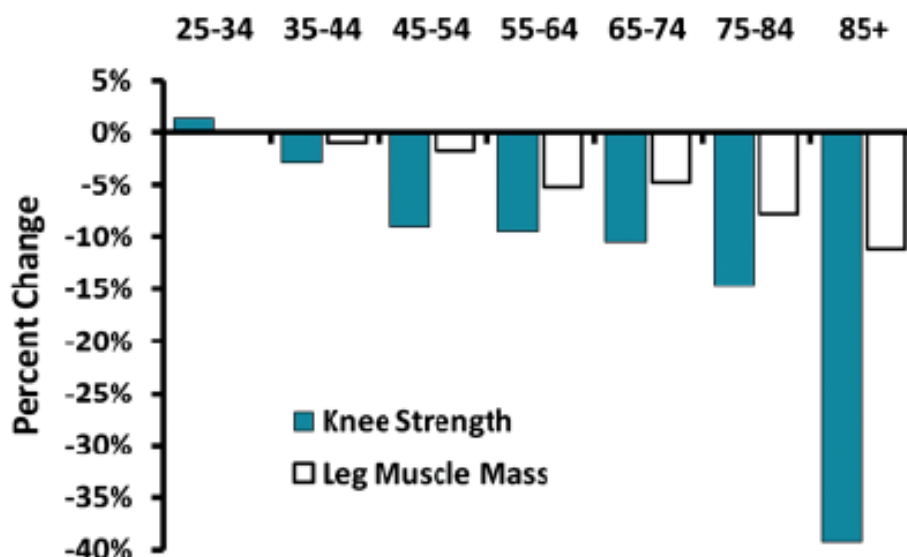


Figura 10. Declínio da força dos extensores do joelho e massa muscular da perna com o envelhecimento. Fonte: Ferrucci et al. (2012).

A força muscular aumenta até os 30 anos e inicia-se então um declínio progressivo após a quinta década, acentuando-se depois dos 70 anos (DANNESKIOLD-SAMSOE et al., 2009; JUBRIAS et al., 1997; LEYVA et al., 2016). De fato, foi observado, no estudo de Charlier et al. (2015), que, quando comparado com adultos jovens (18-30 anos), idosos com idade superior a 70 anos exibiram maiores percentuais de perda da força do quadríceps em relação àqueles com idade entre 60 e 70 anos (homens: 36,8-41,0 vs. 17,4-25,4%; mulheres: 52,5-52,9 vs. 28,7-33,5%, respectivamente).

A Figura 11 mostra a diminuição da força dos extensores do joelho com o avanço da idade em indivíduos de ambos os sexos.

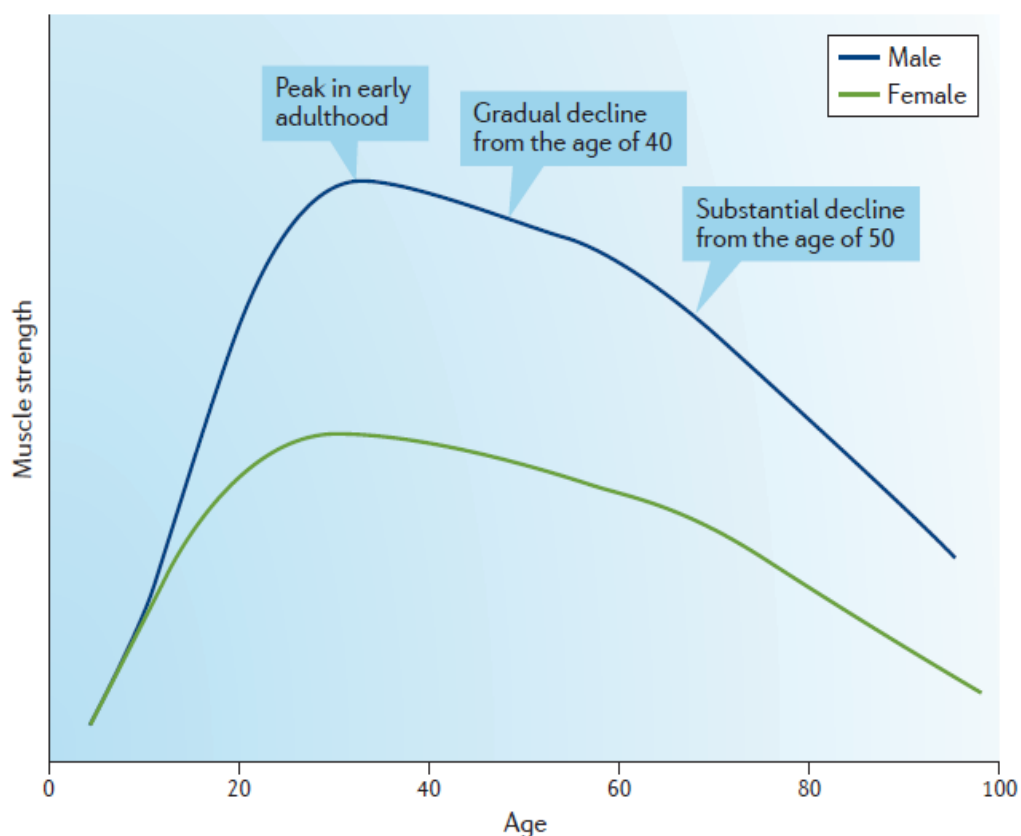


Figura 11. Diminuição da força dos extensores do joelho com o avanço da idade em indivíduos de ambos os sexos. Fonte: Dennison et al. (2017).

Mudanças da força muscular com o envelhecimento são mais comuns em mulheres do que em homens (CAWTHON et al., 2009; CHARLIER et al., 2016; DANNESKIOLD-SAMSOE et al., 2009; HARBO et al., 2012) e mais prevalentes nos membros inferiores que superiores (FRONTERA et al., 2000; HUGHES et al., 2001; NOGUEIRA et al., 2013). Especificamente, dados do *Health, Aging and Body Composition (Health ABC)* mostraram que a força isocinética dos extensores do joelho foi 38,5% menor em idosas em relação a seus pares do grupo masculino (83,4 Nm vs. 135,8 Nm, respectivamente) (DELMONICO et al., 2009). Mesmo quando a força é normalizada para massa muscular, a diferença entre os sexos é mantida. De forma similar, Danneskiold-Samsoe et al. (2009), Harbo et al. (2012) e Charlier et al. (2016) também observaram valores inferiores de força do quadríceps em mulheres quando comparadas aos homens em todas as faixas etárias. Nogueira et al. (2013), por sua vez, compararam a força isocinética dos flexores do cotovelo e extensores do joelho entre homens jovens e idosos, ambos com o mesmo nível de atividade física. Os resultados indicaram que não houve diferença entre os grupos etários quanto à força dos flexores do cotovelo (jovens: $43,3 \pm 2,6$ Nm vs. idosos:

45,3 ± 6,9 Nm). Curiosamente, para a força dos extensores do joelho, os idosos apresentaram valores significativamente inferiores em relação aos jovens (156,2 ± 15,4 Nm vs. 208,3 ± 10,4 Nm, respectivamente). Estudos longitudinais também verificaram maior redução da força isocinética dos extensores do joelho comparado aos flexores do cotovelo. Fronteira et al. (2000), por exemplo, ao longo do período de 12 anos, observou redução de 16,4% nos flexores do cotovelo (-1,4% ao ano) e de 23,7% nos extensores do joelho (-2,0% ao ano). Similarmente, Hugles et al. (2001) avaliaram 120 indivíduos com idade inicial entre 46 e 78 anos que foram acompanhados por 9,7 ± 1,1 anos e relataram que o envelhecimento promoveu mais perda de força muscular nos membros inferiores do que nos superiores.

Para finalizar, Ruiz et al. (2008) mostraram que idosos pertencentes ao tercil inferior de força muscular tiveram maior chance (50%) de mortalidade por todas as causas (Figura 12 A) do que indivíduos do tercil superior. A mesma tendência ocorreu com as mortes associadas ao câncer (Figura 12 B).

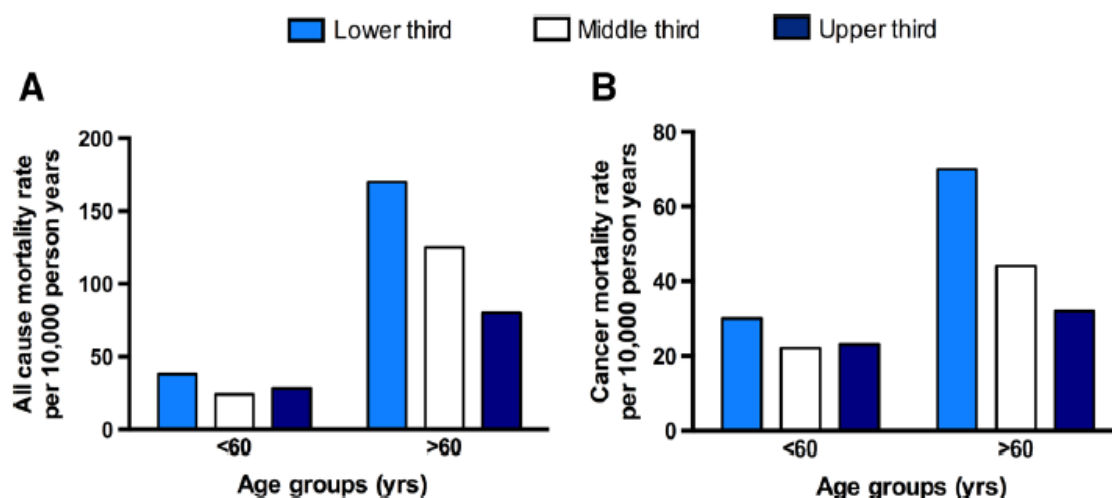


Figura 12. Taxa de mortalidade por todas as causas (A) e associadas ao câncer (B) de acordo com os tercís de força muscular. Fonte: Ruiz et al. (2008).

Dado o exposto, é cada vez mais importante examinar a força muscular durante a avaliação clínica de indivíduos mais velhos. É considerada uma peça-chave do processo de envelhecimento, uma vez que baixos valores de força muscular aumentam a vulnerabilidade do idoso e podem desenvolver maior dependência e/ou morte.

3.3.1 Avaliação da força muscular em idosos

A avaliação da força muscular nos idosos é uma conduta corriqueira realizada pelos profissionais da área de saúde e por pesquisadores. A força de preensão manual vem sendo amplamente utilizada como um indicador de força muscular geral (CRUZ-JENTOFT et al., 2010). É uma medida simples de administrar, de baixo custo e tem sido associada a prejuízos funcionais (FRAGALA et al., 2016; GADELHA, A.B. et al., 2014), hospitalização (CAWTHON et al., 2009) e mortalidade (BARBAT-ARTIGAS et al., 2013). A Figura 13 apresenta a proporção de indivíduos com dificuldades em executar tarefas da vida diária e limitações funcionais de acordo com tercís da força de preensão manual.

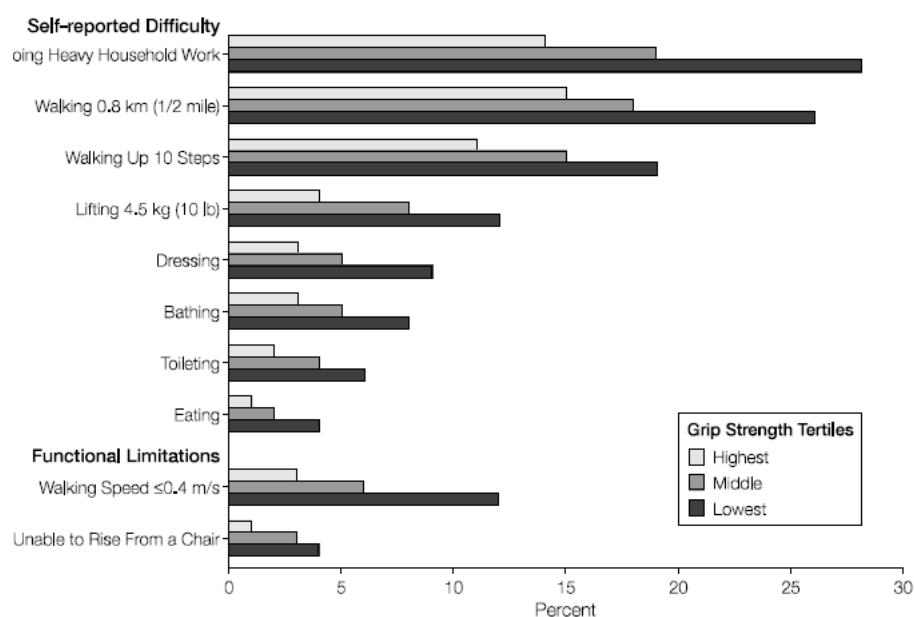


Figura 13. Proporção de indivíduos com dificuldades em executar tarefas da vida diária e limitações funcionais de acordo com tercís da força de preensão manual. Fonte: Rantanen et al. (1999).

Entretanto alguns estudos destacam que a força de preensão manual pode não refletir a força geral do indivíduo idoso, pois alterações neuromusculares relacionadas ao envelhecimento não se manifestam de forma homogênea em todos os grupos musculares dos membros superiores e inferiores. Presume-se que os membros inferiores são mais afetados pelo processo de envelhecimento do que os superiores (FRONTERA et al., 2000; HUGHES et al., 2001; NOGUEIRA et al., 2013). De acordo com Nogueira et al. (2013), esse fato é decorrente da redução do

nível de atividade física, que afeta em maior extensão os membros inferiores. Ademais, indivíduos com fraqueza nesses membros tendem a compensar os movimentos com outros músculos, tais como os do braço e, dessa forma, esse estresse regular nos membros inferiores poderia atenuar o declínio da massa e de força muscular desses membros (FRONTERA et al., 2000; HUGHES et al., 2001).

Nesse âmbito, Bohannon et al. (2012) e Felício et al. (2014) consideram a medida de força de preensão manual insuficiente para caracterizar a força global, já que não representa, muitas vezes, a dificuldade de atividades que utilizam membros inferiores, como sentar e levantar. Esses resultados sugerem que, embora seja amplamente utilizada, a força de preensão manual não é uma medida adequada para prever a força muscular dos membros inferiores, devendo ser mensurada e interpretada com cautela.

Acrescentam-se também os equipamentos de dinamometria isocinética, considerados padrão ouro para avaliação da força muscular.

3.3.2 Dinamometria isocinética

O dinamômetro isocinético é o instrumento mais preciso na mensuração da função muscular, fornece informações objetivas e quantitativas sobre torque, trabalho e potência. É um equipamento eletromecânico controlado por computador que mantém a velocidade angular constante do movimento e possibilita mensurar o segmento em condições dinâmicas (Figura 14). Desse modo, toda a força que é aplicada ao equipamento pela musculatura a ser testada recebe uma resistência igual e oposta, favorecendo a análise do segmento em todo o arco de movimento (BALZOPoulos; BRODIE, 1989).



Figura 14. Registro fotográfico do dinamômetro isocinético.

O torque é o produto da força aplicada num dado ponto pela distância perpendicular da linha de ação dessa força até o eixo de rotação do movimento. Esse parâmetro reflete a capacidade da musculatura de gerar força e é reportado em newton-metro (Nm). Assim, pico de torque (PT) é a maior força muscular gerada em determinado momento, durante uma repetição, podendo também ser normalizado pela massa corporal do indivíduo, permitindo comparar grupos com diferentes composições corporais, sendo expresso em Nm por quilograma de massa corporal (Nm/Kg) (TERRERI; GREVE; AMATUZZI, 2001). O torque e a velocidade angular são grandezas inversamente proporcionais, ou seja, quanto menor a velocidade maior o torque e, à medida que a velocidade aumenta, o torque diminui, portanto esta variável é mensurada em baixas velocidades (BALZOPOULOS; BRODIE, 1989).

A velocidade angular de $60^\circ/s$ é frequentemente utilizada na medida da força muscular em idosos, visto que essa velocidade permite uma avaliação adequada sem arriscar a integridade física dos voluntários. Foi observado que, a $60^\circ/s$, o PT se associou com quedas (SIERI; BERETTA, 2004; WANG et al., 2016), maior número de hospitalizações (CAWTHON et al., 2009), declínio do desempenho funcional (GADELHA, A.B. et al., 2014; PISCIOTTANO et al., 2014) e mortalidade (KIM, J. H. et al., 2014; LOPRINZI, 2016).

Sieri e Beretta (2004) verificaram que idosas caidoras produziram menores valores de PT dos extensores do joelho comparadas com seus pares não caidoras (0,43 vs. 0,58 Nm/kg, respectivamente). O estudo de Wang et al. (2016) também

encontrou diferenças significativas entre esses dois grupos. Participantes com idades entre 55 e 75 anos que sofreram quedas, nos últimos três meses, apresentaram valores inferiores do PT quando comparados ao grupo sem quedas ($53,20 \pm 10,85$ vs. $67,98 \pm 17,68$ Nm, respectivamente).

Cawthon et al. (2009) avaliaram a associação entre o PT dos extensores do joelho e o risco de hospitalização em idosos com idade entre 70 e 80 anos. A força dos extensores do joelho foi mensurada pelo dinamômetro *Kin-Com* e calculada pela média obtida em três repetições. Comparado com o quartil superior, o risco de hospitalizações foi de 1,68 (IC% 1,40-2,01) para participantes do quartil inferior do PT.

O estudo de Gadelha et al. (2014) verificou associação entre força dos extensores do joelho e desempenho funcional de 137 mulheres idosas. O desempenho funcional foi avaliado por meio do teste de sentar e levantar, TUG, flexão de cotovelo e caminhada de 6 minutos. A força muscular foi avaliada pelo PT dos extensores do joelho pelo dinamômetro isocinético *Biodex*. Os idosos do quartil inferior do PT levaram mais tempo para executar o teste TUG comparados ao grupo do quartil superior (6,36 vs. 5,71 segundos; $p < 0,05$). Soma-se a isto o estudo de Psiciottano et al. (2014), que verificou uma correlação inversa e significativa entre o PT isocinético ($60^\circ/s$) com o teste TUG ($r = -0,27$; $p < 0,005$) e com *Dynamic Gait Index* ($r = 0,28$; $p < 0,05$).

Em estudo longitudinal, Loprinzi (2016) avaliou se baixos valores de força do quadríceps são preditivos de mortalidade por todas as causas, independente dos níveis de comportamento sedentário (classificados em: < 2 , 2 a 4 , e > 5 horas/dia). Participaram do estudo 2.768 pessoas com idades entre 50 e 85 anos que foram acompanhados por 12,6 anos. Observou-se que, para cada aumento de 15N no PT dos extensores do joelho, houve redução de 7% no risco de mortalidade, e essa associação permaneceu inalterada quando o comportamento sedentário foi considerado. De forma similar, Kim et al. (2014) também verificaram que o risco de morte foi significativamente maior em homens idosos com baixos níveis de força isocinética (HR ajustado: 6,20; IC 95% 2,50-15,40).

Essas associações, em conjunto, mostram que a força dos extensores do joelho deve ser mantida em níveis adequados para evitar desfechos negativos e que uma avaliação isocinética com velocidade angular de $60^\circ/s$ constitui-se num

importante método para investigar função e desempenho muscular em indivíduos idosos.

3.3.3 Valores de referência para a força dos extensores do joelho

Vários autores avaliaram a força dos extensores do joelho em indivíduos saudáveis, de diferentes países, de faixas etárias distintas e determinaram valores de referência. Esses valores foram apresentados como média e desvio-padrão (DP) e, mais precisamente, por equações capazes de prever a força máxima a ser executada (ALANGARI; AL-HAZZAA, 2004; DANNESKIOLD-SAMSOE et al., 2009; HOLM et al., 2008; HUGHES et al., 2001; NEDER et al., 1999; ZVIJAC et al., 2014).

O estabelecimento de valores de referência para a força do quadríceps auxilia a interpretação clínica, fornecendo uma informação concreta acerca da força que se espera ser exercida pelo indivíduo. Assim, tais valores serão usados, para discriminar a força entre indivíduos, indicando aqueles que se encontram dentro de uma faixa considerada adequada e aqueles que apresentam força inferior aos limites de referência de acordo com sexo e idade. Esses conhecimentos são fundamentais, pois impactam significativamente o processo de tomada de decisão clínica, como, por exemplo, nas estratégias que visem ao aprimoramento dessa qualidade física (ALANGARI; AL-HAZZAA, 2004; DANNESKIOLD-SAMSOE et al., 2009; HOLM et al., 2008; ZVIJAC et al., 2014).

Considerando a alta relevância e aplicabilidade clínica da avaliação isocinética para a população idosa, estudos estipularam valores de normalidade para esse público (DANNESKIOLD-SAMSOE et al., 2009; GROSS et al., 1989; HARBO et al., 2012; LEYVA et al., 2016; NEDER et al., 1999; PHILLIPS; SING; MASTAGLIAC, 2000). A Tabela 1 destaca as informações das amostras, do equipamento isocinético utilizado, do protocolo de teste empregado e de que modo os valores de referência foram apresentados.

Tabela 1. Informações das amostras, do equipamento isocinético, do protocolo do teste empregado e de que modo os valores de referência da força dos extensores do joelho foram apresentados.

Autores	Amostra	Equipamento Isocinético	Protocolo	Valores de referência
Gross et al. (1989)	-134 americanos de ambos os sexos (10 e 84 anos). - Idosos: 15 homens e 17 mulheres.	Cybex	- 2 séries de três contrações concêntricas máximas a 60°/s e a 180°/s, com intervalo de 2 minutos entre elas.	- Média e DP estratificados por sexo e faixa etária. - Equações de referência com os previsores: sexo, idade, estatura e MC.
Phillips et al. (2000)	-200 indivíduos de ambos os sexos (20 a 69 anos). -Idosos: 20 homens e 20 mulheres.	<i>Kin-Com</i>	- 3 repetições de contrações concêntricas máximas com 15 segundos de intervalo a 60°/s e 120°/s.	- Média, DP e percentil (P5, P25, P50, P75 e P100) de acordo com sexo e faixa etária. -Equações de referência em relação ao sexo e dominância do membro. Previsores: idade, estatura e MC.
Danneskiold-Samsoe et al. (2009)	-184 dinamarqueses (20 a 80 anos). -Idosos: 20 homens e 45 mulheres.	<i>Lido Active</i>	- Contrações concêntricas máximas a 30°/s, 60°/s e 90°/s.	- Média, DP, mediana, mínimo e máximo estratificados por sexo e faixa etária.
Harbo et al. (2012)	-178 dinamarqueses (15 a 83 anos). -Idosos: não mencionado	<i>Biodex System</i>	- 8 repetições de contrações máximas concêntricas (90°/s) com intervalo de 15 segundos.	- Média e DP estratificados de acordo com sexo e faixa etária. - Equação de referência em função do sexo. Previsores: idade, estatura e MC.

Leyva et al. (2016)	-357 americanos de ambos os sexos (19 e 80 anos). -Idosos: 111 homens e 137 mulheres.	<i>Biodex System</i>	- Contrações concêntricas máximas a 60°/s, 180°/s e 300°/s.	- Média e DP segundo sexo e faixa etária.
Neder et al. (1999)	-96 indivíduos de ambos os sexos (20 a 80 anos). - Idosos: não mencionado.	<i>Cybex</i>	- 3 séries de três contrações concêntricas máximas a 60°/s com intervalo de 30 segundos entre as séries.	- Média e DP de acordo com sexo e lado do membro. - Equação de referência com os previsores: sexo, idade, estatura e MC.

DP= desvio-padrão; MC= massa corporal.

Gross et al. (1989) estabeleceram equações de predição para a força dos extensores em função de variáveis antropométricas e demográficas. Foram avaliados 134 voluntários saudáveis (70 mulheres e 64 homens) com idade entre 10 e 80 anos de idade. Para familiarização com o dinamômetro *Cybex*, cada indivíduo realizou uma série de cinco contrações submáximas de extensão e flexão a 60°/s. O protocolo do teste consistiu de duas séries de três contrações concêntricas máximas a 60°/s, com intervalo de 2 minutos entre elas. O mesmo procedimento foi adotado para a velocidade angular de 180°/s. Ambos os exercícios foram realizados no lado dominante (membro utilizado para chutar uma bola) e não dominante; a ordem de execução (velocidade e lado do membro) foi aleatorizada para cada indivíduo. Segundo os autores, a correção da gravidade no dinamômetro foi realizada de acordo com as especificações do manual do equipamento e deu-se encorajamento verbal durante toda a avaliação. Os autores apresentaram uma tabela com valores de média e DP estratificados por sexo e faixa etária (10-20; 20-40; 40-60 e 60-80 anos). Em adição, os modelos de equação indicaram que a variância (61%) do PT dos extensores do joelho foi explicada pelas combinações das seguintes variáveis: idade, sexo, estatura e peso corporal.

O estudo de Phillips et al. (2000) objetivou determinar valores de referência da força dos extensores do joelho por meio do dinamômetro *Kin-Com*. A amostra foi composta por 200 indivíduos saudáveis de ambos os sexos com idade entre 20 e 69 anos, que foram agrupados em seis estratos de acordo com sexo e faixa etária (20-29; 30-39; 40-49; 50-59; 60-69 anos). Antes do início dos testes, a correção da gravidade foi executada seguindo as especificações do equipamento. O protocolo do teste isocinético consistiu de duas repetições submáximas, para a familiarização com o equipamento e, na sequência, três repetições concêntricas máximas com 15 segundos de intervalo a 60°/s e 120°/s. O PT médio das três repetições foi utilizado nas análises. O lado dominante do avaliado foi determinado por questionário, e encorajamento verbal foi fornecido durante todos os testes. Os autores apresentaram valores médios, DP e percentis do PT dos extensores em relação ao sexo e faixa etária. Equações de predição foram estabelecidas e nota-se que, para os extensores do joelho do membro dominante, idade e peso corporal explicaram 43% da variação dessa força muscular em homens, e essas variáveis juntamente com a estatura evidenciaram 43,9% em mulheres.

Na tentativa de buscar valores normativos para a força muscular dos extensores do joelho, estudo realizado por Danneskiold-Samsoe et al. (2009) avaliou o PT isocinético a 30°/s, 60°/s e 90°/s, em 121 mulheres e 53 homens, ambos dinamarqueses e saudáveis estratificados pelo sexo dentro dos grupos etários de 20 a 80 anos (20-29; 30-39; 40-49; 50-59; 60-69; 70-79 anos). Antes dos testes isocinéticos no dinamômetro *Lido Active*, os participantes realizaram um aquecimento em uma bicicleta ergométrica por 5 a 10 minutos. A correção da gravidade foi realizada de acordo com o procedimento padrão do equipamento. O lado dominante foi o preferido para o chute. Os autores descreveram valores da mediana, média, DP, mínimo e máximo do PT do lado dominante para cada grupo etário.

Estudo conduzido em 178 dinamarqueses voluntários, saudáveis e não atletas com idade entre 15 e 83 anos (93 homens e 85 mulheres), também estabeleceram valores normativos para a força máxima do quadríceps (90°/s). Para familiarização com dinamômetro *Biodex System*, os participantes realizaram cinco a dez contrações submáximas seguidas de uma ou duas contrações máximas. Na sequência, os participantes foram submetidos ao teste, no qual realizaram oito repetições concêntricas máximas, com intervalo de 15 segundos entre elas. Harbo et al. (2012) apresentaram valores médios e DP do PT de acordo com o sexo e a faixa etária (<30; 30-39; 40-49; 50-59; 60-69; >70 anos). Adicionalmente, foram estabelecidas equações de predição em função do sexo, e as variáveis idade, estatura e peso corporal explicaram 43% e 63% da variação dessa força muscular em homens e mulheres, respectivamente.

Leyva et al. (2016) estabeleceram valores de referência para os extensores do joelho em três velocidades angulares pelo dinamômetro *Biodex System*. A amostra foi composta por 357 indivíduos com idade entre 19 e 80 anos, estratificados por faixa etária. O protocolo do teste consistiu de três repetições a 180°/s para familiarização e, em seguida, contrações concêntricas máximas a 60°/s, 180°/s e 300°/s com dois minutos de intervalo entre as velocidades. A sequência dos procedimentos foi aleatorizada. O teste foi realizado apenas do lado direito, e encorajamento verbal foi concedido aos participantes. Os autores apresentaram valores de média e DP, estratificados por sexo e faixa etária.

No Brasil, apenas o estudo de Neder et al. (1999) propôs valores de referência para a força dos extensores do joelho. A amostra foi aleatorizada

eletronicamente a partir de uma população de 8.226 sujeitos saudáveis (exceto estudantes e médicos), não atletas, e os idosos saudáveis de um serviço geriátrico da UNIFESP integraram o grupo de 61 a 80 anos. Assim, 96 sujeitos com idade entre 20 e 80 anos de ambos os sexos participaram do estudo. A amostra foi composta por, no mínimo, 15 participantes em cada faixa etária (20-29; 30-39; 40-49; 50-59; 60-69 e 70-80 anos). Foram excluídos indivíduos com índice de massa corporal (IMC) abaixo de $18,5 \text{ Kg/m}^2$ e acima de 40 Kg/m^2 e que praticavam atividade física regular (mais de 8 horas/semana). A avaliação isocinética dos extensores foi obtida no dinamômetro *Cybex*. Antes de iniciarem os testes, os atletas realizaram um aquecimento de 10 minutos em uma bicicleta ergométrica com carga de 25W (60 a 70 rpm) e, em seguida, foi realizada a correção da gravidade de acordo com as especificações do manual do equipamento. O protocolo do teste consistiu de três séries de três contrações concêntricas máximas a $60^\circ/\text{s}$ para cada membro inferior, com intervalo de 30 segundos entre as séries. O lado dominante foi informado por autorrelato. O maior PT obtido das três séries foi utilizado para fins de registro. Com base nesse valor, foi construída uma equação de predição, a qual apresenta um alto coeficiente de determinação da sua análise de regressão, que explica 81% da variância total e utiliza variáveis simples como o gênero, a idade, a estatura e o peso corporal. Ademais, foram descritas as médias observadas do PT de acordo com sexo e lado do membro.

Cabe salientar que essas equações de referência estabelecidas nos estudos supracitados, devem ser utilizadas com cautela em indivíduos mais velhos, uma vez que foram derivadas de amostras com ampla faixa etária e pequeno número de idosos. Portanto essas equações podem não ser adequadas para esse público, o que pode induzir a erros de interpretação do teste isocinético.

Outro aspecto interessante é que alguns estudos não apresentaram equações de referência, porém exibiram valores normativos como média e desvio-padrão. No entanto seria interessante a utilização de percentis, uma medida estatística que reflete em que posição se coloca o sujeito em relação à distribuição normal do que se está a avaliar, servindo tanto para analisar o indivíduo num dado momento como sua evolução. Somente o estudo de Phillips et al. (2000) exibiu pontos percentílicos para a força dos extensores do joelho, no entanto envolveu apenas 20 idosos com idades entre 60 e 69 anos. Nesse sentido, faz-se necessário estabelecer valores normativos de força isocinética dos extensores do joelho empregando percentis

como pontos de corte a partir de uma amostra grande de idosas e com ampla faixa etária.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 DELINEAMENTO DO ESTUDO

Trata-se de um estudo de delineamento transversal, baseado em informações extraídas do banco de dados do Grupo de Estudos em Fisiologia do Exercício e Saúde-GEFS.

O presente estudo foi dividido em duas etapas. Na primeira parte, foram estabelecidos valores normativos de força isocinética dos extensores do joelho em termos absolutos (Nm) e relativos à massa corporal (Nm/Kg) adotando percentis como pontos de corte. Além disso, o desempenho funcional de idosas foi comparado entre os estratos da classificação proposta. A segunda parte objetivou verificar a acurácia das equações de referência disponíveis na literatura para força dos extensores do joelho em mulheres idosas, além do desenvolvimento e da validação de uma equação específica para essa população.

4.2 AMOSTRA

Aproximadamente 800 mulheres idosas foram convidadas a participar do estudo. O recrutamento da amostra foi efetuado por meio de contato telefônico com voluntárias que participaram de projetos prévios, distribuição de cartazes em academias e centros de lazer e atividade física para idosas e divulgação nas redes sociais. Das idosas convidadas, 500 se interessaram em participar do projeto e foram agendadas para a execução dos procedimentos. O critério de inclusão foi apresentar idade entre 60 e 84 anos. Treze voluntárias foram excluídas e 487 foram elegíveis para o estudo. Foram definidos os seguintes critérios de exclusão: incapacidade de caminhar sem auxílio, próteses nos membros inferiores, distúrbios musculoesqueléticos e/ou neurológicos e procedimento cirúrgico há menos de seis meses. Além disso, o Mini-Exame do Estado Mental e a escala de Katz foram usados para verificar que nenhuma das voluntárias apresentava comprometimento cognitivo ou dependência em realizar atividades básicas da vida diária, respectivamente. Com a aplicação dos critérios de exclusão, 34 idosas foram

excluídas. Dessa forma, a amostra para desenvolvimento dos valores normativos de força isocinética dos extensores do joelho foi composta por 453 voluntárias que foram estratificadas em cinco faixas etárias (60-64; 65-69; 70-74; 75-79; 80-84 anos). O desempenho funcional foi analisado em uma subamostra de 215 idosas. Além disso, com o intuito de desenvolver e validar a equação de referência para padrões normais de força do quadríceps, mais 47 voluntárias foram avaliadas. Sendo assim, 500 voluntárias compuseram a amostra para estudo da equação dentre quais 390 formaram o grupo de desenvolvimento, enquanto 110 constituíram o grupo de validação. Para obter uma validação confiável, o tamanho da amostra foi calculado a partir da fórmula $(104 + k)$ proposta por Green (1991), em que “k” é o número de variáveis explicativas do modelo. A Figura 15 apresenta o fluxograma de recrutamento e seleção amostral.

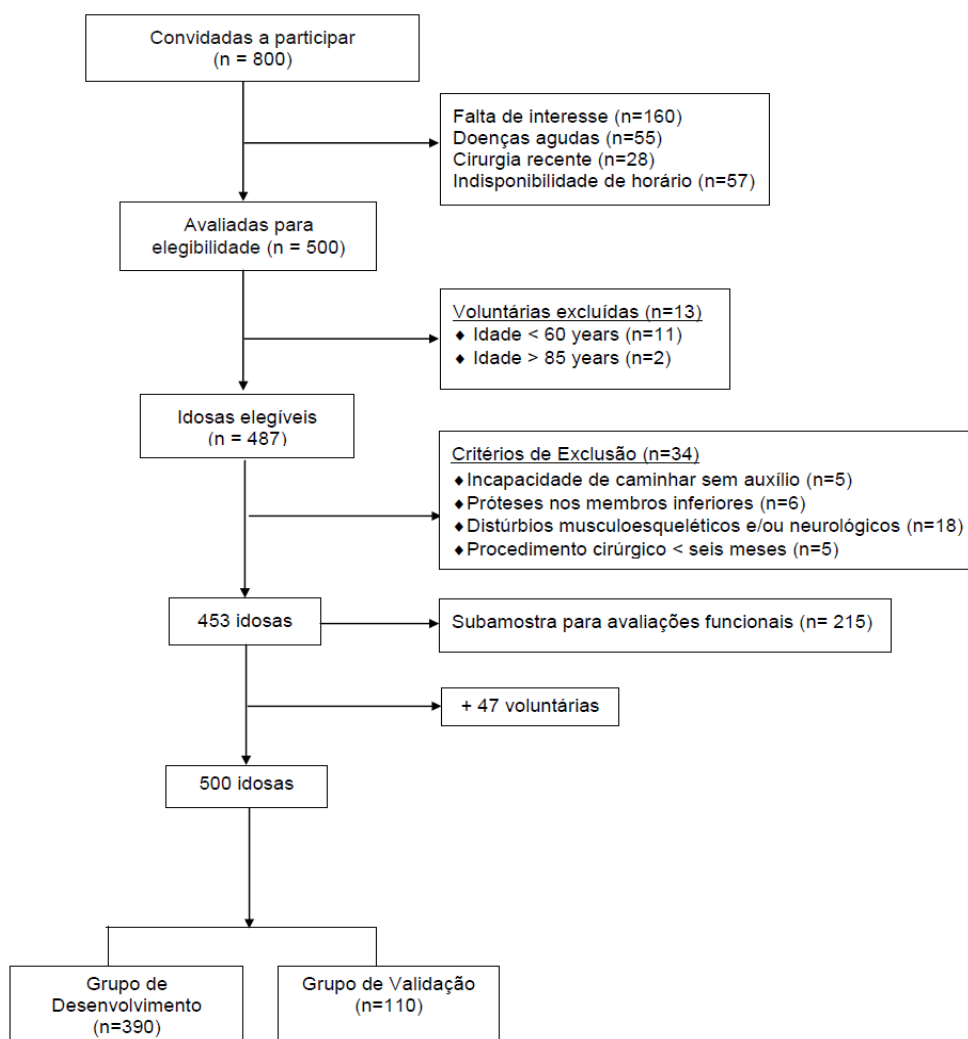


Figura 15. Fluxograma de recrutamento e seleção amostral.

Todas as voluntárias responderam a uma detalhada anamnese para obtenção de informações concernentes a histórico médico, presença de comorbidades, tratamento de reposição hormonal, nível de escolaridade e tabagismo (Anexo A). Além disso, outros instrumentos foram aplicados, para avaliar o nível de atividade física, função cognitiva e funcionalidade, conforme detalhados a seguir.

A Figura 16 apresenta o registro fotográfico da aplicação dos questionários de caracterização da amostra.



Figura 16. Registro fotográfico da aplicação dos questionários.

4.2.1 Avaliação do nível de atividade física

O nível de atividade física foi mensurado pela versão curta do Questionário Internacional de Atividade Física (Anexo B). Esse instrumento foi desenvolvido para monitorar, de forma padronizada, a atividade e a inatividade física em diversos países do mundo. No Brasil, ele foi validado por Matsudo et al. (2001) e considera a duração e a frequência das atividades físicas de diferentes intensidades realizadas em uma semana, considerando apenas sessões superiores a 10 minutos contínuos. O seu resultado permite classificar as voluntárias em quatro níveis de atividade física: muito ativa, ativa, irregularmente ativa ou sedentária.

4.2.2 Avaliação da função cognitiva

Para avaliar a função cognitiva, foi aplicado o Mini-Exame do Estado Mental (Anexo C). Esse instrumento foi traduzido e validado no Brasil por Bertolucci et al. (1994) e é amplamente utilizado a essa finalidade. Ele é composto por sete categorias, cada uma delas planejada com o objetivo de avaliar funções cognitivas específicas. Tais categorias incluem: orientação temporal, orientação espacial, registro de três palavras, atenção e cálculo, memória de evocação, linguagem e capacidade construtiva visual. O seu escore varia de zero a 30 pontos, sendo valores abaixo de 13 para analfabetos, 18 para aqueles com até oito anos de escolaridade, e 26 para aqueles com mais de oito anos de escolaridade apontam para possível comprometimento cognitivo.

4.2.3 Avaliação da independência funcional

A independência funcional foi avaliada por meio da Escala de Katz (Anexo D). A Escala de Katz analisa a habilidade de o indivíduo executar seis atividades básicas de vida diária: banhar-se, vestir-se, utilizar o sanitário, efetuar transferências, controlar esfíncteres e alimentar-se. Para cada um desses itens, é atribuído o valor de zero ou um, em que zero representa dependência na execução da tarefa e um representa independência. O seu escore final varia de zero a seis pontos, sendo que zero indica dependência total, um e dois indicam dependência grave, três e quatro, dependência moderada, cinco, dependência ligeira e seis, independência (SHELKEY; WALLACE, 1999).

4.3 ANTROPOMETRIA E COMPOSIÇÃO CORPORAL

A massa corporal foi mensurada por meio de uma balança digital da marca Filizola, com capacidade máxima de 150 quilogramas e resolução de 50 gramas. Um estadiômetro de parede com resolução de um centímetro (Cardiomed, Brasil) foi utilizado para avaliar a estatura das participantes. A partir dessas medidas, foi calculado o IMC.

A composição corporal foi medida pelo DEXA, equipamento da marca Lunar, modelo DPX-IQ (Lunar Corporation, Madison, WI, USA), o qual estava devidamente calibrado de acordo com o manual do fabricante. Para executar o procedimento, as voluntárias foram orientadas a retirar todos os metais (pulseiras, brincos, anéis, aliança etc.), em seguida, foram posicionadas em decúbito dorsal sobre a mesa do equipamento, de forma que ficassem totalmente centralizadas em relação às laterais da mesa. As voluntárias foram instruídas a se dispor com os joelhos estendidos. Uma fita de *velcro* posicionada acima dos maléolos foi utilizada para manter os membros inferiores próximos e dar suporte aos pés, de forma que ficassem em uma angulação de, aproximadamente, 45° em relação ao plano vertical. Os membros superiores foram dispostos em extensão das articulações de ombro e cotovelo, em seguida, posicionados ao longo do corpo, sem que houvesse contato com o tronco.

Após análise de toda a área corporal, os tecidos foram fracionados em Massa de Gordura e Massa Livre de Gordura. Além disso, linhas geradas pelo computador, com posterior ajuste manual, forneceram valores específicos para os braços, pernas e tronco. A Massa Livre de Gordura Apendicular foi calculada pelo somatório da massa livre de gordura dos membros inferiores e superiores. Para o presente estudo, foram utilizadas as seguintes variáveis, massa livre de gordura total e apendicular e o percentual de gordura corporal. A Figura 17 apresenta o registro fotográfico de uma voluntária durante a avaliação pelo DEXA.



Figura 17. Registro fotográfico de uma voluntária durante a avaliação pelo DEXA.

4.4 AVALIAÇÃO DA FORÇA ISOCINÉTICA DOS EXTENSORES DO JOELHO

A força dos extensores do joelho do membro inferior dominante foi mensurada por meio dos dinamômetros isocinético *Biodex System 3* ou *4* (*Biodex Medical Systems, New York, USA*), os quais estavam devidamente calibrados, conforme o manual do fabricante.

Para a execução dos procedimentos, as voluntárias foram cuidadosamente posicionadas no assento do equipamento: o eixo de rotação do braço do dinamômetro foi alinhado com o epicôndilo lateral do fêmur da perna dominante; o local da aplicação da força foi posicionado a, aproximadamente, dois centímetros do maléolo medial; e o tronco, a pelve e a coxa da participante foram fixados com cintos para evitar movimentos compensatórios.

Durante a avaliação, as participantes foram submetidas a duas séries de aquecimento: a primeira com 10 repetições a 210°/s e a segunda com seis repetições a 120°/s. Em seguida, foram realizadas duas séries de quatro contrações concêntricas máximas a 60°/s, com 30 segundos de intervalo entre as séries (BOTTARO et al., 2005). Às participantes foi solicitado que realizassem as contrações com a maior força possível sendo incentivadas verbalmente durante a mensuração.

Essa avaliação foi conduzida por avaliadores previamente treinados, responsáveis por posicionar a voluntária no equipamento e explicar detalhadamente o protocolo a ser executado. A variável analisada proveniente desta avaliação foi o PT, maior valor obtido entre as séries e expresso em valores absolutos (Nm) e relativos à massa corporal (Nm/kg).

A Figura 18 apresenta o registro fotográfico de uma voluntária durante a avaliação isocinética da força dos extensores do joelho do membro dominante.



Figura 18. Registro fotográfico de uma voluntária durante a avaliação isocinética da força dos extensores do joelho do membro dominante.

4.5 AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO FUNCIONAL

O desempenho funcional foi avaliado por meio do teste *Timed Up and Go* (TUG) e do teste de sentar e levantar cinco vezes (*Five Times Sit to Stand- FTSTS*).

4.5.1 *Timed Up and Go*

O teste TUG, desenvolvido por Podsiadlo e Richardson (1991), consiste em medir o tempo gasto para o indivíduo levantar de uma cadeira de 45 cm de altura, sem apoio para os braços, a partir da posição encostada, andar 3 metros, contornar um cone, voltar pelo mesmo percurso e sentar novamente na cadeira como na posição inicial (Figura 19). As voluntárias foram instruídas a iniciar o teste após um comando verbal do avaliador em maior velocidade possível, sem correr. Todo o procedimento foi devidamente explicado, exemplificado e familiarizado antes de cada avaliação. Em seguida, a voluntária realizava três tentativas com intervalo de um minuto entre elas. Para a análise do desempenho, foi levado em consideração o menor valor obtido das três tentativas.



Figura 19. Registro fotográfico de uma voluntária durante a execução do teste *Timed Up and Go*.

4.5.2 *Five Times Sit to Stand*

O teste FTSTS consiste em passar da posição sentada para em pé, com a idosa devendo se levantar cinco vezes consecutivas de uma cadeira de 45 cm de altura sem apoio para os braços e com os braços cruzados ao peito na maior velocidade possível (Figura 20). O avaliador demonstrava a execução do teste, enfatizando a necessidade de estender completamente os joelhos e quadris ao se levantar e de sentar por completo logo em seguida. O tempo iniciava a ser cronometrado quando os ombros se movessem para frente e era encerrado ao final da quinta repetição. Foi considerado sinal de prejuízo no desempenho funcional tempo maior que 12 segundos (TIEDEMANN et al., 2008).



Figura 20. Registro fotográfico de uma voluntária durante o teste FTSTS.

4.6 SELEÇÃO DAS EQUAÇÕES DE REFERÊNCIA DISPONÍVEIS NA LITERATURA

Para a escolha das equações de referência que foram testadas neste estudo, adotaram-se os seguintes critérios: a) indivíduos com a faixa etária compatível com o da amostra do presente estudo, b) amostra envolvendo sujeitos do sexo feminino, c) teste de força para a musculatura extensora do joelho na velocidade angular semelhante à do presente estudo. A partir destes critérios, foram selecionadas duas equações publicadas e disponíveis na literatura:

- 1) Gross et al. (1989) = $-80,723 + (2,331 * \text{estatura}) - (0,010 * \text{idade}^2) + (0,639 * \text{massa corporal}) - (22,736 * \text{sexo})$; homem= 1 e mulher= 2
- 2) Neder et al. (1999) = $- 66,44 - (1,53 * \text{idade}) + (1,33 * \text{estatura}) + (0,75 * \text{massa corporal}) + (34,44 * \text{sexo})$; homem= 1 e mulher =0

4.7 CUIDADOS ÉTICOS

As pesquisas desenvolvidas por esse grupo foram aprovadas pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Católica de Brasília, conforme cadastro nº 024/2007 (Anexo E) e pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da Faculdade de Ciências da Saúde da Universidade de Brasília sob parecer nº 1.223.636/ 2015 (Anexo F). A participação das idosas foi voluntária e mediante a assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (Anexo VII), o qual continha todas as informações sobre a pesquisa, tais como vantagens e desvantagens, o seu significado e o possível uso dos resultados.

4.8 ANÁLISE ESTATÍSTICA

As variáveis numéricas foram expressas em média \pm desvio-padrão, e as categóricas em frequência absoluta e relativa. Para verificar a distribuição dos dados, os testes *Shapiro-Wilk* e *Kolmogorov-Smirnov* foram aplicados. Caso os dados possuíssem distribuição normal, eram conduzidos testes paramétricos e, em caso contrário, optava-se por testes não paramétricos. O teste de análise de variância (ANOVA) *one-way* foi aplicado para comparar a força isocinética dos extensores do joelho entre as faixas etárias. Associado ao ANOVA *one-way*, utilizou-se o *post-hoc* de Gabriel. Os percentis 20, 40, 60 e 80 foram identificados e, posteriormente, empregados como pontos de corte para fins de classificação da força isocinética. Em seguida, a comparação do desempenho funcional entre os estratos da classificação proposta foi efetuada pelo teste ANOVA *one-way* com *post-hoc* de Gabriel para análise do teste TUG e, por meio do teste Qui-quadrado para o teste FTSTS.

Para as comparações das médias do PT mensurado com o predito pelas equações de referência, foi utilizado o teste *t-Student* pareado. O percentual do predito foi calculado para cada equação (PT medido / PT de referência * 100). Foi ainda utilizado o método de *Bland-Altman* para avaliar a concordância entre os valores observados e esperados de acordo com as equações de referência.

Para o desenvolvimento da equação, foi realizada uma análise bivariada, a partir de modelos de regressão linear simples, considerando o PT (Nm) como

variável desfecho. Posteriormente, realizou-se uma regressão linear múltipla visando prever o PT (Nm) a partir de variáveis explicativas tais como idade e fatores antropométricos (massa corporal, estatura e IMC). Para a construção do modelo linear múltiplo, utilizou-se, como critérios para a inclusão das variáveis, o valor $p < 0,20$, obtido na análise bivariada. No modelo final, por sua vez, empregou-se o método *backward*, permanecendo somente variáveis que mantiveram significância estatística ($p < 0,05$). A significância do modelo final foi avaliada pelo teste F da análise de variância e a qualidade do ajuste pelo coeficiente de determinação (R^2). Os resíduos foram avaliados segundo as suposições de normalidade, homocedasticidade, linearidade e independência. Além disso, realizou-se a verificação de multicolinearidade entre as variáveis incluídas no modelo.

O nível de significância estabelecido foi de 5% ($p < 0,05$). Todas as análises estatísticas foram realizadas no *software Statistical Package for Social Sciences* (SPSS-IBM) versão 21.0.

5 RESULTADOS

5.1 VALORES NORMATIVOS DE FORÇA ISOCINÉTICA DOS EXTENSORES DO JOELHO

A Tabela 2 apresenta as características descritivas de 453 idosas que participaram do desenvolvimento dos valores normativos de força isocinética do quadríceps.

Tabela 2. Características descritivas da amostra (n=453). Dados expressos em média \pm desvio-padrão.

Variável	Média \pm DP
Idade (anos)	67,43 \pm 6,21
Tempo de menopausa (anos)	19,07 \pm 8,62
Massa corporal (kg)	65,96 \pm 11,03
Estatura (m)	1,54 \pm 0,12
IMC (kg/m ²)	27,63 \pm 4,20
Gordura corporal (%)	39,89 \pm 5,30
MLG Total (kg)	36,31 \pm 4,50
MLG Total relativa (kg/m ²)	15,23 \pm 1,57
MLGA (kg)	14,35 \pm 2,45
MLGA relativa (kg/m ²)	6,02 \pm 0,77
PT absoluto (Nm)	92,21 \pm 21,60
PT relativo (Nm/kg)	1,41 \pm 0,32

IMC: Índice de massa corporal; MLG: Massa livre de gordura; MLGA: Massa livre de gordura apendicular.

Como se pode observar na Tabela 3, mais de 60% dessa amostra foi composta por idosas com idade entre 60 e 69 anos. Em relação aos hábitos de vida, 1,6% afirmaram ser tabagistas, 25,2% afirmaram consumir bebida alcoólica e 12,1% fazem ou já fizeram terapia de reposição hormonal. Das 453 voluntárias observadas, 48,3% foram consideradas fisicamente ativas e 39,9% irregularmente ativas de

acordo com o IPAQ. Em relação ao nível de escolaridade, 55,2% das participantes relataram ter nível superior.

Tabela 3. Características descritivas da amostra (n=453).
Dados expressos em frequência absoluta e relativa.

Variável	n(%)
Faixa etária (anos)	
60-64	170 (37,6)
65-69	140 (30,8)
70-74	86 (19,0)
75-79	39 (8,6)
80-84	18 (4,0)
Tabagismo	
Sim	7 (1,6)
Não	446 (98,4)
Ingestão de bebida alcoólica	
Sim	114 (25,2)
Não	339 (74,8)
Terapia de reposição hormonal	
Sim	55 (12,1)
Não	398 (87,9)
Nível de atividade física ^a	
Muito ativa	7 (1,6)
Ativa	218 (48,3)
Irregularmente ativa	180 (39,9)
Sedentária	46 (10,2)
Nível de escolaridade	
Fundamental	96 (21,2)
Médio	107 (23,6)
Superior	250 (55,2)

^a : n= 451

Adicionalmente, o desempenho funcional foi analisado em uma subamostra de 215 idosas. As características dessa subamostra foram semelhantes à amostra total em termos de idade ($68,02 \pm 6,21$ anos), massa corporal ($67,11 \pm 11,53$ kg), estatura ($1,55 \pm 0,10$ m) e IMC ($27,42 \pm 4,31$ kg/m²). A distribuição etária também foi similar: (a) 60 a 64 anos (n = 74, 34,4%); (b) 65 a 69 anos (n = 64, 29,8%); (c) 70 a 74 anos (n = 42, 19,6%); d) 75 a 79 anos (n = 22, 10,2%); e (e) 80 a 84 anos (n = 13, 6,0%).

A Figura 21 ilustra o boxplot da força isocinética dos extensores do joelho em valores absolutos (A) e relativos à massa corporal (Nm / kg) (B), estratificados por faixa etária. Como esperado, valores médios de força muscular diminuíram com o avanço da idade. Nota-se diferença significativa entre as participantes mais jovens (60-64) e os demais grupos etários (Figura 21 A: $p < 0,008$; Figura 21 B: $p < 0,021$). Adicionalmente, para a força muscular absoluta, foi observada diferença significativa entre as idades de 65-69 e 75-79 anos ($p < 0,001$), bem como entre as idosas mais velhas (80-84) e as faixas etárias 65-69 ($p < 0,010$) e 70-74 anos ($p < 0,010$) (Figura 21 A). Quando a força muscular foi relativizada pela massa corporal, houve diferença significativa do grupo etário de 65-69 anos com as idades de 75-79 ($p = 0,037$) e 80-84 anos ($p = 0,001$) (Figura 21 B).

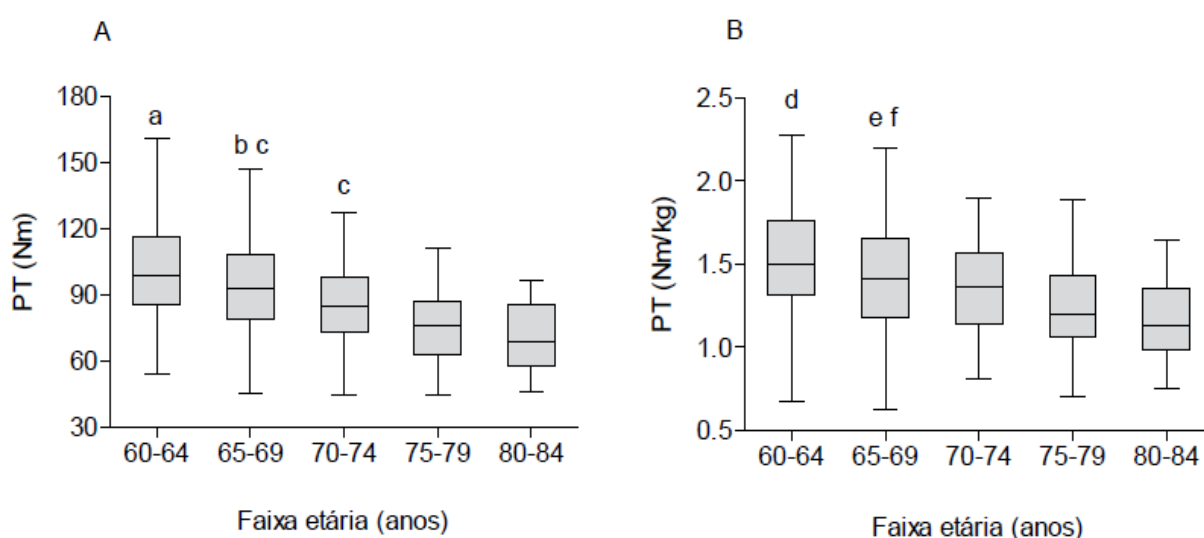


Figura 21. Boxplot da força isocinética dos extensores do joelho em valores absolutos (Nm) (A) e relativos à massa corporal (Nm / kg) (B), estratificados por faixa etária. ^a Diferença significativa com os demais grupos etários ($p < 0,008$). ^b Diferença significativa em relação ao grupo 75-79 anos ($p < 0,001$). ^c Diferença significativa em relação ao grupo mais velho (80-84 anos) ($p < 0,010$). ^d Diferença significativa com os demais grupos etários ($p < 0,021$). ^e Diferença significativa em relação ao grupo 75-79 anos ($p = 0,037$). ^f Diferença significativa em relação ao grupo mais velho (80-84 anos) ($p = 0,001$).

Os percentis 20, 40, 60 e 80 foram utilizados como pontos de corte da força isocinética dos extensores do joelho e os respectivos intervalos de dados foram classificados como fraco, abaixo da média, média, acima da média e excelente. As Tabelas 4 e 5 apresentam a classificação da força do quadríceps para valores absolutos (Nm) e relativos (Nm / kg), respectivamente, estratificados por faixa etária.

Tabela 4. Classificação da força isocinética dos extensores do joelho para mulheres idosas, estratificadas por faixa etária. Dados expressos em valores absolutos (Nm).

Percentis	Classificação	Faixa etária (anos)				
		60-64	65-69	70-74	75-79	80-84
≥ 80	Excelente	≥ 120,50	≥ 110,00	≥ 103,24	≥ 90,50	≥ 87,50
60 a 80	Acima da média	104,12 – 120,50	98,11 – 110,00	90,43 – 103,24	79,11 – 90,50	74,21 – 87,50
40 a 60	Média	94,32 – 104,11	87,31 – 98,10	79,81 – 90,42	69,71 – 79,10	63,11 – 74,20
20 a 40	Abaixo da média	81,42 – 94,31	75,00 – 87,30	68,80 – 79,80	61,80 – 69,70	53,30 – 63,10
< 20	Fraco	< 81,42	< 75,00	< 68,80	< 61,80	< 53,30

Tabela 5. Classificação da força isocinética dos extensores do joelho para mulheres idosas, estratificadas por faixa etária. Dados expressos em relação à massa corporal (Nm / kg).

Percentis	Classificação	Faixa etária (anos)				
		60-64	65-69	70-74	75-79	80-84
≥ 80	Excelente	≥ 1,80	≥ 1,70	≥ 1,61	≥ 1,50	≥ 1,36
60 a 80	Acima da média	1,62 – 1,80	1,53 – 1,70	1,44 – 1,61	1,29 – 1,50	1,18 – 1,36
40 a 60	Média	1,46 – 1,61	1,35 – 1,52	1,30 – 1,43	1,18 – 1,28	1,09 – 1,17
20 a 40	Abaixo da média	1,26 – 1,45	1,11 – 1,34	1,08 – 1,29	1,05 – 1,17	0,95 – 1,08
< 20	Fraço	< 1,26	< 1,11	< 1,08	< 1,05	< 0,95

Para validação da implicação clínica dos valores de referência, o desempenho funcional foi analisado entre os estratos da classificação da força do quadríceps em uma subamostra composta por 215 idosas. Como a massa corporal tem um grande impacto na força absoluta, os valores relativos foram utilizados para fins de comparação. As Figuras 22 e 23 apresentam a *performance* das participantes, nos testes TUG e FTSTS, respectivamente, estratificados por níveis de classificação da força isocinética. Observando a Figura 22, nota-se que o tempo gasto para completar o teste TUG foi significativamente maior nos grupos classificados como “fraco” ($7,72 \pm 1,22$ segundos) e “abaixo da média” ($7,17 \pm 0,91$ segundos) em relação aos grupos “acima da média” ($6,41 \pm 0,85$ segundos; $p < 0,007$) e “excelente” ($6,23 \pm 0,90$ segundos; $p < 0,001$). Ademais, houve diferença significativa entre as categorias “fraco” e “média” ($6,97 \pm 0,99$ segundos; $p = 0,002$). Em relação à Figura 23, constatou-se que a maior proporção de idosas que realizaram o teste FTSTS com tempo superior a 12 segundos foi entre aquelas classificadas com baixos níveis de força muscular (fraco: 46,3%; abaixo da média: 39,5%; média: 31,9%; acima da média: 17,5%; excelente: 13,5%; $p < 0,003$).

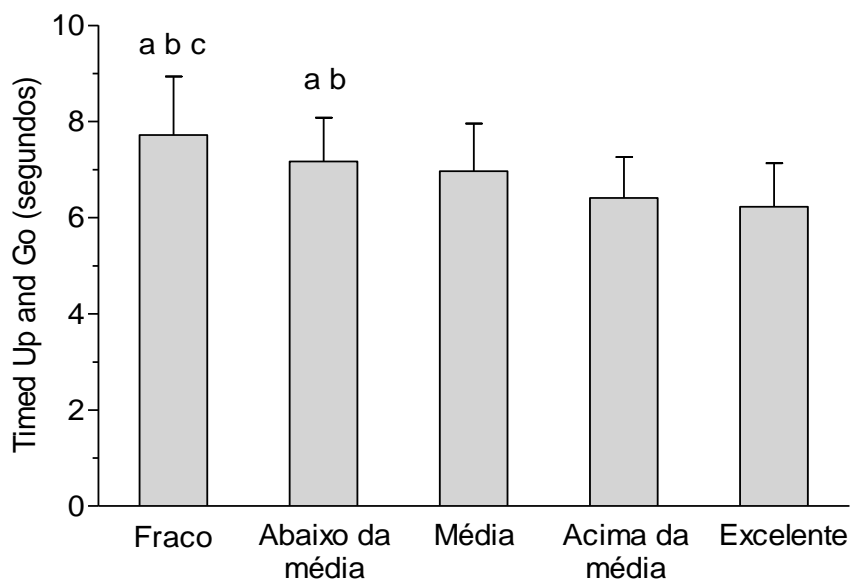


Figura 22. Valores médios do teste TUG estratificados por níveis de classificação da força isocinética dos extensores do joelho. ^a Diferença significativa com o grupo “acima da média” ($p < 0,007$). ^b Diferença significativa com o grupo “excelente” ($p < 0,001$). ^c Diferença significativa com o grupo “média” ($p = 0,002$).

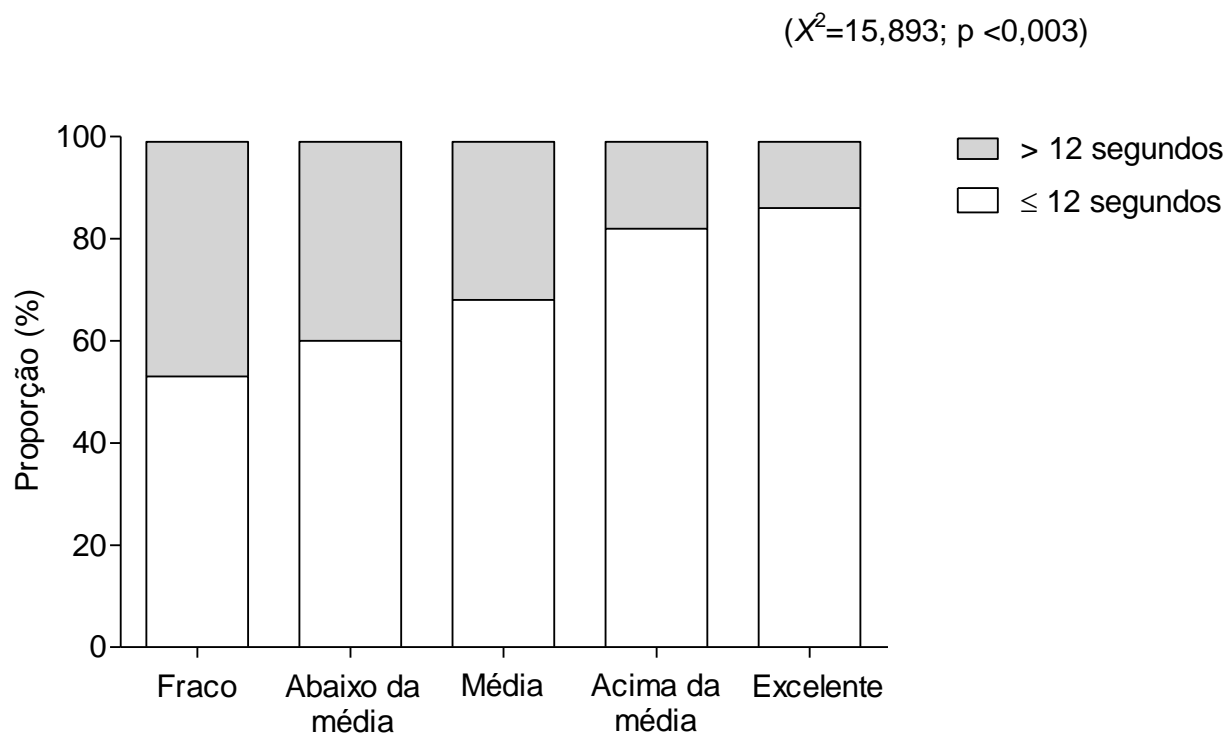


Figura 23. Desempenho no teste FTSTS estratificado por níveis de classificação da força isocinética dos extensores do joelho.

5.2 DESENVOLVIMENTO E VALIDAÇÃO DA EQUAÇÃO DE REFERÊNCIA PARA FORÇA ISOCINÉTICA DOS EXTENSORES DO JOELHO

A Tabela 6 apresenta as características gerais dos grupos desenvolvimento (n=390) e validação (n=110) para a equação de referência dos extensores do joelho. Não foram encontradas diferenças significativas entre os dois grupos.

Tabela 6. Características dos grupos desenvolvimento e validação da equação de referência desenvolvida neste estudo. Dados expressos em média \pm desvio-padrão.

Variável	Grupo de Desenvolvimento (n=390)	Grupo de Validação (n=110)	p-valor
Idade (anos)	67,38 \pm 5,56	67,94 \pm 6,13	0,457
Tempo de menopausa (anos)	19,18 \pm 8,55	18,08 \pm 8,04	0,385
Massa corporal (kg)	66,41 \pm 11,25	65,95 \pm 12,26	0,989
Estatura (m)	1,54 \pm 0,06	1,54 \pm 0,06	0,603
IMC (kg/m ²)	27,72 \pm 4,19	27,37 \pm 4,07	0,656
Gordura corporal (%)	39,82 \pm 8,54	38,60 \pm 7,35	0,448
MLG Total (kg)	36,44 \pm 4,56	35,88 \pm 3,69	0,332
MLG Total relativa (kg/m ²)	5,23 \pm 1,67	15,00 \pm 1,61	0,104

IMC: Índice de massa corporal. MLG: Massa livre de gordura.

A Tabela 7 apresenta as análises bivariadas entre as possíveis variáveis explicativas (idade, massa corporal, estatura e IMC) e a variável desfecho (PT dos extensores do joelho). Todas as variáveis independentes apresentaram um valor de $p < 0,20$ e foram incluídas na análise multivariada.

Tabela 7. Regressão linear simples de variáveis associadas ao pico de torque dos extensores do joelho.

Variáveis explicativas	Coefficiente (β)	IC 95%	Valor p	R ²
Idade	-1,54	-1,90-1,18	<0,001	0,16
Massa corporal	0,71	0,53-0,89	<0,001	0,14
Estatura	122,53	93,03-152,03	<0,001	0,15
IMC	0,99	0,48-1,50	<0,001	0,04

IMC: Índice de massa corporal. R²: Coeficiente de determinação.

Na Tabela 8 são apresentados os resultados da regressão linear múltipla entre o PT dos extensores do joelho e as variáveis independentes. Observou-se que idade, massa corporal e estatura permaneceram no modelo final e explicaram 30%

da variação do PT entre os idosos. A idade foi o fator que mais contribuiu para o PT (β padronizado: 0,32).

Tabela 8. Modelo final de regressão linear múltipla de variáveis associadas ao pico de torque dos extensores do joelho.

Variáveis	Coefficiente (β)	IC 95%	β padronizado	Valor p
Idade	-1,24	-1,58-0,90	-0,32	<0,001
Massa corporal	0,44	0,25-0,62	0,23	<0,001
Estatura	69,70	39,17-100,23	0,22	<0,001

Coefficiente de determinação (R^2): 0,30. Teste F: $p < 0,001$.

A equação desenvolvida foi: **PT (Nm): 39,72- [1,24 x idade (anos)] + [0,44 x massa corporal (kg)] + [69,70 x estatura (m)].**

A Tabela 9 apresenta os valores do PT (Nm) mensurados e preditos em termos absolutos, e percentuais do PT predito por cada uma das três equações, estratificadas por faixa etária. Em geral, tanto a equação de Neder et al. (1999) quanto de Gross et al. (1989) subestimaram significativamente os valores de PT mensurados (ambos $p < 0,001$) e essa diferença foi mantida para todos os grupos etários ($p < 0,05$). Além disso, essas equações variaram de forma mais ampla à medida que as idosas eram mais velhas. Por exemplo, entre as participantes com idades de 75 a 79 anos, o percentual do PT predito foi de 123,1% e 164,2% para a equação de Neder et al. (1999) e Gross et al. (1989), respectivamente. A técnica de Bland Altman mostrou que a média das diferenças (viés) entre PT mensurado e predito pela equação de Neder et al. (1999) e Gross et al. (1989) foi de 6,79 Nm (IC 95%: -31,83 a 45,42 Nm) e 6,75 Nm ((IC 95%:-45,78 a 59,27 Nm), respectivamente (Figura 24).

Tabela 9. Valores de PT (Nm) mensurados e preditos em valores absolutos, e percentuais do PT predito por cada uma das três equações, estratificadas por faixa etária (n=390). Dados expressos em média \pm desvio-padrão.

Variáveis	Faixa etária (anos)					
	Total	60-64	65-69	70-74	75-79	80-84
n	390	144	122	79	35	10
PT (Nm) mensurado	92,8 \pm 21,7	101,2 \pm 21,2	93,5 \pm 20,9	87,3 \pm 18,6	74,9 \pm 17,1	72,3 \pm 16,3
<i>PT (Nm) predito</i>						
Neder et al. (1999)	86,0 \pm 18,6 ^{a*}	96,6 \pm 15,1 ^{a**}	87,9 \pm 15,7 ^{a**}	78,0 \pm 14,5 ^{a*}	61,9 \pm 12,3 ^{a*}	60,7 \pm 10,6 ^{a**}
% do PT predito	110,3 \pm 25,0	105,7 \pm 20,3	108,4 \pm 26,6	114,2 \pm 25,7	123,1 \pm 27,5	123,0 \pm 33,3
Gross et al. (1989)	86,0 \pm 29,9 ^{a*}	99,6 \pm 26,7 ^{a**}	89,1 \pm 27,2 ^{a**}	75,6 \pm 26,2 ^{a*}	52,4 \pm 21,6 ^{a*}	52,8 \pm 16,0 ^{a**}
% do PT predito	120,1 \pm 49,5	107,8 \pm 34,6	114,1 \pm 46,7	127,2 \pm 46,7	164,2 \pm 68,2	158,7 \pm 91,4
Pereira et al. (2018)	92,8 \pm 11,7	100,7 \pm 8,5	94,0 \pm 8,8	86,60 \pm 8,4	75,6 \pm 6,9	73,0 \pm 6,0
% do valor predito	100,0 \pm 19,6	100,2 \pm 18,5	99,4 \pm 20,9	100,9 \pm 19,5	98,8 \pm 19,8	99,9 \pm 21,6

^a Diferença significativa vs. PT mensurado. Teste *t-Student* pareado: * p <0,001; ** p <0,05.

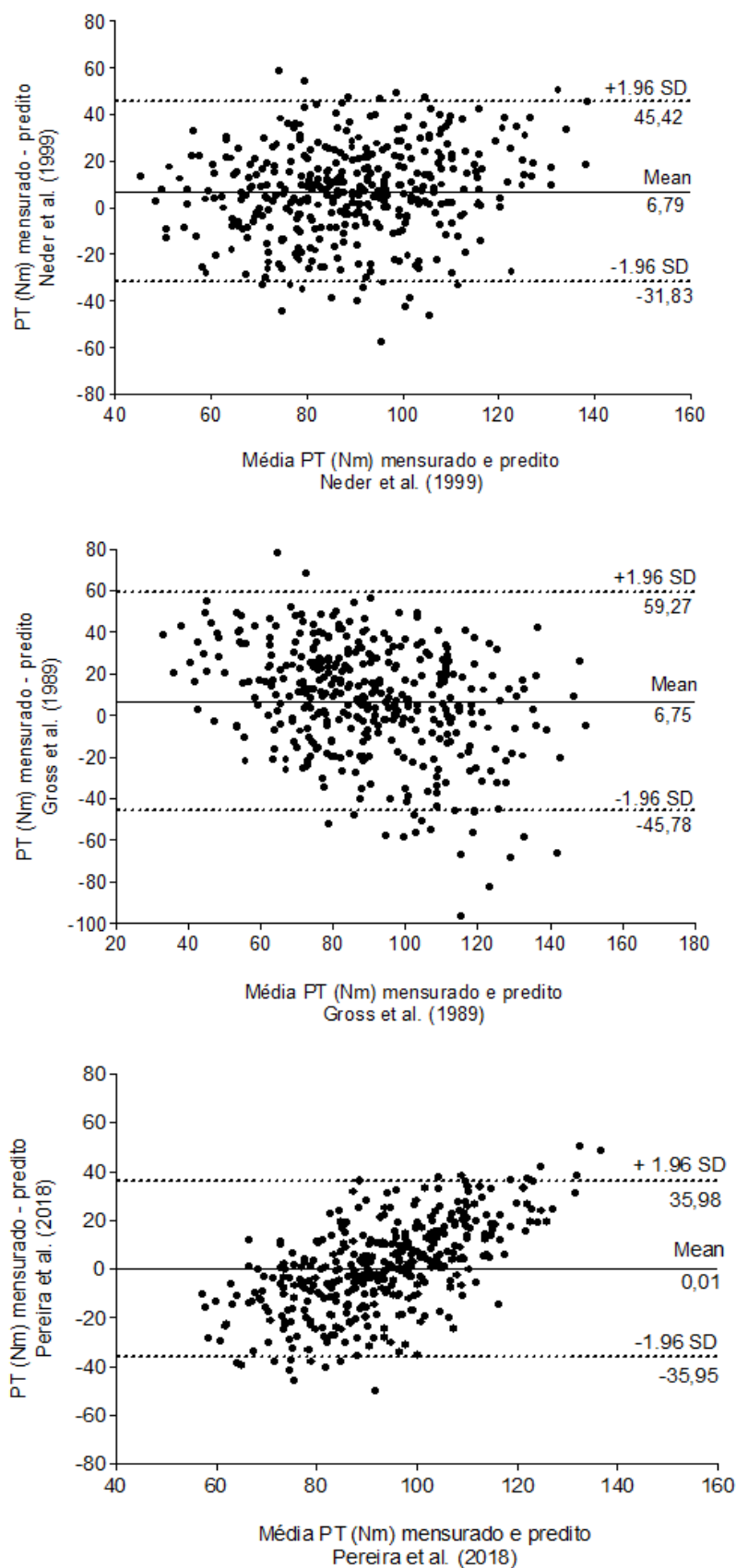


Figura 24. Plot de *Bland Altman* entre os valores de PT (Nm) mensurados e preditos pelas equações de Neder et al. (1999), Gross et al. (1989) e Pereira et al. (2018) em 390 idosas. Linha contínua: média das diferenças (viés); linhas tracejadas: limites de concordância de 95%.

A Tabela 10 mostra valores absolutos do PT (Nm) mensurados e obtidos pela equação de Pereira et al. (2018), e os percentuais do PT preditos em uma amostra independente composta por 110 idosas, estratificadas por faixa etária. Nota-se que a equação de Pereira et al. (2018) correspondeu à amostra independente, com o grupo total produzindo um percentual do PT predito de, aproximadamente, 95%. Essa equação foi bastante estável entre todos os grupos etários; os valores do PT mensurados variaram de 92 a 99% dos valores preditos. A Figura 25 ilustra o gráfico de *Bland-Altman* comparando os valores de PT mensurados e preditos pela equação de Pereira et al. (2018) em uma amostra independente. O viés médio foi de -4,23 (IC 95% -39,18 a 30,70 Nm).

Tabela 10. Valores absolutos de PT (Nm) mensurados e preditos pela equação de Pereira et al. (2018) e percentual do PT predito em uma amostra independente (n= 110), estratificados por faixa etária. Dados expressos em média \pm desvio-padrão.

	PT (Nm) mensurado		Pereira et al. (2018)		% predito	
Total (n=110)	86,97	\pm 19,97	91,21	\pm 11,72	95,63	\pm 19,16
Faixa etária (anos)						
60-64 (n=39)	96,65	\pm 20,40	99,85	\pm 6,92	96,76	\pm 18,90
65-69 (n=37)	83,13	\pm 16,25	93,74	\pm 8,12	92,30	\pm 17,45
70-74 (n=14)	83,65	\pm 20,98	85,74	\pm 6,78	97,61	\pm 23,34
75-79 (n=12)	75,68	\pm 14,64	76,87	\pm 3,92	99,05	\pm 21,10
80-84 (n=9)	69,45	\pm 15,74	70,95	\pm 6,18	97,53	\pm 18,93

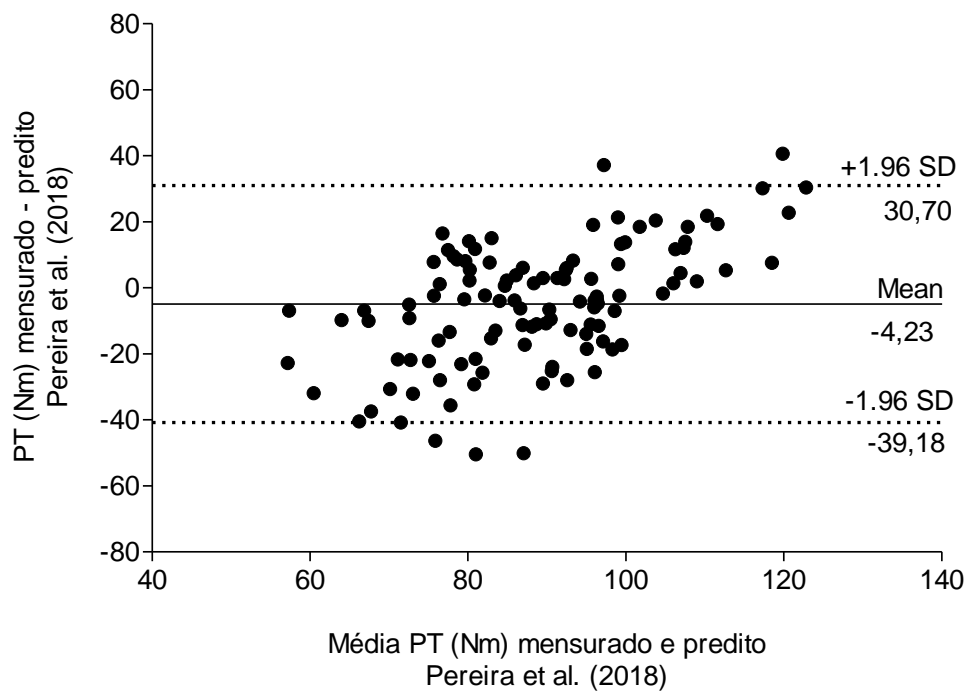


Figura 25. Plot de *Bland Altman* entre os valores de PT (Nm) mensurados e preditos pela equação de Pereira et al. (2018) em uma amostra independente (n=110). Linha contínua: média das diferenças (viés); linhas tracejadas: limites de concordância de 95%.

6 DISCUSSÃO

Uma das principais contribuições do presente estudo foi estabelecer valores normativos de força isocinética dos extensores do joelho em mulheres idosas. Vale salientar, ainda, que as participantes classificadas nos estratos inferiores de força muscular exibiram piores desempenhos nos testes funcionais. Outro aspecto interessante é que nós utilizamos dados de um número relativamente grande de testes isocinéticos e desenvolvemos uma equação de referência específica para mulheres mais velhas, visto que as fórmulas existentes na literatura parecem não ser adequadas para esse público.

6.1 VALORES NORMATIVOS DE FORÇA ISOCINÉTICA DOS EXTENSORES DO JOELHO

Acredita-se que o presente estudo apresentou um avanço em relação aos esforços anteriores que dispuseram estabelecer valores de referência para força isocinética dos extensores do joelho em indivíduos idosos (DANNESKIOLD-SAMSOE et al., 2009; GROSS et al., 1989; HARBO et al., 2012; LEYVA et al., 2016; NEDER et al., 1999; PHILLIPS et al., 2000). Primeiramente, esses estudos relataram dados normativos baseados em média e desvio-padrão, porém nós empregamos percentis como pontos de corte da força isocinética do quadríceps em valores absolutos e relativos que permitem classificar idosas em comparação com outras do mesmo grupo etário. Além disso, é válido esclarecer que tais estudos estratificaram os voluntários por faixa etária com intervalo de 10 anos, mas sabemos que a idade afeta significativamente a força muscular e que esses valores podem não ser uniformemente distribuídos dentro desse intervalo, resultando em uma interpretação equivocada da avaliação isocinética (CHARLIER et al., 2016; GOODPASTER et al., 2006). Sendo assim, no presente estudo, adotou-se intervalo de 5 anos, o que é importante, pois houve declínio significativo entre idosas com idade 60-64 anos e os demais grupos etários.

Adicionalmente, esses estudos avaliaram amostras populacionais de faixa etária ampla, porém com um modesto número de indivíduos idosos. Leyva et al. (LEYVA et al., 2016) e Danneskiold-Samsoe et al. (DANNESKIOLD-SAMSOE et al.,

2009), por exemplo, avaliaram 357 e 184 participantes entre 19 e 80 anos, compreendendo apenas 137 e 45 idosas na amostra, respectivamente. Nader et al. e Harbo et al. também desenvolveram valores de referência para força isocinética, mas não mencionaram o número de pessoas idosas incluídas no estudo. Por outro lado, a amostra da atual pesquisa foi relativamente grande (n=453) e composta exclusivamente por mulheres idosas com idade até 84 anos. Assim, nossos achados podem permitir aos profissionais da saúde uma interpretação mais confiável e precisa da avaliação isocinética em mulheres idosas, identificando aquelas que se encontram dentro de uma faixa considerada adequada e aquelas que apresentam força inferior aos valores de referência de acordo com sua faixa etária. Evidentemente, essas informações são fundamentais para desenvolver estratégias que visem ao aprimoramento dessa qualidade física.

Para fornecer uma descrição abrangente, além da apresentação de valores absolutos, é essencial conhecer valores em relação à massa corporal dos voluntários, dado seu grande impacto na força muscular absoluta (KOUSHYAR et al., 2017). Conseqüentemente, os resultados variam bastante entre participantes da mesma faixa etária, parcialmente refletindo suas diferenças de massa corporal (BARBAT-ARTIGAS et al., 2013). De acordo com os níveis de classificação, apresentados no presente estudo, que foi baseada na força relativa, observou-se que idosas classificadas nos estratos inferiores de força muscular exibiram desempenho reduzido nos testes funcionais. Embora a relação entre força e funcionalidade dos membros inferiores esteja bem documentada na literatura (DING; YANG, 2016; HAIRI et al., 2010; PISCIOTTANO et al., 2014), não temos conhecimentos de estudos prévios que examinaram as implicações de valores de referência na função física. Alguns relatos classificaram como baixos níveis de força valores iguais ou inferiores ao percentil 20 que, de fato, esteve relacionado a limitações funcionais nas análises do presente estudo (HAIRI et al., 2010; SENECHAL et al., 2014; YOO; CHOI; HA, 2017). Mas, cabe salientar que as idosas classificadas nos percentis 20 a 40, também exibiram declínio na função física e, portanto, devem ser observadas com atenção ao interpretar os resultados no teste isocinético em contextos clínicos, a fim de conceber programas de reabilitação com condutas específicas para o fortalecimento muscular.

6.2 DESENVOLVIMENTO E VALIDAÇÃO DA EQUAÇÃO DE REFERÊNCIA PARA FORÇA ISOCINÉTICA DOS EXTENSORES DO JOELHO

As equações de referência disponíveis na literatura foram derivadas de populações com faixa etária ampla, mas envolveram um número limitado de idosos em suas amostras e, portanto, podem não contemplar valores apropriados para os indivíduos acima de 60 anos. De fato, as equações de Neder et al. (1999) e Gross et al. (1989) subestimaram significativamente os valores de PT e essa diferença foi mantida em todas as faixas etárias, com maior erro entre os grupos mais velhos. Por exemplo, entre as participantes com idades de 75 a 79 anos, o percentual do PT predito, a partir da equação de Neder et al. (1999), foi de 123,1%, enquanto para Gross et al. (1989) foi de 164,2%, demonstrando, então, não serem válidas e adequadas para essa população. Assim, há uma clara necessidade de estabelecer uma equação de referência que seja apropriada para mulheres mais velhas, visto que conhecer a força muscular de um indivíduo em relação aos seus pares permite aperfeiçoar as aplicações prognósticas do teste e fornece suporte para uma adequada prescrição de exercícios (DOUMA et al., 2014; RIBOM et al., 2011).

Em função disso, o presente estudo desenvolveu uma equação específica para idosas, a partir de uma amostra relativamente grande e composta somente por mulheres mais velhas. A análise de Bland-Altman mostrou um viés de 6,79 e 6,75 Nm para as equações de Neder et al. (1999) e Gross et al. (1989), respectivamente (Figura 24), enquanto o viés foi consideravelmente menor (aproximadamente 40%) para a equação de Pereira et al. (2018) analisados em uma amostra independente (Figura 25). Esses resultados sugerem que a equação desenvolvida no presente estudo forneceu valores de referência mais adequados para mulheres idosas. Em particular, o percentual do PT predito foi de, aproximadamente, 95%, permanecendo bastante estável em todos os grupos etários (variando de 92 a 99%). Todas essas observações em conjunto sugerem um potencial para aplicação dessa equação, ao interpretar resultados de um teste isocinético, mas estudos futuros são necessários para examinar seu uso em outras amostras independentes de mulheres idosas e sua associação com desfechos relacionados à saúde.

Os resultados do presente estudo devem ser considerados em termos de potenciais aplicações práticas em avaliação geriátrica. As variáveis idade, massa corporal e estatura foram contribuintes significativos da força do quadríceps e, assim, compuseram a equação de referência. Essas variáveis são facilmente disponíveis e simples de mensurar em rotinas clínicas e de pesquisa (GROSS et al., 1989; HARBO et al., 2012; NEDER et al., 1999). A equação é portátil e pode ser aplicada diretamente antes da sessão de teste ou inserida em programas de computador para cálculo automatizado e armazenamento de dados. Ao analisar os resultados de um teste isocinético, conhecer o PT de uma mulher, em relação ao que é esperado, para sua idade, massa corporal e estatura, facilita a interpretação adequada dos resultados, considerando as características individuais e possibilitando comparações mais confiáveis entre os grupos (LOPES et al., 2018). Além disso, em razão do aumento do número de idosos em todo o mundo e da importância da força do quadríceps para a autonomia física (PLOUTZ-SNYDER et al., 2002), a detecção precoce de perda de força muscular pode permitir aos clínicos administrar intervenções terapêuticas oportunas nesse grupo etário (HARBO et al., 2012). Nesse sentido, a equação também pode ser usada para analisar os efeitos de treinamento de resistência ou de qualquer tipo de programa de reabilitação visando melhorar a força muscular.

6.3 PONTOS FORTES E LIMITAÇÕES

O presente estudo apresenta como ponto forte o grande número de participantes da amostra que foram utilizadas para estabelecer valores normativos de força isocinética dos extensores do joelho em mulheres idosas. Contudo existem algumas limitações importantes a serem destacadas. Em primeiro lugar, as análises foram realizadas em mulheres, refletindo a homogeneidade da amostra em termos de gênero e, portanto estudos futuros são necessários para desenvolver valores de referência de força do quadríceps para homens mais velhos. Além disso, as participantes foram avaliadas, em uma única velocidade angular (60 °/s), logo os valores de referência para outras velocidades não são fornecidos. É válido esclarecer, também, que a natureza transversal do estudo não permite estabelecer

quaisquer relações de causa e efeito entre baixos níveis de força e prejuízos funcionais.

Outra limitação do estudo diz respeito ao baixo poder preditivo (30%) da equação proposta, reforçando a ideia de que outros fatores, além de idade e medidas antropométricas, contribuem para variação da força isocinética dos extensores do joelho. Sugere-se, então, o desenvolvimento de novas equações que incluam outras variáveis e que apresentem um poder explicativo da variabilidade dessa força superior a do presente estudo. Finalmente, o tamanho da amostra variou entre os grupos etários, com a menor representação de mulheres com idade superior a 80 anos (aproximadamente, 4% de todas as idosas). Embora isso seja comum a outros conjuntos de dados publicados, recomenda-se que pesquisas futuras busquem integrar maior número de mulheres com essa faixa etária.

7 CONCLUSÕES

Em síntese, o presente estudo forneceu valores normativos de força isocinética dos extensores do joelho em mulheres idosas, uma população para a qual valores de referência são escassos. O desempenho funcional se mostrou inferior entre as idosas classificadas nos estratos inferiores de força do quadríceps, indicando potencial implicação clínica. Além disso, com base nos resultados observados, é possível concluir que as equações de Neder et al. (1999) e Gross et al. (1989) não são adequadas para prever valores de referência da força isocinética dos extensores do joelho em mulheres idosas. Em comparação com as equações supracitadas, a equação desenvolvida no presente estudo apresentou erro médio consideravelmente menor e, portanto com valores de referência mais adequados. Futuros estudos são necessários para melhor investigar esses valores de referência em outras populações de idosas e suas potenciais aplicações quando da interpretação de avaliações isocinéticas em mulheres idosas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALANGARI, A. S.; AL-HAZZAA, H. M. Normal isometric and isokinetic peak torques of hamstring and quadriceps muscles in young adult Saudi males. **Neurosciences (Riyadh)**, v. 9, n. 3, p. 165-70, Jul 2004.

BALTZOPOULOS, V.; BRODIE, D. A. Isokinetic dynamometry. Applications and limitations. **Sports Medicine**, v. 8, n. 2, p. 101-16, Aug 1989.

BANG, E. et al. Relationship between thigh intermuscular adipose tissue accumulation and number of metabolic syndrome risk factors in middle-aged and older Japanese adults. **Experimental Gerontology**, v. 79, p. 26-30, Jun 15 2016.

BARBAT-ARTIGAS, S. et al. Clinical relevance of different muscle strength indexes and functional impairment in women aged 75 years and older. **The Journals of Gerontology. Series A, Biological Sciences and Medical Sciences**, v. 68, n. 7, p. 811-9, Jul 2013.

BASUALTO-ALARCON, C. et al. Sarcopenia and Androgens: A Link between Pathology and Treatment. **Frontiers in Endocrinology**, v. 5, p. 217, 2014.

BOHANNON, R. W. et al. Grip and knee extension muscle strength reflect a common construct among adults. **Muscle & Nerve**, v. 46, n. 4, p. 555-8, Oct 2012.

BOTTARO, M.; RUSSO, A. F.; DE OLIVEIRA, R. J. The effects of rest interval on quadriceps torque during an isokinetic testing protocol in elderly. **Journal of Sports Science & Medicine**, v. 4, n. 3, p. 285-90, Sep 01 2005.

BROOK, M. S. et al. Skeletal muscle homeostasis and plasticity in youth and ageing: impact of nutrition and exercise. **Acta Physiologica (Oxf)**, v. 216, n. 1, p. 15-41, Jan 2016.

CAWTHON, P. M. et al. Do muscle mass, muscle density, strength, and physical function similarly influence risk of hospitalization in older adults? **Journal of the American Geriatrics Society**, v. 57, n. 8, p. 1411-9, Aug 2009.

CHALE, A. et al. Efficacy of whey protein supplementation on resistance exercise-induced changes in lean mass, muscle strength, and physical function in mobility-

limited older adults. **The Journals of Gerontology. Series A, Biological Sciences and Medical Sciences**, v. 68, n. 6, p. 682-90, Jun 2013.

CHARLIER, R. et al. Age-related decline in muscle mass and muscle function in Flemish Caucasians: a 10-year follow-up. **Age (Dordr)**, v. 38, n. 2, p. 36, Apr 2016.

CHARLIER, R. et al. Muscle mass and muscle function over the adult life span: a cross-sectional study in Flemish adults. **Archives of Gerontology and Geriatrics**, v. 61, n. 2, p. 161-7, Sep-Oct 2015.

CHENG, Q. et al. A cross-sectional study of loss of muscle mass corresponding to sarcopenia in healthy Chinese men and women: reference values, prevalence, and association with bone mass. **Journal of Bone and Mineral Metabolism**, v. 32, n. 1, p. 78-88, Jan 2014.

CODEPLAN. Perfil dos idosos no Distrito Federal, segundo as Regiões Administrativas. **Brasília**, 2013.

CRUZ-JENTOFT, A. J. et al. Sarcopenia: European consensus on definition and diagnosis: Report of the European Working Group on Sarcopenia in Older People. **Age and Ageing**, v. 39, n. 4, p. 412-23, Jul 2010.

CSAPO, R.; ALEGRE, L. M. Effects of resistance training with moderate vs heavy loads on muscle mass and strength in the elderly: A meta-analysis. **Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports**, v. 26, n. 9, p. 995-1006, Sep 2016.

DANNESKIOLD-SAMSOE, B. et al. Isokinetic and isometric muscle strength in a healthy population with special reference to age and gender. **Acta Physiologica (Oxf)**, v. 197 Suppl 673, p. 1-68, Oct 2009.

DELMONICO, M. J. et al. Longitudinal study of muscle strength, quality, and adipose tissue infiltration. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 90, n. 6, p. 1579-85, Dec 2009.

DENNISON, E. M.; SAYER, A. A.; COOPER, C. Epidemiology of sarcopenia and insight into possible therapeutic targets. **Nature Reviews. Rheumatology**, v. 13, n. 6, p. 340-347, Jun 2017.

DING, L.; YANG, F. Muscle weakness is related to slip-initiated falls among community-dwelling older adults. **Journal of Biomechanics**, v. 49, n. 2, p. 238-43, Jan 25 2016.

DIZ, J. B. et al. Prevalence of sarcopenia in older Brazilians: A systematic review and meta-analysis. **Geriatrics & Gerontology International**, v. 17, n. 1, p. 5-16, Jan 2017.

DOHERTY, T. J. Invited review: Aging and sarcopenia. **Journal of Applied Physiology**, v. 95, n. 4, p. 1717-27, Oct 2003.

DOUMA, R. K. et al. Reference values for isometric muscle force among workers for the Netherlands: a comparison of reference values. **BMC Sports Science, Medicine & Rehabilitation**, v. 6, n. 1, p. 10, Feb 25 2014.

ETHGEN, O. et al. The Future Prevalence of Sarcopenia in Europe: A Claim for Public Health Action. **Calcified Tissue International**, v. 100, n. 3, p. 229-234, Mar 2017.

EVANS, W. J. et al. Frailty and muscle metabolism dysregulation in the elderly. **Biogerontology**, v. 11, n. 5, p. 527-36, Oct 2010.

FELICIO, D. C. et al. Poor correlation between handgrip strength and isokinetic performance of knee flexor and extensor muscles in community-dwelling elderly women. **Geriatrics & Gerontology International**, v. 14, n. 1, p. 185-9, Jan 2014.

FERRUCCI, L. et al. Of Greek heroes, wiggling worms, mighty mice, and old body builders. **The Journals of Gerontology. Series A, Biological Sciences and Medical Sciences**, v. 67, n. 1, p. 13-6, Jan 2012.

FRAGALA, M. S. et al. Comparison of Handgrip and Leg Extension Strength in Predicting Slow Gait Speed in Older Adults. **Journal of the American Geriatrics Society**, v. 64, n. 1, p. 144-50, Jan 2016.

FRONTERA, W. R. et al. Aging of skeletal muscle: a 12-yr longitudinal study. **Journal of Applied Physiology**, v. 88, n. 4, p. 1321-6, Apr 2000.

GADELHA, A. B. et al. Associação entre força, sarcopenia e obesidade sarcopénica com o desempenho funcional de idosas. **Motricidade**, v. 10, n. 3, p. 31-39, 2014.

GIELEN, E. et al. Endocrine determinants of incident sarcopenia in middle-aged and elderly European men. **Journal of Cachexia, Sarcopenia and Muscle**, v. 6, n. 3, p. 242-52, Sep 2015.

GOODPASTER, B. H. et al. The loss of skeletal muscle strength, mass, and quality in older adults: the health, aging and body composition study. **The Journals of Gerontology. Series A, Biological Sciences and Medical Sciences**, v. 61, n. 10, p. 1059-64, Oct 2006.

GROSS, M. T. et al. Relationship between multiple predictor variables and normal knee torque production. **Physical therapy**, v. 69, n. 1, p. 54-62, Jan 1989.

HAIRI, N. N. et al. Loss of muscle strength, mass (sarcopenia), and quality (specific force) and its relationship with functional limitation and physical disability: the Concord Health and Ageing in Men Project. **Journal of the American Geriatrics Society**, v. 58, n. 11, p. 2055-62, Nov 2010.

HARBO, T.; BRINCK, J.; ANDERSEN, H. Maximal isokinetic and isometric muscle strength of major muscle groups related to age, body mass, height, and sex in 178 healthy subjects. **European Journal of Applied Physiology**, v. 112, n. 1, p. 267-75, Jan 2012.

HARPER, S. Economic and social implications of aging societies. **Science**, v. 346, n. 6209, p. 587-91, Oct 31 2014.

HAYASHIDA, I. et al. Correlation between muscle strength and muscle mass, and their association with walking speed, in community-dwelling elderly Japanese individuals. **PloS one**, v. 9, n. 11, p. e111810, 2014.

HEPPLE, R. T.; RICE, C. L. Innervation and neuromuscular control in ageing skeletal muscle. **The Journal of Physiology**, v. 594, n. 8, p. 1965-78, Apr 15 2016.

HOLM, I. et al. A normative sample of isotonic and isokinetic muscle strength measurements in children 7 to 12 years of age. **Acta Paediatrica**, v. 97, n. 5, p. 602-7, May 2008.

HOUSTON, D. K. et al. Dietary protein intake is associated with lean mass change in older, community-dwelling adults: the Health, Aging, and Body Composition (Health ABC) Study. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 87, n. 1, p. 150-5, Jan 2008.

HUGHES, V. A. et al. Longitudinal muscle strength changes in older adults: influence of muscle mass, physical activity, and health. **The Journals of Gerontology. Series A, Biological Sciences and Medical Sciences**, v. 56, n. 5, p. B209-17, May 2001.

IANNUZZI-SUCICH, M.; PRESTWOOD, K. M.; KENNY, A. M. Prevalence of sarcopenia and predictors of skeletal muscle mass in healthy, older men and women. **The Journals of Gerontology. Series A, Biological Sciences and Medical Sciences**, v. 57, n. 12, p. M772-7, Dec 2002.

IBGE. Censo Populacional 2010. **Rio de Janeiro.**, 2010.

_____. Projeção da população do Brasil por sexo e idade 2000-2060; Projeção da população das Unidades da Federação por sexo e idade 2000-2030., 2013a.

_____. Síntese de Indicadores Sociais. Uma análise das condições de vida da população brasileira. . 2013b.

JUBRIAS, S. A. et al. Decline in isokinetic force with age: muscle cross-sectional area and specific force. **Pflugers Archiv : European Journal of Physiology**, v. 434, n. 3, p. 246-53, Jul 1997.

KAMEN, G.; KNIGHT, C. A. Training-related adaptations in motor unit discharge rate in young and older adults. **The Journals of Gerontology. Series A, Biological Sciences and Medical Sciences**, v. 59, n. 12, p. 1334-8, Dec 2004.

KIM, J. H. et al. Sarcopenia: an independent predictor of mortality in community-dwelling older Korean men. **The Journals of Gerontology. Series A, Biological Sciences and Medical Sciences**, v. 69, n. 10, p. 1244-52, Oct 2014.

KIM, Y. H. et al. Muscle strength: A better index of low physical performance than muscle mass in older adults. **Geriatrics & Gerontology International**, v. 16, n. 5, p. 577-85, May 2016.

KOUSHYAR, H. et al. Relative Strength at the Hip, Knee, and Ankle Is Lower Among Younger and Older Females Who Are Obese. **Journal of Geriatric Physical Therapy**, v. 40, n. 3, p. 143-149, Jul/Sep 2017.

LEBRÃO, M. L. O envelhecimento no Brasil: aspectos da transição demográfica e epidemiológica. **Saúde Coletiva**, v. 4, n. 17, p. 135-140, 2007.

LEXELL, J.; TAYLOR, C. C.; SJOSTROM, M. What is the cause of the ageing atrophy? Total number, size and proportion of different fiber types studied in whole vastus lateralis muscle from 15- to 83-year-old men. **Journal of the Neurological Sciences**, v. 84, n. 2-3, p. 275-94, Apr 1988.

LEYVA, A.; BALACHANDRAN, A.; SIGNORILE, J. F. Lower-Body Torque and Power Declines Across Six Decades in Three Hundred Fifty-Seven Men and Women: A Cross-sectional Study With Normative Values. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 30, n. 1, p. 141-58, Jan 2016.

LOPES, J. et al. Reference equations for handgrip strength: Normative values in young adult and middle-aged subjects. **Clinical Nutrition: Official Journal of the European Society of Parenteral and Enteral Nutrition**, v. 37, n. 3, p. 914-918, Jun 2018.

LOPRINZI, P. D. Lower extremity muscular strength, sedentary behavior, and mortality. **Age (Dordr)**, v. 38, n. 2, p. 32, Apr 2016.

MANINI, T. M.; CLARK, B. C. Dynapenia and aging: an update. **The Journals of Gerontology. Series A, Biological Sciences and Medical Sciences**, v. 67, n. 1, p. 28-40, Jan 2012.

MORELAND, J. D. et al. Muscle weakness and falls in older adults: a systematic review and meta-analysis. **Journal of the American Geriatrics Society**, v. 52, n. 7, p. 1121-9, Jul 2004.

MORLEY, J. E. Anorexia, body composition, and ageing. **Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolic Care**, v. 4, n. 1, p. 9-13, Jan 2001.

NEDER, J. A. et al. Reference values for concentric knee isokinetic strength and power in nonathletic men and women from 20 to 80 years old. **The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy**, v. 29, n. 2, p. 116-26, Feb 1999.

NILWIK, R. et al. The decline in skeletal muscle mass with aging is mainly attributed to a reduction in type II muscle fiber size. **Experimental Gerontology**, v. 48, n. 5, p. 492-8, May 2013.

NOGUEIRA, F. R. et al. Comparison of maximal muscle strength of elbow flexors and knee extensors between younger and older men with the same level of daily activity. **Clinical Interventions in Aging**, v. 8, p. 401-7, 2013.

OMS, O. World report on ageing and health. 2015.

ONU, O. World Population Prospects: the 2017 revision., v. New York: Unites Nations, 2017.

PHILLIPS, B. A.; SING, K.; MASTAGLIAC, F. L. Isokinetic and isometric torque values using a Kin-Com dynamometer in normal subjects aged 20 to 69 years. **Isokinetics and Exercise Science**, v. 8, n. 3, p. 147-159, 2000.

PIASECKI, M. et al. Age-dependent motor unit remodelling in human limb muscles. **Biogerontology**, v. 17, n. 3, p. 485-96, Jun 2016.

PINHEIRO, M. M. et al. Risk factors for recurrent falls among Brazilian women and men: the Brazilian Osteoporosis Study (BRAZOS). **Caderno de Saúde Pública**, v. 26, n. 1, p. 89-96, Jan 2010.

PISCIOTTANO, M. V. et al. The relationship between lean mass, muscle strength and physical ability in independent healthy elderly women from the community. **The Journal of Nutrition, Health & Aging**, v. 18, n. 5, p. 554-8, May 2014.

PLOUTZ-SNYDER, L. L. et al. Functionally relevant thresholds of quadriceps femoris strength. **The Journals of Gerontology. Series A, Biological Sciences and Medical Sciences**, v. 57, n. 4, p. B144-52, Apr 2002.

PODSIADLO, D.; RICHARDSON, S. The timed "Up & Go": a test of basic functional mobility for frail elderly persons. **Journal of the American Geriatrics Society**, v. 39, n. 2, p. 142-8, Feb 1991.

RANTANEN, T. et al. Midlife hand grip strength as a predictor of old age disability. **Journal of the American Medical Association**, v. 281, n. 6, p. 558-60, Feb 10 1999.

RIBOM, E. L. et al. Population-based reference values of handgrip strength and functional tests of muscle strength and balance in men aged 70-80 years. **Archives of Gerontology and Geriatrics**, v. 53, n. 2, p. e114-7, Sep-Oct 2011.

ROWAN, S. L. et al. Denervation causes fiber atrophy and myosin heavy chain co-expression in senescent skeletal muscle. **PloS one**, v. 7, n. 1, p. e29082, 2012.

RUIZ, J. R. et al. Association between muscular strength and mortality in men: prospective cohort study. **British medical journal / British Medical Association**, v. 337, p. a439, Jul 1 2008.

SENECHAL, M. et al. Cut points of muscle strength associated with metabolic syndrome in men. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 46, n. 8, p. 1475-81, Aug 2014.

SHELKEY, M.; WALLACE, M. Katz Index of Independence in Activities of Daily Living. **Journal of Gerontological Nursing**, v. 25, n. 3, p. 8-9, Mar 1999.

SIERI, T.; BERETTA, G. Fall risk assessment in very old males and females living in nursing homes. **Disability and Rehabilitation**, v. 26, n. 12, p. 718-23, Jun 17 2004.

SIQUEIRA, F. V. et al. Prevalence of falls in elderly in Brazil: a countrywide analysis. **Caderno de Saúde Pública**, v. 27, n. 9, p. 1819-26, Sep 2011.

TERRERI, A. S. A. P.; GREVE, J. M. D.; AMATUZZI, M. M. Avaliação isocinética no joelho do atleta. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 7, n. 5, p. 170-174, 2001.

TIEDEMANN, A. et al. The comparative ability of eight functional mobility tests for predicting falls in community-dwelling older people. **Age and Ageing**, v. 37, n. 4, p. 430-5, Jul 2008.

TROMBETTI, A. et al. Age-associated declines in muscle mass, strength, power, and physical performance: impact on fear of falling and quality of life. **Osteoporosis International**, v. 27, n. 2, p. 463-71, Feb 2016.

VERMA, S. K. et al. Falls and Fall-Related Injuries among Community-Dwelling Adults in the United States. **PloS one**, v. 11, n. 3, p. e0150939, 2016.

VISSER, M. et al. Muscle mass, muscle strength, and muscle fat infiltration as predictors of incident mobility limitations in well-functioning older persons. **The Journals of Gerontology. Series A, Biological Sciences and Medical Sciences**, v. 60, n. 3, p. 324-33, Mar 2005.

VITALE, G.; CESARI, M.; MARI, D. Aging of the endocrine system and its potential impact on sarcopenia. **European Journal of Internal Medicine**, v. 35, p. 10-15, Nov 2016.

WANG, D. et al. Evaluating the fall risk among elderly population by choice step reaction test. **Clinical Interventions in Aging**, v. 11, p. 1075-82, 2016.

YOO, J. I.; CHOI, H.; HA, Y. C. Mean Hand Grip Strength and Cut-off Value for Sarcopenia in Korean Adults Using KNHANES VI. **Journal of Korean Medical Science**, v. 32, n. 5, p. 868-872, May 2017.

ZHANG, Y. et al. Association of sarcopenia and fractures in community-dwelling older adults: a systematic review and meta-analysis of cohort studies. **Osteoporosis International**, v. 29,n.6,p.1253-1262,Jun 2018.

ZVIJAC, J. E. et al. Isokinetic concentric quadriceps and hamstring normative data for elite collegiate American football players participating in the NFL Scouting Combine. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 28, n. 4, p. 875-83, Apr 2014.

ANEXOS

ANEXO A – ANAMNESE

ID: _____

Prezada voluntária,

Muito obrigado pela participação em nossa pesquisa! Solicitamos o preenchimento do questionário abaixo para conhecimento dos seus hábitos de vida e estado de saúde. Por favor, preencha com bastante atenção, estes dados são fundamentais para o êxito do nosso trabalho.

Informações gerais

Nome: _____

Data de nascimento: ____/____/____

Idade: _____ anos

Nível de escolaridade: () 1º grau () 2º grau () 3º grau
() Completo () Incompleto

Endereço: _____

Telefone(s) para contato: _____

Hábitos de saúde

Consome bebida alcoólica? () Sim () Não Com que frequência? _____

É fumante? () Sim () Não Fuma quantos cigarros por dia? _____

Já fumou? () Sim () Não Por quanto tempo? _____ Parou há quanto tempo? _____

Tempo de menopausa: _____

Faz terapia de reposição hormonal? () Sim () Não Há quanto tempo? _____

Já fez terapia de reposição hormonal? () Sim () Não Há quanto tempo? _____

Por quanto tempo? _____

Pratica atividade física regularmente? () Sim () Não

Modalidade 1: _____

Pratica há quanto tempo? _____

Frequência (vezes por semana): () 1 () 2 () 3 () 4 () 5 () 6 () 7

Duração (minutos por sessão): _____ minutos

Modalidade 2: _____

Pratica há quanto tempo? _____

Frequência (vezes por semana): () 1 () 2 () 3 () 4 () 5 () 6 () 7

Duração (minutos por sessão): _____ minutos

Modalidade 3: _____

Pratica há quanto tempo? _____

Frequência (vezes por semana): () 1 () 2 () 3 () 4 () 5 () 6 () 7

Duração (minutos por sessão): _____ minutos

Informações médicas

Assinale no quadro abaixo as doenças você apresenta:

Hipertensão Arterial

Doença neurológica

Diabetes Mellitus

Vestibulopatia

Doença Cardiovascular

Osteoporose

Apresenta alguma outra doença? () Sim () Não

Quais? _____

Observações:

Data: ____ / ____ / ____

Avaliador: _____

MUITO OBRIGADO!

ANEXO B – Questionário Internacional de Atividade Física - Versão Curta

Nome: _____ ID: _____

Data: ____ / ____ / ____ Avaliador: _____

Nós estamos interessados em saber que tipos de atividade física as pessoas fazem como parte do seu dia a dia. As perguntas estão relacionadas ao tempo que você gasta fazendo atividade física na ÚLTIMA semana. As perguntas incluem as atividades que você faz no trabalho, para ir de um lugar a outro, por lazer, por esporte, por exercício ou como parte das suas atividades em casa ou no jardim. Suas respostas são MUITO importantes. Por favor, responda cada questão mesmo que considere que não seja ativo. Obrigado pela sua participação!

Para responder as questões lembre que:

- Atividades físicas VIGOROSAS são aquelas que precisam de um grande esforço físico e que fazem respirar MUITO mais forte que o normal
- Atividades físicas MODERADAS são aquelas que precisam de algum esforço físico e que fazem respirar UM POUCO mais forte que o normal

Para responder as perguntas pense somente nas atividades que você realiza por pelo menos 10 minutos contínuos de cada vez.

1a. Em quantos dias da última semana você CAMINHOU por pelo menos 10 minutos contínuos em casa ou no trabalho, como forma de transporte para ir de um lugar para outro, por lazer, por prazer ou como forma de exercício?

_____ dias por SEMANA () Nenhum

1b. Nos dias em que você caminhou por pelo menos 10 minutos contínuos quanto tempo no total você gastou caminhando por dia?

Horas: _____ Minutos: _____

2a. Em quantos dias da última semana, você realizou atividades MODERADAS por pelo menos 10 minutos contínuos, como por exemplo, pedalar leve na bicicleta, nadar, dançar, fazer ginástica aeróbica leve, jogar vôlei recreativo, carregar pesos leves, fazer serviços domésticos na casa, no quintal ou no jardim como varrer, aspirar, cuidar do jardim, ou qualquer atividade que fez aumentar moderadamente sua respiração ou batimentos do coração (POR FAVOR, NÃO INCLUA CAMINHADA).

_____ dias por **SEMANA** () Nenhum

2b. Nos dias em que você fez essas atividades moderadas por pelo menos 10 minutos contínuos, quanto tempo no total você gastou fazendo essas atividades **por dia**?

Horas: _____ Minutos: _____

3a. Em quantos dias da última semana, você realizou atividades **VIGOROSAS** por pelo menos 10 minutos contínuos, como por exemplo, correr, fazer ginástica aeróbica, jogar futebol, pedalar rápido na bicicleta, jogar basquete, fazer serviços domésticos pesados em casa, no quintal ou cavoucar no jardim, carregar pesos elevados ou qualquer atividade que fez aumentar **MUITO** sua respiração ou batimentos do coração.

_____ dias por **SEMANA** () Nenhum

3b. Nos dias em que você fez essas atividades vigorosas por pelo menos 10 minutos contínuos quanto tempo no total você gastou fazendo essas atividades **por dia**?

Horas: _____ Minutos: _____

Estas últimas questões são sobre o tempo que você permanece sentado todo dia, no trabalho, na escola ou faculdade, em casa e durante seu tempo livre. Isto inclui o tempo sentado estudando, sentado enquanto descansa, fazendo lição de casa visitando um amigo, lendo, sentado ou deitado assistindo TV. Não inclua o tempo gasto sentando durante o transporte em ônibus, trem, metrô ou carro.

4a. Quanto tempo no total você gasta sentado durante um **dia de semana**?

Horas: _____ Minutos: _____


4b. Quanto tempo no total você gasta sentado durante em um **dia de final de semana**?

Horas: _____ Minutos: _____

ANEXO C – Mini-Exame do Estado Mental

Nome: _____ ID: _____

Data: ____ / ____ / ____ Avaliador: _____

Orientação temporal (5 pontos)	Qual é o ANO, SEMESTRE, MÊS, DIA DO MÊS e DIA DA SEMANA em que estamos?	
Orientação espacial (5 pontos)	Qual é o ESTADO, CIDADE, BAIRRO, RUA e LOCAL em que estamos?	
Registro (3 pontos)	Repetir: CANECA, TIJOLO, TAPETE.	
Atenção e cálculo (5 pontos)	Subtrair: $100-7 = 93-7 = 86-7 = 79-7 = 72-7 = 65$ Ou, soletrar a palavra MUNDO de trás para frente.	
Memória de evocação (3 pontos)	Quais os três objetos perguntados anteriormente?	
Nomear dois objetos (2 pontos)	Relógio e caneta.	
Repetir (1 ponto)	“Nem aqui, nem ali, nem lá.”	
Comando de estágios (3 pontos)	Apanhe esta folha de papel com a mão direita, dobre-a ao meio, e coloque-a no chão.	
Ler e executar (1 ponto)	FECHE OS OLHOS.	
Escrever uma frase (1 ponto)	Escrever uma frase que tenha sentido.	
Copiar diagrama (1 ponto)	Copiar dois pentágonos com interseção.	
		
		Escore:
		Déficit cognitivo: () Sim () Não

ANEXO D – Escala de Katz

Nome: _____ ID: _____

Data: ____ / ____ / ____ Avaliador: _____

1- BANHO <input type="checkbox"/> ¹ Independente (necessita de ajuda apenas para lavar uma parte do corpo, p.ex.costas ou extremidades) <input type="checkbox"/> ⁰ Dependente (necessita de ajuda para lavar mais que uma parte do corpo; necessita de ajuda para entrar e sair da banheira; não se lava sozinho)		
2- VESTIR <input type="checkbox"/> ¹ Independente (escolhe a roupa adequada, veste-a e aperta-a; exclui atar os sapatos) <input type="checkbox"/> ⁰ Dependente (precisa de ajuda para se vestir;não é capaz de se vestir)		
3- UTILIZAÇÃO DO SANITÁRIO <input type="checkbox"/> ¹ Independente (não necessita de ajuda para entrar e sair do wc; usa a sanita, limpa-se e veste-se adequadamente; pode usar urinol pela noite) <input type="checkbox"/> ⁰ Dependente (usa urinol ou arrastadeira ou necessita de ajuda para aceder e utilizar a sanita)		
4- TRANSFERÊNCIA (cama / cadeira) <input type="checkbox"/> ¹ Independente (não necessita de ajuda para sentar-se ou levantar-se de uma cadeira nem para entrar ou sair da cama; pode usar ajudas técnicas, p.ex. bengala) <input type="checkbox"/> ⁰ Dependente (necessita de alguma ajuda para se deitar ou levantar da cama/ cadeira; está acamado)		
5- CONTINÊNCIA (vesical / fecal) <input type="checkbox"/> ¹ Independente (controlo completo da micção e defecação) <input type="checkbox"/> ⁰ Dependente (incontinência total ou parcial vesical e/ou fecal; utilização de enemas, algália, urinol ou arrastadeira)		
6- ALIMENTAÇÃO <input type="checkbox"/> ¹ Independente (leva a comida do prato à boca sem ajuda; exclui cortar a carne) <input type="checkbox"/> ⁰ Dependente (necessita de ajuda para comer; não come em absoluto ou necessita de nutrição entérica / parentérica)		
Total: _____	0 Dependência total 1-2 Dependência grave 3-4 Dependência moderada	5 Dependência ligeira 6 Independente

ANEXO E- Parecer do Comitê de Ética em Pesquisa

**Universidade Católica de Brasília - UCB**
Comitê de Ética em Pesquisa - CEP

Brasília, 20 de março de 2007

Ofício CEP/UCB Nº 024/2007

Prezado senhor,

É com satisfação que informamos formalmente a V. Sa. que o projeto "Genética e atividade física em idosos brasileiros: estudo de associação e respostas ao exercício entre polimorfismos dos genes VDR, GDF-8, COL1A1, ACE e a variação nos fenótipos massa e força muscular, controle motor, densidade mineral óssea, respostas hormonais e VO₂ máx. proposto por Rinaldo Wellerson, Adriana Cardoso Fortado, Lúcia Mara Aguiar Bezerra, Maria Alcione Freitas e Silva, Heloisa Thomaz Rabelo, Tailce Kátley Moara Leite, Ricardo Moreno Lima, Carlos Ernesto Santos Pereira, Tullio Cesar de Lima Lima, Breno Silva de Abreu, Ana Claudia de Jesus Teixeira, Métricle Lursa da Silva, Priscila Alvares Lasse e Rodrigo Gomes Vieira, orientados pelo prof. Dr. Ricardo Jacó de Oliveira", foi aprovado por este CEP, em sua 31ª Reunião, realizada em 20 de março do corrente, ficando, portanto, o projeto apto a sua fase de coleta de dados. Informamos ainda que no prazo máximo de 1 (um) ano a contar desta data deverá ser enviado a este CEP um relatório escrito sobre o andamento da presente pesquisa.

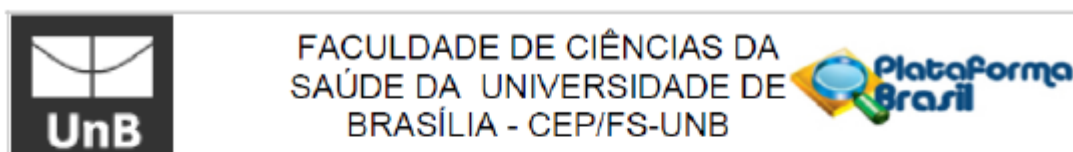
Informamos ainda que para efeito de utilização em publicações os referido projeto encontra-se registrado sob o número CEP/UCB 011/2007.

Atenciosamente,


Prof. Alencar Silveira de Almeida, MS
Presidente

Comitê de Ética em Pesquisa - CEP

ANEXO F – Parecer do Comitê de Ética em Pesquisa

**PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP****DADOS DO PROJETO DE PESQUISA**

Título da Pesquisa: ESTUDO DE ASSOCIAÇÃO ENTRE ADIPOSIDADE, FORÇA MUSCULAR, ESTABILIDADE POSTURAL, DISTRIBUIÇÃO DE PRESSÃO PLANTAR E RISCO DE QUEDAS EM IDOSAS

Pesquisador: Sílvia Gonçalves Ricci Neri

Área Temática:

Versão: 4

CAAE: 44939215.1.0000.0030

Instituição Proponente: Faculdade de Educação Física - UnB

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 1.223.636

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

BRASILIA, 11 de Setembro de 2015

Assinado por:
Marie Togashi
(Coordenador)


 Research Report

Normative Values of Knee Extensor Isokinetic Strength for Older Women and Implications on Physical Function

Juscelia Cristina Pereira, MSc^{1,2}; Silvia Gonçalves Ricci Neri, MSc¹;
Baruch Vainshelboim, PhD³; André Bonadas Gadelha, PhD¹;
Martim Bottaro, PhD¹; Ricardo Jacó de Oliveira, PhD¹;
Ricardo M. Lima, PhD¹

ABSTRACT

Background and Purpose: Lower-limb strength is required for everyday activities and thus its evaluation has been especially emphasized in older adults. Isokinetic testing is a criterion standard method to assess muscle strength; however, lack of reference values limits its usefulness in geriatric evaluation and rehabilitation. The aim of this study was to develop reference values of knee extensor isokinetic strength for older women. As a secondary aim, functional tests were performed for clinical significance validation.

Methods: A total of 453 older women aged 60 to 84 years participated in this study. Knee extensor isokinetic strength was measured using the Biodex System dynamometer at 60° per second. The Timed Up and Go test and the 5 times Sit-to-Stand test were used for functional performance evaluation. Participants were categorized into age groups of 5 years range. The 20th, 40th, 60th, and 80th percentiles were used for stratification purposes.

Results and Discussion: As expected, mean strength values significantly decreased with advancing age groups. Isokinetic percentile groups are presented according to age. Individuals in the lower percentile strata showed significantly reduced performance in both the Timed Up and Go and 5 times Sit-to-Stand tests ($P < .05$).

Conclusion: This study provides normative values of isokinetic knee extensor strength in older women. The association between lower isokinetic knee extensor strength strata and reduced functional capacity supports the potential application

of these reference values in clinical and research settings. Future studies should ascertain these findings in different female populations.

Key Words: aging, peak torque, quadriceps, reference standards, rehabilitation

(*J Geriatr Phys Ther* 2018;0:1-7.)

INTRODUCTION

Sarcopenia, a term derived from Greek in which “sarx” denotes flesh and “penia” loss, has been introduced in the late 80s to describe the age-related decline in skeletal muscle mass.¹ This geriatric syndrome has been linked to multiple negative outcomes in the older adults²⁻⁴ and thus imposes an important economic burden on health care costs.⁵ As women have less muscle mass over the life span than men, they may be at higher risk for functional limitations and disability.^{6,7} Sarcopenia, however, has been currently defined not only as the loss of muscle mass but also by reduced muscle strength and function.⁸ In fact, a growing body of evidence has been demonstrated that strength is more closely related to clinical outcomes than is muscle mass,⁹⁻¹¹ and the term dynapenia has used to specifically refer to the age-related loss of strength.¹² Therefore, strength evaluation for older people has been particularly emphasized; however, normative values are needed for usefulness in clinical practice.¹³⁻¹⁶

Age-related declines in lower-limb strength are associated with functional disabilities that negatively impact the autonomy of daily life activities.^{9,17,18} Measurement of quadriceps strength is particularly relevant, given its numerous clinical applications for geriatric specialists, including sarcopenia and dynapenia screening, assessment of disabilities, and evaluation of the efficacy of therapies.¹⁹ Isokinetic testing has become the criterion standard for assessing muscle strength in geriatric physical therapy practice and research settings.²⁰⁻²² Isokinetic peak torque (PT) is a more elaborate assessment of muscle strength and is usually evaluated at the speed of 60° per second.^{3,9,20} However, the clinical value of isokinetic results importantly relies on

¹Faculty of Physical Education, University of Brasília, Brasília, Distrito Federal, Brazil.

²Federal Institute of Triângulo Mineiro, Campus Paracatu, Paracatu, Minas Gerais, Brazil.

³Master of Cancer Care Program, School of Health Sciences, Saint Francis University, Loretto, Pennsylvania.

The authors declare no conflicts of interest.

Address correspondence to: Juscelia Cristina Pereira, MSc, Universidade de Brasília (UnB), Campus Universitário Darcy Ribeiro, Faculdade de Educação Física, Asa Norte, Brasília, Distrito Federal, Brasil (jusceliapereira87@gmail.com).

Bill Andrews was the Decision Editor.

Copyright © 2018 Academy of Geriatric Physical Therapy, APTA.

DOI: 10.1519/JPT.0000000000000198

a comprehensive set of normative data.^{14,23} Based on the reference values, it will be possible for clinicians and therapists to comprehend what constitutes a “normal” value for an older patient who was evaluated.^{13,15} Knowing an individual’s knee extensor strength relative to his or her peers will not only help identify dynapenia but can also facilitate the decision-making process regarding individually tailored preventive and therapeutic programs.

Previous important efforts have been made to establish reference values for isokinetic muscle strength,¹³⁻¹⁶ but lack of specific data on older adults hinders its usefulness when reviewing results of an isokinetic evaluation in this population. Available reports analyzed a wide age range (ie, from 15 to 83 years) to develop normative standards and thus had only a limited number of older women in their results. Moreover, the functional consequences of being classified in the lower strata of muscle strength have not been examined so far. The primary purpose of the present study was to develop reference values of quadriceps isokinetic strength for older women. As a secondary aim, functional tests were performed for clinical significance validation.

METHODS

Participants

Approximately 800 older women were invited to take part in the present cross-sectional study through visits to centers of leisure and physical activity for older adults, flyers, phone calls and e-marketing. A total of 500 individuals agreed to participate in this project developed at the university between 2008 and 2016 and were assessed for eligibility. The inclusion criterion was to be aged between 60 and 84 years. While several developed world countries have accepted the chronological age of 65 years as a definition of older adults, individuals 60 years of age and older were included considering the World Health Organization’s specifications.²⁴ Thirteen volunteers did not meet the inclusion criteria and as a result 487 participants were eligible for the study. Exclusion criteria were as follows: incapacity to walk without assistance, lower limb prosthesis, musculoskeletal or neurological disorders, and 6-month or less postoperative condition. Also, the Mini-Mental State Examination and the Katz index were used to verify that none of the volunteers suffered from cognitive impairment²⁵ or functional dependency,²⁶ respectively. After exclusion criteria were applied, a total of 453 volunteers took part in the present analysis. Each of these participants answered a face-to-face questionnaire addressing medical history, formal education, medication use, and comorbidities. All participants were informed about the study procedures and voluntarily signed an informed consent form. The authors declare that all experiments on human participants were conducted in accordance with the Declaration of Helsinki, and the study protocol was previously approved by the institutional review board.

Participants were categorized into the following age groups: (a) 60 to 64 years ($n = 170$, 37.6%); (b) 65 to

69 years ($n = 140$, 30.8%); (c) 70 to 74 years ($n = 86$, 19.0%); (d) 75 to 79 years ($n = 39$, 8.6%), and (e) 80 to 84 years ($n = 18$, 4.0%). In addition, a subsample ($n = 215$) was randomly selected to undergo functional tests as an attempt to examine the clinical implications of the observed percentile distribution of muscle strength. The validation sample was similar to the entire cohort in terms of age (68.0 [6.2] years), weight (67.1 [11.5] kg), height (1.55 [0.1] m), and body mass index (27.4 [4.3] kg/m²). Age distribution was also similar: (a) 60 to 64 years ($n = 74$, 34.4%); (b) 65 to 69 years ($n = 64$, 29.8%); (c) 70 to 74 years ($n = 42$, 19.6%); (d) 75 to 79 years ($n = 22$, 10.2%); and (e) 80 to 84 years ($n = 13$, 6.0%). Figure 1 presents the flow diagram detailing the sample recruitment process.

Study Measures

Anthropometric assessments

Standard procedures were used to measure weight with 0.1-kg precision on a physician’s digital balance beam scale (model E150-INAN Filizola, São Paulo, Brazil), and height was measured at the nearest 0.1 cm using a wall stadiometer (WCS/CARDIOMED, Curitiba, Brazil). In addition, body mass index was calculated as body weight divided by height squared (kg/m²).

Isokinetic muscle torque

Knee extensor isokinetic strength was measured using the Biodex System 3 or 4 dynamometer (Biodex, Medical System, Shirley, New York). Calibration of the equipment was performed according to the manufacturer’s specifications before every testing session. After detailed

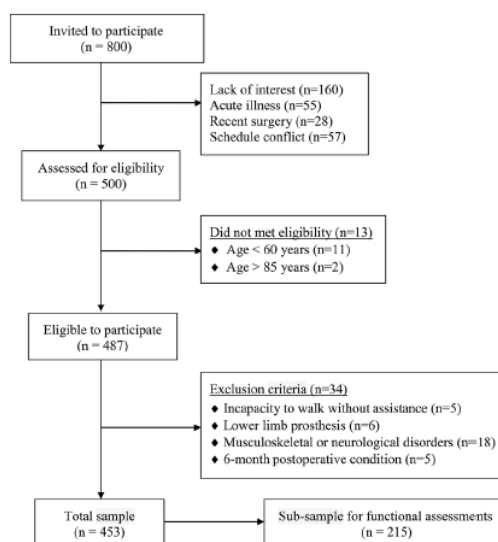


Figure 1. Flow diagram detailing the sample recruitment process.

- a cross-sectional study with normative values. *J Strength Cond Res.* 2016;30(1):141-158.
15. Nader JA, Nery LE, Shinzato GT, Andrade MS, Peres C, Silva AC. Reference values for concentric knee isokinetic strength and power in nonathletic men and women from 20 to 80 years old. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1999;29(2):116-126.
 16. Danneskiold-Samsøe B, Bartels EM, Bülow PM, et al. Isokinetic and isometric muscle strength in a healthy population with special reference to age and gender. *Acta Physiol (Oxf).* 2009;197(suppl 673):1-68.
 17. Ding L, Yang F. Muscle weakness is related to slip-initiated falls among community-dwelling older adults. *J Biomech.* 2016;49(2):238-243.
 18. Haiiri NN, Cumming RG, Naganathan V, et al. Loss of muscle strength, mass (sarcopenia), and quality (specific force) and its relationship with functional limitation and physical disability: the Concord Health and Ageing in men project. *J Am Geriatr Soc.* 2010;58(11):2055-2062.
 19. Ploutz-Snyder LL, Manini T, Ploutz-Snyder RJ, Wolf DA. Functionally relevant thresholds of quadriceps femoris strength. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* 2002;57(4):B144-B152.
 20. Meriwether EN, Host HH, Sinacore DR. Sarcopenic indices in community-dwelling older adults. *J Geriatr Phys Ther.* 2012;35(3):118-125.
 21. Koushlyar H, Nussbaum MA, Davy KP, Madigan ML. Relative strength at the hip, knee, and ankle is lower among younger and older females who are obese. *J Geriatr Phys Ther.* 2017;40(3):143-149.
 22. Bottaro M, Russo AF, de Oliveira RJ. The effects of rest interval on quadriceps torque during an isokinetic testing protocol in elderly. *J Sports Sci Med.* 2005;4(3):285-290.
 23. Hulens M, Vansant G, Lysens R, Claessens AL, Muls E. Assessment of isokinetic muscle strength in women who are obese. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2002;32(7):347-356.
 24. World Health Organization. *World Report on Ageing and Health.* Geneva, Switzerland: World Health Organization; 2015.
 25. Bertolucci PH, Brucki S, Campacci SR, Juliano Y. O mini-exame do estado mental em uma população geral: impacto da escolaridade. *Arq Neuropsiquiatr.* 1994;52(1):1-7.
 26. Shelkey M, Wallace M, Katz index of independence in activities of daily living. *J Gerontol Nurs.* 1999;25(3):8-9.
 27. Podsiadlo D, Richardson S. The Timed "Up & Go": a test of basic functional mobility for frail elderly persons. *J Am Geriatr Soc.* 1991;39(2):142-148.
 28. Kojima G, Masud T, Kendrick D, et al. Does the Timed Up and Go test predict future falls among British community-dwelling older people? Prospective cohort study nested within a randomised controlled trial. *BMC Geriatr.* 2015;15:38.
 29. Tiedemann A, Lord SR, Sherrington C. The development and validation of a brief performance-based fall risk assessment tool for use in primary care. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* 2010;65(8):896-903.
 30. Zhang F, Ferrucci L, Culham E, Metter EJ, Guralnik J, Deshpande N. Performance on five times sit-to-stand task as a predictor of subsequent falls and disability in older persons. *J Aging Health.* 2013;25(3):478-492.
 31. Goldberg A, Chavis M, Watkins J, Wilson T. The five-times-sit-to-stand test: validity, reliability and detectable change in older females. *Aging Clin Exp Res.* 2012;24(4):339-344.
 32. Steffen TM, Hacker TA, Mollinger L. Age- and gender-related test performance in community-dwelling elderly people: Six-minute Walk test, Berg Balance Scale, Timed Up & Go test, and gait speeds. *Phys Ther.* 2002;82(2):128-137.
 33. Lord SR, Murray SM, Chapman K, Munro B, Tiedemann A. Sit-to-stand performance depends on sensation, speed, balance, and psychological status in addition to strength in older people. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* 2002;57(8):M539-M543.
 34. Erdreich LS, Lee ET. Use of relative operating characteristic analysis in epidemiology. A method for dealing with subjective judgement. *Am J Epidemiol.* 1981;114(5):649-662.
 35. Yoo JI, Choi H, Ha YC. Mean hand grip strength and cut-off value for sarcopenia in Korean adults using KNHANES VI. *J Korean Med Sci.* 2017;32(5):868-872.
 36. Senechal M, McGavock JM, Church TS, et al. Cut points of muscle strength associated with metabolic syndrome in men. *Med Sci Sports Exerc.* 2014;46(8):1475-1481.
 37. Sieri T, Beretta G. Fall risk assessment in very old males and females living in nursing homes. *Disabil Rehabil.* 2004;26(12):718-723.
 38. Gunther CM, Burger A, Rickert M, Crispin A, Schulz CU. Grip strength in healthy Caucasian adults: reference values. *J Hand Surg Am.* 2008;33(4):558-565.
 39. Malhotra R, Ang S, Allen JC, et al. Normative values of hand grip strength for elderly Singaporeans aged 60 to 89 years: a cross-sectional study. *J Am Med Dir Assoc.* 2016;17(9):864.e1-864.e7.

Obesity is Associated With Altered Plantar Pressure Distribution in Older Women

Silvia Gonçalves Ricci Neri, André Bonadias Gadelha, Ana Luiza Matias Correia, Juscélia Cristina Pereira, Ana Cristina de David, and Ricardo M. Lima

University of Brasília

Increased plantar pressure has been found to be related with greater risk of falling. Although there is evidence suggesting that obesity is linked to foot disorders, the association between obesity and plantar pressure of older adults has been poorly investigated. The purpose of this study was to examine the association between obesity and plantar pressure distribution and to explore its relationship with body fat distribution. Two hundred and eleven older women took part in this cross-sectional study. Body mass index was taken for obesity classification. Whole body, android, and gynoid fat percentage was assessed using dual-energy x-ray absorptiometry. Peak plantar pressure was evaluated during gait using an Emed AT-4 pressure platform. Obese volunteers generated greater peak pressure at midfoot (187.26 kPa) compared to both normal weight (128.52 kPa, $p < .001$) and overweight (165.74 kPa, $p < .001$). Peak plantar pressure at midfoot was also greater in overweight compared to normal weight ($p < .001$). At forefoot, peak pressure was higher in the obese (498.15 kPa) compared to normal weight volunteers (420.41 kPa, $p = .007$). Additionally, whole body, android, and gynoid fat percentage were significantly associated with peak pressure at midfoot and forefoot. Therefore, clinicians dealing with falls should consider the effect of increased body weight on plantar pressure.

Keywords: aged, body fat distribution, foot, gait analysis

An important change that occurs with advancing age includes fat mass accumulation; currently 35% of Americans aged over 60 years are classified as obese.¹ This number and related complications are expected to increase as the world's population ages. It's well documented that obesity is associated with a variety of metabolic disorders,² however, obesity can also have a profound impact on physical function.³ Of note, recent reports have demonstrated an association between body mass index (BMI) and falls,⁴ the leading cause of accidental death among older adults.⁵

Gait abnormalities have been consistently related to falls.⁶ During ambulation, the foot is the only source of direct contact with the ground. Therefore, any factor that might disrupt normal foot function is likely to impair postural stability and, as a consequence, increase the risk of falls.⁷ In this direction, foot disorders may explain the association between obesity and falls in older people. Indeed, previous evidence has confirmed that obesity negatively affects foot function, in which obese adults have been found to generate significantly higher plantar pressure during walking when compared to their leaner counterparts.⁸⁻¹¹ These findings, however, may not be applied to older adults since there are age-related differences in foot structure and function. For instance, it has been shown that older adults have flatter feet, intrinsic foot muscle weakness, altered plantar loading patterns during gait, and reduced plantar tactile sensitivity.¹² According to our deep literature review, the study by Mickle and Steele¹³ was the only to examine the effects of obesity on the plantar pressure distribution of older individuals, which demonstrated that obese generated significantly greater peak pressure at the midfoot and at the first metatarsal

region. Structurally, obese feet were found to be flatter and to have greater plantar soft tissue thickness.¹³ The influence of different body distribution patterns on plantar pressure, however, was not in the scope of the aforementioned study.

There is a growing debate in the literature as to whether this flatter foot structure does actually constitute lowered arches within the feet. One suggestion is that the flatter feet characteristic of obese individuals may be caused merely by the existence of a thick plantar fat pad underneath the foot, giving the appearance of a flat foot due to greater ground contact.¹⁴ Based on this assumption, it can be argued that gynoid distribution, which is characterized by body fat deposition predominantly in the lower limbs,¹⁵ rather than android pattern, which reflects abdominal fat,¹⁶ may exert a greater impact on the feet. However, the association between body fat distribution and plantar pressure in older adults has yet to be investigated. Such information would be informative and would help to elucidate the relationship between obesity and falls. Therefore, the aim of this study was to examine the association between obesity and plantar pressure distribution in older women and to explore its relationship with body fat distribution. We hypothesized that obesity would be associated with altered plantar pressure, with the gynoid pattern exerting a greater impact on the feet.

Methods

The present cross-sectional study was conducted from July 2015 to June 2016 and included women aged between 60 and 80 years. Volunteers were recruited through flyers and visits to local community social groups and were encouraged to contact the principal investigator. All participants completed a questionnaire designed to verify their eligibility, medical information, and history of falls in the last 12 months. The exclusion criteria were musculoskeletal or

Neri, Gadelha, Correia, Pereira, de David, and Lima are with the College of Physical Education, University of Brasília, Brasília/DF, Brazil. Address author correspondence to Silvia Gonçalves Ricci Neri at silvia_grn@hotmail.com.

Association between obesity, risk of falls and fear of falling in older women

Associação entre obesidade, risco de quedas e medo de cair em mulheres idosas

Silvia Gonçalves Ricci Neri¹
 André Bonadias Gadelha¹
 Ana Luiza Matias Correia¹
 Juscélia Cristina Pereira¹
 Marisete Peralta Safons¹
 Ricardo Moreno Lima¹

Abstract - The aim of this cross-sectional study was to investigate the association between obesity, risk of falls and fear of falling in older women. Two hundred and twenty-six volunteers (68.05 ± 6.22 years, 68.06 ± 11.79 kg, 1.56 ± 0.06 m) were classified as normal weight, overweight or obese, according to the body mass index. Risk of falls and fear of falling were evaluated using QuickScreen Clinical Falls Risk Assessment and Falls Efficiency Scale – International (FES-I), respectively. Comparisons between groups were conducted using Chi-square and ANOVA One-way tests. The significance level was set at $p < 0.05$. Obesity was associated with greater probability of falls ($p < 0.001$), which may be partly explained by decreased muscle strength ($p < 0.001$) and reaction time ($p < 0.001$). In addition, significant differences between groups was observed in FES-I score ($p < 0.01$), with obese women showing more pronounced fear of falling (30.10 ± 8.4) than normal weight (25.33 ± 7.11 , $p < 0.01$) and overweight subjects (26.97 ± 7.05 , $p < 0.05$). These findings corroborate previous evidence pointing obesity as a major risk factor for falls. Therefore, health professionals dealing with fall prevention should consider the effects of overweight.

Key words: Accidental falls; Aging; Obesity.

Resumo - O objetivo deste estudo transversal foi verificar a associação entre obesidade, risco de quedas e medo de cair em mulheres idosas. Duzentas e vinte e seis voluntárias ($68,05 \pm 6,22$ anos; $68,06 \pm 11,79$ kg; $1,56 \pm 0,06$ m) foram classificadas em eutróficas, sobrepesadas ou obesas, de acordo com o índice de massa corporal. O risco de quedas e o medo de cair foram mensurados por meio do QuickScreen Clinical Falls Risk Assessment e da Escala de Eficácia de Quedas – Internacional (FES-I), respectivamente. Para comparação entre grupos, empregaram-se os testes Qui-quadrado e ANOVA One-way. O nível de significância adotado foi de $p < 0,05$. A obesidade foi associada a uma probabilidade de quedas aumentada ($p < 0,001$), o que pode ser parcialmente explicado pela diminuição da força muscular ($p < 0,001$) e do tempo de reação ($p < 0,001$). Adicionalmente, observou-se diferença significativa entre os grupos no escore da FES-I ($p < 0,01$), sendo que as idosas obesas exibiram um medo de cair mais acentuado ($30,10 \pm 8,4$) que as eutróficas ($25,33 \pm 7,11$; $p < 0,01$) e as sobrepesadas ($26,97 \pm 7,05$; $p < 0,05$). Esses achados se agregam a evidências prévias que apontam a obesidade como um importante fator de risco para quedas em idosos. Portanto, profissionais da saúde devem considerar os efeitos do excesso de peso ao lidar com prevenção de quedas.

Palavras-chave: Acidentes por quedas; Envelhecimento; Obesidade.

¹ University of Brasília. Brasília, DF. Brazil.

Received: March 30, 2017
 Accepted: August 14, 2017



Licença
 Creative Commons

ANEXO L – Artigo submetido para publicação (Junho 2018) - *Aging Clinical and Experimental Research*.

Dear Miss PEREIRA,

Thank you for submitting your manuscript,

"A Reference Equation for Normal Standards for Knee Extensors Isokinetic Strength in Brazilian Older Women", to *Aging Clinical and Experimental Research*

During the review process, you can keep track of the status of your manuscript by accessing the Journal's website.

Your username is: jusceliapereira87@gmail.com

If you forgot your password, you can click the 'Send Login Details' link on the EM Login page at <https://acer.editorialmanager.com/>.

With kind regards,

Springer Journals Editorial Office
Aging Clinical and Experimental Research

Now that your article will undergo the editorial and peer review process, it is the right time to think about publishing your article as open access. With open access your article will become freely available to anyone worldwide and you will easily comply with open access mandates. Springer's open access offering for this journal is called Open Choice (find more information on www.springer.com/openchoice). Once your article is accepted, you will be offered the option to publish through open access. So you might want to talk to your institution and funder now to see how payment could be organized; for an overview of available open access funding please go to www.springer.com/oafunding.

Although for now you don't have to do anything, we would like to let you know about your upcoming options.

TITLE PAGE

Title: A Reference Equation for Normal Standards for Knee Extensors Isokinetic Strength in Brazilian Older Women

Juscélia Cristina Pereiraa,b, Silvia Gonçalves Ricci Neria, Baruch Vainshelboimc, André Bonadiaz Gadelhaa, Martim Bottaroa, Ricardo M. Limaa.

a Faculty of Physical Education, University of Brasília, Brasília, Distrito Federal, DF Brazil.

b Federal Institute of Triângulo Mineiro, Campus Paracatu, Paracatu, MG, Brazil.

c Master of Cancer Care Program, School of Health Sciences, Saint Francis University, Loretto, Pennsylvania, PA, USA.

Correspondence Address:

Juscelia Cristina Pereira, MSc

Universidade de Brasília (UnB), Campus Universitário Darcy Ribeiro, Faculdade de Educação Física, Asa Norte - Brasília – Distrito Federal – Brasil. CEP: 70910-970.

Phone: +55 38 99812-2058

E-mail: jusceliapereira87@gmail.com

Abstract

Background: Knee extensors strength assessment has been especially emphasized in older people, but lack of reference values limits its usefulness in geriatric evaluation. **Aims:** The aim of this study was to develop a reference equation for knee extensors isokinetic strength standards in older women. **Methods:** Knee extensors isokinetic tests at 60°s^{-1} were performed in 390 Brazilian older women aged 60-84 years (67.38 ± 5.56 years) and in a separate validation sample of 110 women (67.94 ± 6.13 years). A regression equation for peak torque (PT) was derived and compared to commonly used equations: Neder et al. (1999) and Gross et al. (1989). Age, weight and height were the only significant predictors (Multiple $R=0.55$; $R^2=0.30$; $p<0.001$). The proposed equation was examined in the independent sample. Percent from predicted values were calculated and Bland-Altman plots were constructed. **Results:** Both the Neder et al. (1999) and Gross et al. (1989) equations significantly underestimated predicted PT values (both $p<0.001$); mean bias were 6.79 and 6.75, respectively. The proposed equation $[\text{PT}=39.72-(1.24*\text{age})+(0.44*\text{weight})+(69.70*\text{height})]$ was matched with the independent sample, with a percent predicted isokinetic strength of approximately 95%, a mean bias approximately 40% lower 4.23 than the other equations, and stable across all age-groups. **Conclusions:** Available equations for knee extensors isokinetic strength are not adequate for older women. The equation developed in the present study provided considerably lower average error and thus with more suitable reference values.

Keywords: Elderly women; Isokinetic; Quadriceps; Strength; Reference standards.

Introduction

Advancing age is associated with a variety of structural and functional changes in most physiological systems [1]. Salient features of the aging phenotype encompass a progressive loss of lean body weight, particularly skeletal muscle mass, and a concurrent decline in muscle strength [2,3]. This age-related phenomenon known as sarcopenia negatively impacts physical function in the elderly and increases the risk for a broad spectrum of health outcomes, including mortality [4-7]. Thus, this geriatric syndrome has been demonstrated to impose an important economic burden on health care costs [8], that is likely to increase as the world population ages.

In recent years, a growing body of evidence has provided support for the concept that strength is more closely related to clinical outcomes than is muscle mass in older people [9,10]. The importance of muscle strength for autonomy and daily function performance in the elderly has been well documented [10-12]. Muscle weakness, especially in the knee extensors muscles, has been associated with disability, hospitalization, and mortality [13-15]. Measurement of quadriceps strength has numerous clinical applications, including sarcopenia screening, efficacy of physical therapies, and the assessment of disabilities, and hence has been specially emphasized [16,2].

Isokinetic testing has become a gold standard method to assess muscle strength in both clinical and research settings [17,14,16]. However, precise and reliable measures are only meaningful if they can be examined in the light of reference values [18,19]. The interpretation of an isokinetic test should be made in the context of what is expected for a given individual's age if no apparent limiting condition is present [20]. Several studies have provided reference equations for knee

extensors isokinetic strength norms, all of which focussed young and middle aged adults, and thus with limited number of older subjects included in their samples [19,21-23,20]. Two of the most widely known reference equations developed by Neder et al. and Gross et al. were derived from a sample of men and women with a wide age range (from 10 to 84 years) [21,19]. Hence, these equations may not adequately predict normative standards in older people, a population in which muscle strength assessment is particularly important. Therefore, the purpose of the current report was to apply data from isokinetic tests in older women to develop reference equation for knee extensors isokinetic strength standards in Brazilian older women.

Materials and methods

Study sample

Volunteers were recruited as previously described [24,5]. In brief, approximately 800 Brazilian older women were invited to take part in the study through flyers, phone calls, e-marketing, and visits to centers of leisure and physical activity for elderly people. A total of 500 individuals agreed to participate in this project developed at the university between 2008 and 2017 and were assessed for eligibility. The inclusion criterion was to be aged between 60 and 84 years. Exclusion criteria were as follows: incapacity to walk without assistance, lower limb prosthesis, musculoskeletal or neurological disorders, and 6-month or less postoperative condition. All volunteers answered a face to face questionnaire addressing medical history, medication use, and co-morbidities. Also, the Mini-Mental State Examination [25] and the Katz Index [26] were used to verify that none of the volunteers suffered from cognitive impairment or functional dependency, respectively. After exclusion criteria were applied, 390 subjects were included in the present analyses.

All volunteers were informed about the study procedures and voluntarily signed an informed consent form. All experiments on human subjects were conducted in accordance with the Declaration of Helsinki and the study protocol was previously approved by the Institutional Review Board.

Validation cohort

In order to examine the proposed equation (Pereira et al.) in a sample independent from that which it was developed, a validation group comprised of 110 older women subjects was studied. To obtain reliable validation, the sample size required for this group was calculated from the formula $(104 + k)$ proposed by Green where “k” is the number of explanatory variables [27]. This group was similar to the study sample in terms of age (67.94 ± 6.13 years), years of menopause (18.08 ± 8.04 years), body mass index (27.37 ± 4.07 kg/m²), fat mass ($38.60 \pm 7.35\%$) and fat-free mass (35.88 ± 3.69 kg) (all $p < 0.05$). Subjects met criteria that were similar to the study sample.

Anthropometric and body composition assessments

Standard procedures were used to measure body mass with 0.1 kg precision on a physician’s digital balance beam scale (model E150-INAN Filizola, São Paulo, Brazil), and height was measured at the nearest 0.1 cm with a wall stadiometer (WCS/CARDIOMED, Curitiba, Brazil). BMI was derived as body mass divided by height squared (kg/m²).

Body composition was measured using Dual-energy X-ray Absorptiometry (DXA) (Lunar model 8743, GE Medical Systems, Madison, WI, USA) according to procedures specified elsewhere [5]. In brief, subjects laid face up on the DXA table with body carefully centered. The software provided data of fat mass and fat-free

mass for whole body. The equipment was daily calibrated according to the manufacturer's specifications, and all examinations were performed by a trained technician. Coefficients of variation observed for the DXA in our laboratory were 2.10 % and 1.90 % for fat mass and fat-free mass, respectively.

Isokinetic peak torque

Knee extensors isokinetic strength was measured using the Biodex System 3 or 4 dynamometer (Biodex, Medical System, Shirley, NY, USA). Calibration of the equipment was performed according to the manufacturer's specifications before every testing session. After detailed explanation of the procedure, volunteers were seated on the dynamometer which was then carefully adjusted. Velcro belts were used to stabilize the body and the rotational axis of the dynamometer arm was oriented with the lateral condyle of the participant's femur. After familiarization with the equipment, participants performed 2 sets of 4 knee extensor contractions at 60° per second, with 30 seconds of rest intervals between sets [17]. The recorded value was the single muscle contraction that elicited the highest peak torque (PT) throughout the protocol, which was expressed both in absolute values (Nm) and relative to body weight (Nm/kg). Participants were instructed and verbally encouraged to perform the movement with their maximal strength. Test-retest reliability coefficient (ICC) value for knee extensors PT was 0.91 in our laboratory.

Development of the equation

The equation for predicted PT derived was determined using backward stepwise multiple linear regression procedures. For this analysis, demographic and anthropometric variables were considered as independent variables. Only statistically significant variables were kept in the final model ($p < 0.05$). Data were checked for

and met the assumptions of regression (normality, multicollinearity, homoscedasticity, etc.). After removal of variables that were not significant, the model included age, body weight and height. The model was set as follows: $Y = \beta_0 - \beta_1X_1 - \beta_2X_2 - \beta_3X_3$, where Y = directly measured PT; β = regression coefficient for each of the independent variables.

Cross-validation with other prediction equations

Measured PT for each subject was also cross-validated with two equations available in the literature; the Neder et al. [PT=- 66.44 – (1.53*age) + (1.33*height) + (0.75*weight)] and Gross et al. [PT=-80.723 + (2.331*height) – (0.010*age²) + (0.639*weight) – (22.736*sex)] equations, both derived from subjects of both genders and with a wide age range (10 to 84 years) [21,19].

Statistical analysis

Continuous data are reported as mean \pm standard deviation. The normal distribution of data was examined using the Kolmogorov-Smirnov test. Achieved percentages from the reference values were calculated (measured PT/reference PT * 100) for each equation. Paired Student's t test was used to compare measured PT with those estimated by the equations. Bland-Altman plots were constructed to graphically illustrate the variance between measured PT and predicted values from each regression equation. All statistical analyses were conducted using the Statistical Package for Social Sciences software version 21.0 (SPSS Inc., Chicago, United States of America). Statistical significance was set at $p < 0.05$.

Results

Table 1 presents descriptive characteristics of the study sample (n=390). The stepwise multiple linear regression revealed that the age was a significant predictor of the knee extensors muscle strength (multiple R = 0.40; $R^2 = 0.16$, $p < 0.001$). The addition of the body weight (multiple R = 0.50; $R^2 = 0.25$, $p < 0.001$) and height (multiple R = 0.55; $R^2 = 0.30$, $p < 0.001$) improved the strength of the estimate. The generated equation for predicting PT (Nm) was: $39.72 - (1.24 * \text{age}) + (0.44 * \text{body weight}) + (69.70 * \text{height})$.

Table 2 shows measured and predicted PT values, as well as achieved percentages from predicted for each of the three equations, according to age groups. In general, both the Neder et al. and Gross et al. equations significantly underestimated predicted PT values (both $p < 0.001$) [21,19], this difference was maintained to all age groups ($p < 0.05$). Notably, these equations varied to a greater extent as subjects were older. For example, among individuals in the 75-79 years the predicted achieved from the Neder et al. equation was 123.1%, whereas the predicted PT from the Gross et al. equation was 164.2%, and thus with limited usefulness in this population [19,21]. Bland-Altman plots comparing measured and predicted PT from the three equations are presented in Figure 1. Of note, the mean bias was 6.79 (95% CI, -31.83 to 45.42 Nm) and 6.75 (95% CI, -45.78 to 59.27 Nm) to Neder et al. and Gross et al., respectively [21,19].

The Table 3 presents measured and predicted from the Pereira et al. equation PT values, as well as percentage from predicted using the independent cohort of 110 older women, stratified by age. The proposed equation was matched with the independent sample, with the total group yielding a percent predicted isokinetic strength of approximately 95%. Among all age groups the equation prediction was quite stable; measured knee extensors isokinetic strength values ranged from 92 to

99% from predicted values. Figure 2 illustrates Bland-Altman plot comparing measured and predicted PT values from the Pereira et al. equation in the independent sample. The mean bias was -4.23 (95% CI, -39.18 to 30.70 Nm).

Discussion

Available reference equations for knee extensors isokinetic strength reference values were derived from populations with wide age range, included limited number of older individuals in their samples, and thus may not adequately predict normative standards in the elderly. In fact, the present analyses revealed that both the Neder et al. and Gross et al. equations provided reference PT values that were lower than measured, with significant average errors among all the stratified age groups [21,19]. Thus, these equations have limited clinical usefulness in the elderly, a population in which muscle strength evaluation has been particularly emphasized. The salient contribution of the present study, however, was to use data from a relatively large number of isokinetic tests in older women and derive an equation for knee extensors isokinetic strength standards specific to this population. The results showed that the proposed equation provided values that were close to measured quadriceps PT, was stable across the spectrum of age groups, and presented a low average error in a sample with similar characteristics but independent from that in which the equation was developed. While these observations require further validation in other independent populations of older women, they suggest that the equation proposed here may provide a more suitable standard for quadriceps isokinetic strength, which may be clinically useful for sarcopenia screening and the assessment of functional disabilities.

Neder et al. established reference values for prediction of concentric isokinetic knee strength in 96 healthy subjects (45 men and 51 women) aged 20 to 80 years,

but did not specifically mention the number of older people included [19]. Gross et al. calculated predictive models relating isokinetic knee testing performance to anthropometric and demographic variables in 134 healthy volunteers (70 female, 64 male) between the ages of 10 and 84 years [21]. Thus, these equations may not adequately predict normative standards among older people. In fact, the aforementioned equations significantly underestimated predicted PT values, this difference was maintained to all age groups, with greater bias across the older groups. As an example, for women in the 75-79 age range, the predicted achieved from the Neder et al. equation was 123.2%, whereas the predicted PT from the Gross et al. equation was 164.3%, limiting its usefulness in this population [21,19]. Thus, there is a clear need to know an older individual's muscle strength relative to their peers in order to optimize the prognostic applications of the test, and to provide support for exercise therapy counseling [28,18].

The present study specifically focused on elderly women, with age up to 84 years, and derived an equation from a relatively large sample size. Bland-Atman analysis demonstrate bias of 6.79 Nm and 6.75 for the Neder et al. and Gross et al. equations, respectively [19,21] (Figure 1), whereas the bias was considerably smaller (approximately 40% smaller) for the Pereira et al. equation in an independent sample with similar characteristics (Figure 2). These results suggest that the equation developed in the present study provide more suitable reference strength values in older women. In particular, the percentage predicted isokinetic strength values were approximately 95%, and remained quite stable across the spectrum of age groups (ranging between 92 to 99%). All together, these observations suggest a potential application of the proposed equation when interpreting results of isokinetic tests, but

future studies are required to further examine its use in additional independent samples of elderly women and explore its association with health-related outcomes.

The results of the present study should be considered in terms of its potential practical applications in geriatric evaluation. Age, body mass and height were significant contributors of quadriceps strength and thus composed the equation model. These variables are easily available and simple to implement in clinical and research routines. The equation is portable and can be straightforwardly applied before the testing session or inserted into common computer programs for automated calculation and data storage. When reviewing results of an isokinetic test, knowing an older woman's PT relative to what is expected for her age, weight and height, facilitate adequate interpretation of the results, considering individual characteristics, and enabling more reliable comparisons between groups [29]. Given the increasing number of older adults worldwide, and the importance of quadriceps isokinetic strength to physical autonomy [16], identification of early loss of strength is clearly important and necessary for timely therapeutic interventions [20]. In this direction, the equation may also be used when analysing effects of resistance training or of any type of rehabilitative program aiming at improving muscle strength.

While we attempted to improve upon previous equation shortcomings for application in the elderly, we recognize limitations in the present study. The fact that the study sample was composed of women hinders its application in men. Also, participants were assessed at a single angular speed (60°s^{-1}), so reference values are not applicable for isokinetic protocols involving other angular velocities. It should be pointed out, however, that 60°s^{-1} is the most widely used protocol in elderly's isokinetic evaluation for clinical and research reasons [19,9], and have been

consistently associated to outcomes such as falls, hospitalization, and mortality in previous reports [30,13,4].

Conclusions

The current results demonstrate that available equations for normal standards for knee extensors isokinetic strength are not adequate for older women, indicating limited clinical value in this population. Relative to these equations, an equation derived from isokinetic tests conducted in older women provided considerably lower average error and thus with more suitable reference values. Future studies should address the portability of the proposed equation to other populations and its association with outcomes when applied in clinical and research settings.

Acknowledgments

The authors would like to thank the Brazilian Coordination for the Improvement of Higher Education Personnel (CAPES) and National Council for Scientific and Technological Development (CNPq).

Conflicts of interest: On behalf of all authors, the corresponding author states that there is no conflict of interest.

References

1. Siparsky PN, Kirkendall DT, Garrett WE, Jr. (2014) Muscle changes in aging: understanding sarcopenia. *Sports Health* 6:36-40
2. Cruz-Jentoft AJ, Baeyens JP, Bauer JM, Boirie Y, Cederholm T, Landi F, Martin FC, Michel JP, Rolland Y, Schneider SM, Topinkova E, Vandewoude M, Zamboni M (2010) Sarcopenia: European consensus on definition and diagnosis: Report of the European Working Group on Sarcopenia in Older People. *Age Ageing* 39:412-423
3. Amaral JF, Alvim FC, Castro EA, Doimo LA, Silva MV, Novo Junior JM (2014) Influence of aging on isometric muscle strength, fat-free mass and electromyographic signal power of the upper and lower limbs in women. *Braz J Phys Ther* 18:183-190
4. Kim JH, Lim S, Choi SH, Kim KM, Yoon JW, Kim KW, Lim JY, Park KS, Jang HC (2014) Sarcopenia: an independent predictor of mortality in community-dwelling older Korean men. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 69:1244-1252
5. Lima RM, Bezerra LM, Rabelo HT, Silva MA, Silva AJ, Bottaro M, de Oliveira RJ (2009) Fat-free mass, strength, and sarcopenia are related to bone mineral density in older women. *J Clin Densitom* 12:35-41
6. Martinez BP, Batista AK, Gomes IB, Olivieri FM, Camelier FW, Camelier AA (2015) Frequency of sarcopenia and associated factors among hospitalized elderly patients. *BMC Musculoskelet Disord* 16:108.
7. Kelley GA, Kelley KS (2017) Is sarcopenia associated with an increased risk of all-cause mortality and functional disability? *Exp Gerontol* 96:100-103
8. Beudart C, Zaaria M, Pasleau F, Reginster JY, Bruyere O (2017) Health Outcomes of Sarcopenia: A Systematic Review and Meta-Analysis. *PLoS One* 12:e0169548

9. Pisciotano MV, Pinto SS, Szejnfeld VL, Castro CH (2014) The relationship between lean mass, muscle strength and physical ability in independent healthy elderly women from the community. *J Nutr Health Aging* 18:554-558
10. Barbat-Artigas S, Rolland Y, Cesari M, Abellan van Kan G, Vellas B, Aubertin-Leheudre M (2013) Clinical relevance of different muscle strength indexes and functional impairment in women aged 75 years and older. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 68:811-819
11. Clark BC, Manini TM (2010) Functional consequences of sarcopenia and dynapenia in the elderly. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care* 13:271-276
12. Francis P, McCormack W, Toomey C, Lyons M, Jakeman P (2017) Muscle strength can better differentiate between gradations of functional performance than muscle quality in healthy 50-70y women. *Braz J Phys Ther* 21:457-464
13. Cawthon PM, Fox KM, Gandra SR, Delmonico MJ, Chiou CF, Anthony MS, Sewall A, Goodpaster B, Satterfield S, Cummings SR, Harris TB (2009) Do muscle mass, muscle density, strength, and physical function similarly influence risk of hospitalization in older adults? *J Am Geriatr Soc* 57:1411-1419
14. Ding L, Yang F (2016) Muscle weakness is related to slip-initiated falls among community-dwelling older adults. *J Biomech* 49:238-243.
15. Loprinzi PD (2016) Lower extremity muscular strength, sedentary behavior, and mortality. *Age (Dordr)* 38:32
16. Ploutz-Snyder LL, Manini T, Ploutz-Snyder RJ, Wolf DA (2002) Functionally relevant thresholds of quadriceps femoris strength. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 57:B144-152

17. Bottaro M, Russo AF, de Oliveira RJ (2005) The effects of rest interval on quadriceps torque during an isokinetic testing protocol in elderly. *J Sports Sci Med* 4:285-290
18. Douma RK, Soer R, Krijnen WP, Reneman M, van der Schans CP (2014) Reference values for isometric muscle force among workers for the Netherlands: a comparison of reference values. *BMC Sports Sci Med Rehabil* 6:10
19. Neder JA, Nery LE, Shinzato GT, Andrade MS, Peres C, Silva AC (1999) Reference values for concentric knee isokinetic strength and power in nonathletic men and women from 20 to 80 years old. *J Orthop Sports Phys Ther* 29:116-126
20. Harbo T, Brincks J, Andersen H (2012) Maximal isokinetic and isometric muscle strength of major muscle groups related to age, body mass, height, and sex in 178 healthy subjects. *Eur J Appl Physiol* 112:267-275
21. Gross MT, McGrain P, Demilio N, Plyler L (1989) Relationship between multiple predictor variables and normal knee torque production. *Phys Ther* 69:54-62
22. Kellis S, Kellis E, Manou V, Gerodimos V (2000) Prediction of knee extensor and flexor isokinetic strength in young male soccer players. *J Orthop Sports Phys Ther* 30:693-701
23. Phillips BA, Sing K, Mastaghiac FL (2000) Isokinetic and isometric torque values using a Kin-Com dynamometer in normal subjects aged 20 to 69 years. *Isokinetics and Exercise Science* 8: 147–159
24. Neri SGR, Gadelha AB, Correia ALM, Pereira JC, de David AC, Lima RM (2017) Obesity is Associated With Altered Plantar Pressure Distribution in Older Women. *J Appl Biomech* 33:323-329
25. Bertolucci PH, Brucki S, Campacci SR, Juliano Y (1994) O mini-exame do estado mental em uma população geral: impacto da escolaridade. *Arq Neuropsiquiatr* 52:1-7

26. Shelkey M, Wallace M (1999) Katz Index of Independence in Activities of Daily Living. *J Gerontol Nurs* 25:8-9
27. Green SB (1991) How Many Subjects Does It Take To Do A Regression Analysis. *Multivariate Behav Res* 26:499-510
28. Ribom EL, Mellstrom D, Ljunggren O, Karlsson MK (2011) Population-based reference values of handgrip strength and functional tests of muscle strength and balance in men aged 70-80 years. *Arch Gerontol Geriatr* 53:e114-117
29. Lopes J, Grams ST, da Silva EF, de Medeiros LA, de Brito CMM, Yamaguti WP (2018) Reference equations for handgrip strength: Normative values in young adult and middle-aged subjects. *Clin Nutr* 37:914-918
30. Sieri T, Beretta G (2004) Fall risk assessment in very old males and females living in nursing homes. *Disabil Rehabil* 26:718-723

Table 1 Descriptive characteristics of the study sample (n=390).
Data are expressed as mean and standard deviation.

Variable			
Age (years)	67.38	±	5.56
Body Weight (kg)	66.41	±	11.25
Height (m)	1.54	±	0.06
BMI (kg/m ²)	27.72	±	4.19
Whole-body FFM (kg)	36.44	±	4.56
Relative whole-body FFM (kg/m ²)	15.23	±	1.67
Fat mass (%)	39.82	±	8.54
Menopause (years)	19.18	±	8.55

Abbreviations: BMI, Body Mass Index; AFFM, Appendicular Fat-Free Mass; FFM, Fat-Free Mass.

Table 2 Measured and predicted PT values and achieved percentages of PT for each of the three equations, stratified by age. Data are expressed as mean and standard deviation.

Variables	Age groups					
	All	60-64	65-69	70-74	75-79	80-84
n	390	144	122	79	35	10
Measured PT (Nm)	92.8 ± 21.7	101.2 ± 21.2	93.5 ± 20.9	87.3 ± 18.6	74.9 ± 17.1	72.3 ± 16.3
<i>PT max from predicted equations</i>						
Neder et al. (Nm)	86.0 ± 18.6 ^{a*}	96.6 ± 15.1 ^{a**}	87.9 ± 15.7 ^{a**}	78.0 ± 14.5 ^{a*}	61.9 ± 12.3 ^{a*}	60.7 ± 10.6 ^{a**}
% from achieved	110.3 ± 25.0	105.7 ± 20.3	108.4 ± 26.6	114.2 ± 25.7	123.1 ± 27.5	123.0 ± 33.3
Gross et al. (Nm)	86.0 ± 29.9 ^{a*}	99.6 ± 26.7 ^{a**}	89.1 ± 27.2 ^{a**}	75.6 ± 26.2 ^{a*}	52.4 ± 21.6 ^{a*}	52.8 ± 16.0 ^{a**}
% from achieved	120.1 ± 49.5	107.8 ± 34.6	114.1 ± 46.7	127.2 ± 46.7	164.2 ± 68.2	158.7 ± 91.4
Pereira et al.(Nm)	92.8 ± 11.7	100.7 ± 8.5	94.0 ± 8.8	86.60 ± 8.4	75.6 ± 6.9	73.0 ± 6.0
% from achieved	100.0 ± 19.6	100.2 ± 18.5	99.4 ± 20.9	100.91 ± 19.52	98.8 ± 19.8	99.9 ± 21.60

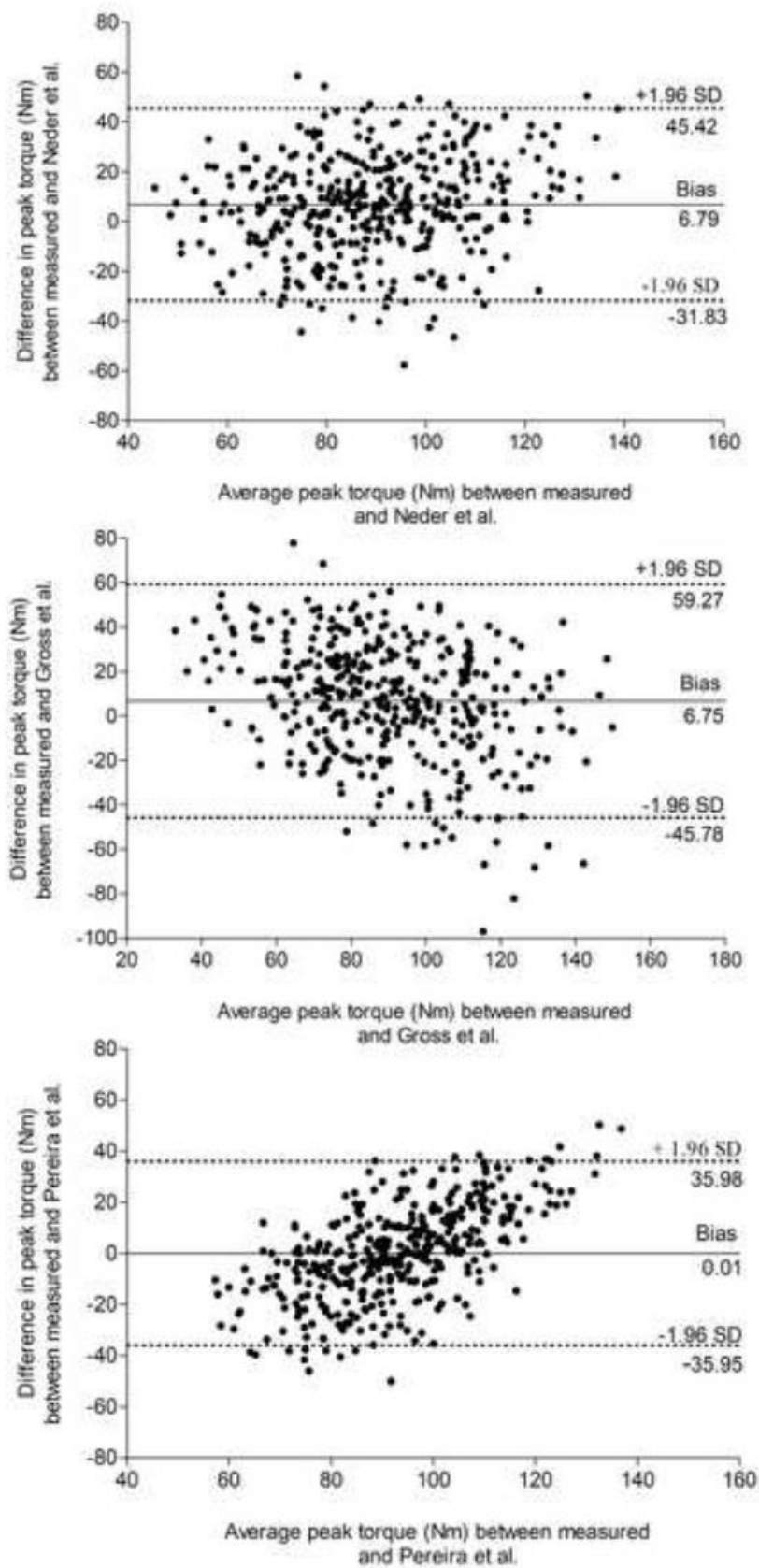
^a Significantly different vs. measured PT (Nm); $p < 0.001$; ^{**} $p < 0.05$.

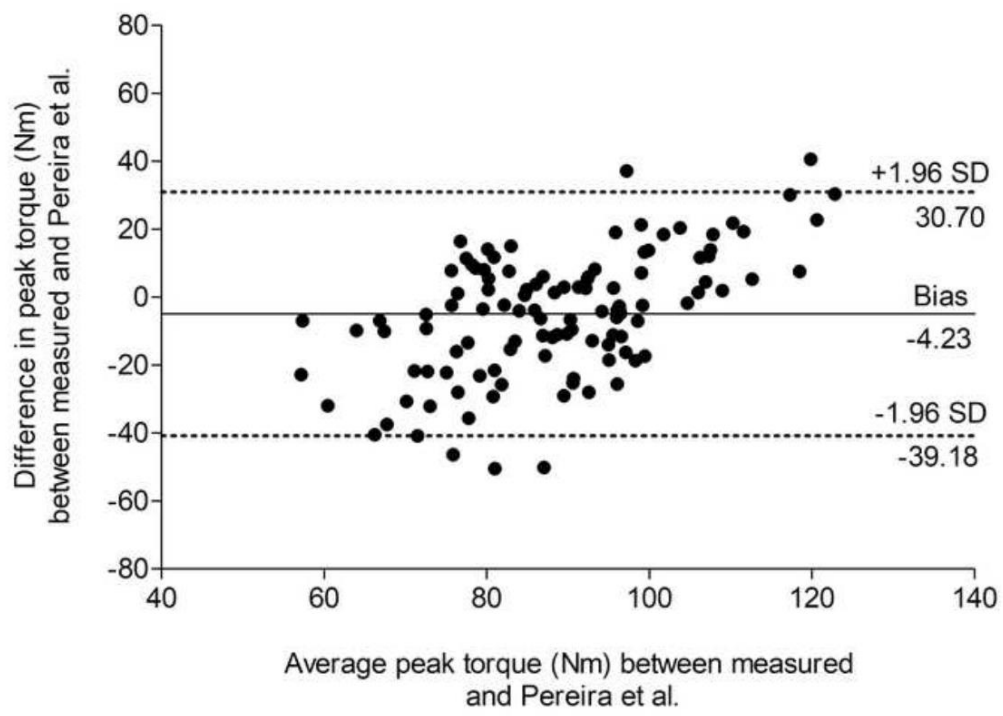
Table 3. Measured PT from an independent sample and percentage of age-predicted PT achieved using the Pereira et al. equation, stratified by age. Data are expressed as mean and standard deviation.

	Measured PT (Nm)		Pereira et al. equation		% predicted	
Total (n=110)	86.97	± 19.97	91.21	± 11.72	95.63	± 19.16
Age groups (years)						
60-64 (n=39)	96.65	± 20.40	99.85	± 6.92	96.76	± 18.90
65-69 (n=37)	83.13	± 16.25	93.74	± 8.12	92.30	± 17.45
70-74 (n=14)	83.65	± 20.98	85.74	± 6.78	97.61	± 23.34
75-79 (n=12)	75.68	± 14.64	76.87	± 3.92	99.05	± 21.10
80-84 (n=9)	69.45	± 15.74	70.95	± 6.18	97.53	± 18.93

Fig 1 Bland–Altman plots comparing measured and predicted PT using the Neder et al., Gross et al. and Pereira et al. equations (n=390).

Fig 2 Bland-Altman plot comparing measured PT (Nm) and predicted PT using the Pereira et al. equation in the independent sample (n=110).





ANEXO M – Artigo submetido para publicação (Abril 2018) - *Topics in Geriatric Rehabilitation*.

Dear Miss Pereira,

Your submission entitled "DYNAPENIC ABDOMINAL OBESITY AS A RISK FACTOR FOR FALLS IN OLDER WOMEN" has been assigned the following manuscript number: TGR-D-18-00030.

You may check on the progress of your paper at any time by logging on to Editorial Manager as an author.

<https://tgr.editorialmanager.com/>

Your username is: jusceliapereira87

<https://tgr.editorialmanager.com/l.asp?i=15604&l=0I5G8JCX>

Thank you for submitting your work to Topics in Geriatric Rehabilitation.

Kind Regards,

Wendy Powers James, PT

Managing Editor

DYNAPENIC ABDOMINAL OBESITY AS A RISK FACTOR FOR FALLS IN OLDER WOMEN

Juscelia Cristina Pereira, MSc^{1,2}; Julia de Moraes Elias¹; Silvia Gonçalves Ricci Neri, MSc¹; André Bonadiaz Gadelha, PhD^{1,3}; Rafael Raposo Lemos¹; Ricardo M. Lima, PhD¹.

¹ Faculty of Physical Education, University of Brasília, Brasília, Distrito Federal, Brazil.

² Federal Institute of Education of Triângulo Mineiro, Paracatu, Minas Gerais, Brazil.

³ Mauá Institute of Research and Education, Vicente Pires, Distrito Federal, Brazil

Conflicts of interest and source of funding: none declared

Correspondence Address:

Juscelia Cristina Pereira, MSc

Universidade de Brasília (UnB), Campus Universitário Darcy Ribeiro, Faculdade de Educação Física, Asa Norte - Brasília – Distrito Federal – Brasil. CEP: 70910-970.

Phone: +55 38 99812-2058

E-mail: jusceliapereira87@gmail.com

ABSTRACT

Background: The combination of dynapenia and central obesity has been introduced as dynapenic abdominal obesity (D/AO), but its relationship with falls-related phenotypes is unclear.

Objectives: To investigate the association between D/AO, risk of falls, dynamic balance, and fear of falling in older women.

Design: Cross-sectional study.

Methods: 217 women (68.03 ± 6.21 years) underwent waist circumference (WC) and handgrip measurements. Risk of falls (QuickScreen), the Timed up and go (TUG) test, and fear of falling were also evaluated. Dynapenia was classified using the lower tertile of handgrip strength as cutoff value (20.67 kgf), while obesity was considered a WC > 88cm; D/AO was the combination of both criteria.

Results: D/AO was associated with increased probability of falls ($X^2=32.392$; $p<0.001$), reflecting decreased sit to stand performance ($p=0.001$), reaction time ($p<0.001$), peripheral sensation ($p=0.05$) and postural balance ($p=0.05$). Time to complete the TUG test was significantly higher in D/AO group ($p<0.001$). Finally, D/AO (30.08 ± 7.81) and abdominal obesity (27.77 ± 7.40) women presented increased fear of falling than normal (23.22 ± 5.50) and dynapenic (26.61 ± 8.33) groups ($p<0.05$).

Conclusion: D/AO is associated with increased risk and fear of falls, and reduced dynamic balance, in older women. These relationships are stronger than those observed for obesity or dynapenia alone.

Key words: aging; obesity; sarcopenia; muscle strength; accidental falls.

ABSTRACT

Background: The combination of dynapenia and central obesity has been introduced as dynapenic abdominal obesity (D/AO), but its relationship with falls-related phenotypes is unclear.

Objectives: To investigate the association between D/AO, risk of falls, dynamic balance, and fear of falling in older women.

Design: Cross-sectional study.

Methods: 217 women (68.03 ± 6.21 years) underwent waist circumference (WC) and handgrip measurements. Risk of falls (QuickScreen), the Timed up and go (TUG) test, and fear of falling were also evaluated. Dynapenia was classified using the lower tertile of handgrip strength as cutoff value (20.67 kgf), while obesity was considered a WC > 88cm; D/AO was the combination of both criteria.

Results: D/AO was associated with increased probability of falls ($X^2=32.392$; $p<0.001$), reflecting decreased sit to stand performance ($p=0.001$), reaction time ($p<0.001$), peripheral sensation ($p=0.05$) and postural balance ($p=0.05$). Time to complete the TUG test was significantly higher in D/AO group ($p<0.001$). Finally, D/AO (30.08 ± 7.81) and abdominal obesity (27.77 ± 7.40) women presented increased fear of falling than normal (23.22 ± 5.50) and dynapenic (26.61 ± 8.33) groups ($p<0.05$).

Conclusion: D/AO is associated with increased risk and fear of falls, and reduced dynamic balance, in older women. These relationships are stronger than those observed for obesity or dynapenia alone.

Key words: aging; obesity; sarcopenia; muscle strength; accidental falls.

INTRODUCTION

World population ageing has been recognized as one of the most important health challenges of the 21st century.¹ Salient features of the aging human phenotype include loss of skeletal muscle mass and strength, and increase in body fat mass.^{2,3} The combination of these body composition and functional alterations has been referred to as sarcopenic obesity, and has been examined as an emerging cause of disability and frailty in older people.³⁻⁵ The relationship between muscle mass and strength is not linear, and thus strength does not depend solely on muscle volume.⁶ Moreover, a growing body of evidence has emerged demonstrating that strength has a better prognostic value compared to muscle mass to predict worsening disability.⁷⁻⁹ In this regard, the term dynapenia has been used to particularly define the age-related loss of strength.^{7,10} Of note, it has been argued that since women have less muscle strength compared to men, they may be at higher risk for dynapenia¹¹.

More recently, the combination of dynapenia and increased central adiposity has been introduced as dynapenic abdominal obesity (D/AO). A 10-yrs longitudinal study demonstrated that D/AO is associated with a significantly increased risk of disability worsening and mortality.¹² A later report on the InCHIANTY cohort extended these observations and revealed that D/AO was also prospectively associated with hospitalization.¹³ Of relevant note, subjects with concurrent abdominal obesity and low muscle strength were at greater risk for worse health-related outcomes than individuals with dynapenia or central fat distribution only.¹²⁻¹⁴ These observations provide support for the concept that identification of D/AO, which may be implemented using highly available and inexpensive tools, is helpful in the screening of individuals at high risk of functional decline. Nevertheless, future studies

are necessary to better understand the clinical consequences of D/AO, including examination of other relevant outcomes.

Falling is a major cause of fractures, hospitalization, and reason of disability among older adults.¹⁵⁻¹⁸ Moreover, falls events have been considered the leading cause of accidental death in the elderly.^{17,18} Thus, falls are deemed as a major public health issue that imposes an important economic burden on health care costs.^{15,16} The etiology of falling is multifactorial, encompassing reduced balance, muscle weakness, and previous falls events.^{19,20} Another important factor that has been associated with falls in the elderly is the fear of falling.¹⁹ Moreover, a recent report has demonstrated an association between adiposity indexes and the propensity of older adults to fall, with waist circumference (WC), a marker of central adiposity, presenting the strongest relationship.²¹

Even though a handful of studies have examined the relationship between sarcopenic obesity and falls-related phenotypes,^{3,5,22} the relationship between D/AO and the risk of falls has yet to be explored. Moreover, a 5-year prospective cohort study including 674 community-dwelling volunteers demonstrated that dynapenic obesity, but not sarcopenic obesity, is predictive of increased falls.²³ The specific concept of D/AO, however, was not addressed in the abovementioned report. Thus, the purpose of the present study was to investigate the association between D/AO, risk of falls, dynamic balance, and fear of falling in older women. Based on previous reports^{12,13} it was hypothesized that D/AO would be associated with falls-related features, and that these relationships would be stronger than those for obesity or dynapenia alone.

METHODS

Participants

Initially, five hundred older women were recruited through flyers, phone calls, and visits to centers of leisure and physical activity for older adults. A total of 335 individuals agreed to participate in this project developed at the University between 2014 and 2016, and were assessed for eligibility. The inclusion criterion was to be aged between 60 to 85 years old. Twenty-eight volunteers did not meet the inclusion criteria and as a result 307 participants were eligible for the study. All volunteers answered a face to face questionnaire addressing medical history, medication use, and co-morbidities. Exclusion criteria were as follows: incapacity to walk without assistance, musculoskeletal or neurological disorders, lower limbs prosthesis, postoperative condition, and dominant lower limb pain that hinders strength ratings. The mini-mental state examination (MMSE) and the Katz index were also used to verify that none of the volunteers exhibited cognitive impairments²⁴ or functional dependency,²⁵ respectively. After exclusion criteria were applied, a total of 217 elderly women (68.03 ± 6.21 years) took part in the present analyses. Figure 1 presents the flow diagram detailing the sample recruitment process.

All volunteers were informed about the study procedures and voluntarily signed an informed consent form. All experiments on human subjects were conducted in accordance with the Declaration of Helsinki and the study protocol was previously approved by the Institutional Review Board (1.2223.636).

Study Measures

Anthropometrics and body composition assessments

Body mass was evaluated with 0.1 kg precision on a physician's digital balance beam scale and height was measured to the nearest 0.1 cm using a wall stadiometer. Body mass index (BMI) was calculated as weight divided by height

squared (kg/m^2). WC was assessed at the level of umbilicus using an anthropometric tape (Sanny®, São Paulo, Brazil). All measurements were carried out by the same experienced researcher.

Body composition was measured using Dual-energy X-ray absorptiometry (General Electric-GE model 8548 BX1L, 2005, DPX lunar type, Encore 2010 software, Rommelsdorf, Germany) according to procedures specified elsewhere. In brief, subjects laid face up on the DXA table with body carefully centered. The software provided data of fat mass and fat-free mass for whole body. The equipment was daily calibrated according to the manufacturer`s specifications, and all examinations were performed by a trained technician. A single individual was scanned for six consecutive days in the equipment and observed coefficients of variation were 0.9% for fat-free mass and 1.9% for fat mass.

Handgrip strength

Handgrip strength (HGS) was measured with a Jamar® hydraulic hand dynamometer (Sammons Preston, Bolingbrook, USA) according to the American Society of Hand Therapists recommendations.²⁶ Measurements were performed with participants in sitting position, elbow joint at 90°, forearm in neutral position, and wrist between 0° and 30° of extension. The average of three trials in the dominant hand was used for subsequent analyses.

Risk of falls

To evaluate risk of falls, the QuickScreen Clinical Falls Risk Assessment (QuickScreen) was applied.²⁷ This instrument assesses eight factors related to falls, as follows: falls in the last 12 months, regular use of four or more

medications, any psychotropic medication use, low contrast visual acuity, peripheral sensation, balance, reaction time, and sit to stand performance. The result indicates the probability of falling in the following 12 months, providing classification in one of four possible levels of risk (7, 13, 27 or 49%). The procedures have been previously described in details.²⁷

Dynamic balance

Dynamic balance was measured using the TUG test.²⁸ Procedures were fully explained before assessment followed by a familiarization attempt. In brief, volunteers were individually seated in a standard chair with 45 cm of height, with the back against the chair, both arms resting along the body, and both feet completely resting on the floor. Volunteers were instructed, on the word "go", to get up, walk 3 meters forward, to turn around a cone and to return to the chair and sit down again, performing the test as fast and as safely as possible. The lowest time performance was recorded for analyses after 3 attempts with 60 seconds rest intervals between them.

Fear of falling

Fear of falling was evaluated using the Falls Efficacy Scale – International (FES-I).²⁹ This scale contains questions that assess the concern about the possibility of falling during the performance of 16 activities of daily living, such as taking a bath, cleaning the house and preparing simple meals. Each activity is scored from one to four points, providing a total score ranging from 16 (absence of concern) to 64 (extreme concern).

Classification of groups

Similar to recent reports,^{13,30} tertiles of HGS were calculated and individuals in the lowest tertile were considered as dynapenic. Of note, the identified cut-off value was 20.67 kg. The cut-off value for WC specified by the World Health Organization (i.e., 88 cm for women) was used to classify individuals as abdominal obese.³¹ D/AO was determined when the subject met both dynapenia and obesity criteria. Therefore, the study sample was categorized into four possible groups as follows: normal; dynapenia; abdominal obesity; D/AO.

Statistical Analysis

Descriptive data are expressed as mean and standard deviation unless otherwise noted. The normal distribution of data was examined using the Kolmogorov–Smirnov test. Between-group comparisons for the continuous variables were conducted using ANOVA one-way test with Gabriel's post-hoc, or using Kruskal-Wallis test associated with Mann-Whitney test and Bonferroni correction (when the variables did not fill all the assumptions for parametric statistics). Also, the differences between groups were expressed using Cohen's *d* (i.e., difference in mean scores divided by the pooled standard deviation) and values of 0.2, 0.5, and 0.8 represented small, moderate, and large effects, respectively.³² For categorical variables, the Chi-square test was used to test for between groups contrasts. Data were considered significant at $p < 0.05$ and statistical analyses were performed using SPSS 20.0 (SPSS Inc., Chicago, USA).

RESULTS

Descriptive characteristics of the participants according to groups are presented in Table 1. As expected, both abdominal obesity and DA/O groups

presented significantly greater body mass, BMI, WC, and percent body fat (all with $p < 0.05$). Also, both dynapenic and D/AO groups exhibited significantly lower HGS (all with $p < 0.05$). Figure 2 shows the estimated probability of participants falling in the following 12 months as evaluated using the QuickScreen. D/AO was associated with increased risk of falls ($X^2=32.392$; $p < 0.001$). Seventy-nine percent of the D/AO group had a fall risk of 13 or 27%, while 67.6 % of the abdominal obesity, 39.3% of the dynapenic and 37.5% of the normal groups presented these fall risk scores ($p < 0.001$). Noteworthy, only participants with D/AO (4.3%) and abdominal obesity (2.0%) were classified at the highest probability of falls level (i.e., 49%). Regarding the features evaluated by the QuickScreen, the D/AO group exhibited a greater proportion of women with reduced peripheral sensation ($p = 0.05$), sit to stand performance ($p = 0.001$), postural balance ($p = 0.05$) and reaction time ($p < 0.001$) (Table 2).

Figure 3 presents the results for the TUG test and FES-I, according to groups' classification. The D/AO group spent more time to complete the TUG test (7.79 ± 1.30 seconds) compared to the normal (6.26 ± 0.89 seconds, $p < 0.001$, $d = 1.35$), dynapenic (6.84 ± 1.10 seconds, $p = 0.001$, $d = 0.77$) and abdominal obesity (6.98 ± 0.97 seconds, $p < 0.001$, $d = 0.75$) groups. Time to complete the TUG test was also greater in the abdominal obesity group when compared to the normal group ($p < 0.001$, $d = 0.78$). Moreover, the D/AO (30.08 ± 7.81 , $p < 0.001$, $d = 1.00$) and abdominal obesity (27.77 ± 7.40 , $p < 0.001$, $d = 0.66$) participants exhibited greater FES-I scores than the normal group (23.22 ± 5.50).

DISCUSSION

In general, the present study aimed to provide additional information on the clinical consequences of D/AO, a concept that has been recently introduced to define the age-related coexistence of low muscle strength and increased central adiposity. In particular, the association between D/AO and falls-related outcomes was explored. The observed results support the notion that D/AO has negative clinical implications in older women, and is associated with increased both risk and fear of falls, and reduced dynamic balance. Moreover, D/AO was more strongly associated with the studied outcomes in comparison with dynapenia or obesity alone. Thus, the combined assessment of muscle strength and central obesity may be a useful procedure in geriatric evaluation for gauging older patients at high risk of falls and functional decline.

Most studies that have examined the independent and additive effects of obesity and sarcopenia on physical function and falls-related risk factors have focused on body composition rather than muscle strength.^{3,5} The results of these sarcopenic obesity studies yielded conflicting results, with some, but not all, concluding that sarcopenic obesity was more strictly associated with increased risk of falls than obesity alone.^{3,22,23} More consistently, all the dynapenic obesity studies concluded that dynapenic obesity was associated with a greater risk of mobility disability than obesity alone.^{14,23,33} Also, a recent prospective study including a cohort of 674 community-dwelling volunteers showed that dynapenic obesity, but not sarcopenic obesity, is predictive of increased falls rate.²³

Conflicting results between the sarcopenic obesity and dynapenic obesity studies may be related to the notion that muscle strength has a better prognostic value compared to skeletal muscle mass to predict worsening disability.⁷⁻⁹ For this reason, a criteria based solely in muscle mass, not considering muscle strength, has

shown limited sensitivity to detect clinical implications.⁶ Thus, alternative definitions of sarcopenic obesity have been proposed considering muscle impairment, expressed by muscle strength, rather than muscle mass, and WC, rather than total body fat indexes, and introduce the concept of D/AO. To our knowledge, the present report is the first to explore the associations between D/AO and the risk of falls.

A variety of previous studies have demonstrated an association between increased WC and numerous adverse outcomes in older women, including increased cardiometabolic risk,^{34,35} reduced physical function,³⁶ augmented inflammatory markers,³⁷ and mortality.³⁸ Similarly, reduced HGS, a surrogate measurement of overall muscular strength, has been linked to reduced quality of life,³⁹ impaired function,⁹ and higher mortality rates.⁴⁰ Intuitively, it can be argued that D/AO would be more closely related to falls than either dynapenia or abdominal obesity alone. However, even though previous studies have demonstrated that separately high WC²¹ and low HGS³ are associated with falls, the additive risk with the concomitant existence of these conditions has been poorly investigated. The results of the present study provide evidence that D/AO evaluation has clinical applications and may serve as a convenient tool for prognostication of falls risk among elderly people. Importantly, both WC and HGS are easy and cost-effective measures that are promptly available in most health care services for older people.

While we have attempted to provide additions to the literature in the area, we recognize limitations in the present study. The fact that the study sample was composed by older women might raise the question as to whether our results apply to men and to more frail sections of the older population. Moreover, the study is limited by its cross-sectional design, which precludes cause-and-effect relationships inferences. Therefore, the results should be considered preliminary and future

prospective follow-up studies are recommended to confirm relationship between D/AO and the risk of falls in older people.

CONCLUSIONS

The observed results provide support for the notion that D/AO has negative clinical implications in older women. In particular, D/AO was associated with increased risk and fear of falls, and reduced dynamic balance. Of note, D/AO was more strongly associated with the studied outcomes in comparison with dynapenia or obesity alone. The combined information of muscle strength and central obesity measurements may have important clinical applications in geriatric evaluation.

ACKNOWLEDGMENTS

The authors would like to thank the Brazilian Coordination for the Improvement of Higher Education Personnel (CAPES) and National Council for Scientific and Technological Development (CNPq).

REFERENCES

1. WHO. *World report on ageing and health*; 2015.
2. Buch A, Carmeli E, Boker LK, et al. Muscle function and fat content in relation to sarcopenia, obesity and frailty of old age--An overview. *Exp Gerontol.* 2016;76:25-32.
3. Aibar-Almazan A, Martinez-Amat A, Cruz-Diaz D, et al. Sarcopenia and sarcopenic obesity in Spanish community-dwelling middle-aged and older women: Association with balance confidence, fear of falling and fall risk. *Maturitas.* 2018;107:26-32.
4. Atkins JL, Whincup PH, Morris RW, Lennon LT, Papacosta O, Wannamethee SG. Sarcopenic obesity and risk of cardiovascular disease and mortality: a population-based cohort study of older men. *J Am Geriatr Soc.* 2014;62(2):253-260.
5. Chang CI, Huang KC, Chan DC, et al. The impacts of sarcopenia and obesity on physical performance in the elderly. *Obes Res Clin Pract.* 2015;9(3):256-265.
6. Cruz-Jentoft AJ, Baeyens JP, Bauer JM, et al. Sarcopenia: European consensus on definition and diagnosis: Report of the European Working Group on Sarcopenia in Older People. *Age Ageing.* 2010;39(4):412-423.
7. Menant JC, Weber F, Lo J, et al. Strength measures are better than muscle mass measures in predicting health-related outcomes in older people: time to abandon the term sarcopenia? *Osteoporos Int.* 2017;28(1):59-70.
8. Pisciotto MV, Pinto SS, Szejnfeld VL, Castro CH. The relationship between lean mass, muscle strength and physical ability in independent healthy elderly women from the community. *J Nutr Health Aging.* 2014;18(5):554-558.

9. Barbat-Artigas S, Rolland Y, Cesari M, Abellan van Kan G, Vellas B, Aubertin-Leheudre M. Clinical relevance of different muscle strength indexes and functional impairment in women aged 75 years and older. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 2013;68(7):811-819.
10. Clark BC, Manini TM. Sarcopenia \neq dynapenia. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 2008;63(8):829-834.
11. Delmonico MJ, Harris TB, Visser M, et al. Longitudinal study of muscle strength, quality, and adipose tissue infiltration. *Am J Clin Nutr*. 2009;90(6):1579-1585.
12. Rossi AP, Fantin F, Caliari C, et al. Dynapenic abdominal obesity as predictor of mortality and disability worsening in older adults: A 10-year prospective study. *Clin Nutr*. 2016;35(1):199-204.
13. Rossi AP, Bianchi L, Volpato S, et al. Dynapenic Abdominal Obesity as a Predictor of Worsening Disability, Hospitalization, and Mortality in Older Adults: Results From the InCHIANTI Study. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 2017;72(8):1098-1104.
14. Bouchard DR, Janssen I. Dynapenic-obesity and physical function in older adults. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 2010;65(1):71-77.
15. Burns ER, Stevens JA, Lee R. The direct costs of fatal and non-fatal falls among older adults - United States. *J Safety Res*. 2016;58:99-103.
16. Alekna V, Stukas R, Tamulaityte-Morozoviene I, Surkiene G, Tamulaitiene M. Self-reported consequences and healthcare costs of falls among elderly women. *Medicina (Kaunas)*. 2015;51(1):57-62.

17. Gimm GW, Kitsantas P. Falls, Depression, and Other Hospitalization Risk Factors for Adults in Residential Care Facilities. *Int J Aging Hum Dev.* 2016;83(1):44-62.
18. Padron-Monedero A, Damian J, Pilar Martin M, Fernandez-Cuenca R. Mortality trends for accidental falls in older people in Spain, 2000-2015. *BMC Geriatr.* 2017;17(1):276.
19. Gazibara T, Kurtagic I, Kusic-Tepavcevic D, Nurkovic S, Kovacevic N, Pekmezovic T. Falls, risk factors and fear of falling among persons older than 65 years of age. *Psychogeriatrics.* 2017;17(4):215-223.
20. Enderlin C, Rooker J, Ball S, et al. Summary of factors contributing to falls in older adults and nursing implications. *Geriatr Nurs.* 2015;36(5):397-406.
21. Neri SGR, Gadelha AB, de David AC, et al. The Association Between Body Adiposity Measures, Postural Balance, Fear of Falling, and Fall Risk in Older Community-Dwelling Women. *J Geriatr Phys Ther.* 2017.
22. Rolland Y, Lauwers-Cances V, Cristini C, et al. Difficulties with physical function associated with obesity, sarcopenia, and sarcopenic-obesity in community-dwelling elderly women: the EPIDOS (EPIDemiologie de l'OSteoporose) Study. *Am J Clin Nutr.* 2009;89(6):1895-1900.
23. Scott D, Sanders KM, Aitken D, Hayes A, Ebeling PR, Jones G. Sarcopenic obesity and dynapenic obesity: 5-year associations with falls risk in middle-aged and older adults. *Obesity (Silver Spring).* 2014;22(6):1568-1574.
24. Bertoucci PHF, Brucki SMD, Campacci SR, Juliano Y. O mini-exame do estado mental em uma população geral: impacto da escolaridade. *Arquivos de Neuro-Psiquiatria.* 1994;52(1):1-7.

25. Shelkey M, Wallace M. Katz Index of Independence in Activities of Daily Living. *J Gerontol Nurs.* 1999;25(3):8-9.
26. Mathiowetz V, Weber K, Volland G, Kashman N. Reliability and validity of grip and pinch strength evaluations. *J Hand Surg Am.* 1984;9(2):222-226.
27. Tiedemann A, Lord SR, Sherrington C. The development and validation of a brief performance-based fall risk assessment tool for use in primary care. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* 2010;65(8):896-903.
28. Mathias S, Nayak US, Isaacs B. Balance in elderly patients: the "get-up and go" test. *Arch Phys Med Rehabil.* 1986;67(6):387-389.
29. Yardley L, Beyer N, Hauer K, Kempen G, Piot-Ziegler C, Todd C. Development and initial validation of the Falls Efficacy Scale-International (FES-I). *Age Ageing.* 2005;34(6):614-619.
30. Yates T, Zaccardi F, Dhalwani NN, et al. Association of walking pace and handgrip strength with all-cause, cardiovascular, and cancer mortality: a UK Biobank observational study. *Eur Heart J.* 2017;38(43):3232-3240.
31. World Health Organization. *Waist Circumference and Waist–Hip Ratio Report of a WHO Expert Consultation.* Geneva, 8–11 December; 2008.
32. Cohen J. *Statistical power analysis for the behavioral sciences.* Hillsdale, NJ: Lawrence Earlbaum Associates; 1988.
33. Stenholm S, Rantanen T, Heliovaara M, Koskinen S. The mediating role of C-reactive protein and handgrip strength between obesity and walking limitation. *J Am Geriatr Soc.* 2008;56(3):462-469.
34. dos Santos EP, Gadelha AB, Safons MP, Nobrega OT, Oliveira RJ, Lima RM. Sarcopenia and sarcopenic obesity classifications and cardiometabolic risks in older women. *Arch Gerontol Geriatr.* 2014;59(1):56-61.

35. Gadelha AB, Myers J, Moreira S, Dutra MT, Safons MP, Lima RM. Comparison of adiposity indices and cut-off values in the prediction of metabolic syndrome in postmenopausal women. *Diabetes Metab Syndr.* 2016;10(3):143-148.
36. Lisko I, Stenholm S, Raitanen J, et al. Association of Body Mass Index and Waist Circumference With Physical Functioning: The Vitality 90+ Study. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* 2015;70(7):885-891.
37. Dutra MT, Gadelha AB, Nobrega OT, Lima RM. Body Adiposity Index, but not Visceral Adiposity Index, Correlates with Inflammatory Markers in Sarcopenic Obese Elderly Women. *Exp Aging Res.* 2017;43(3):291-304.
38. Cerhan JR, Moore SC, Jacobs EJ, et al. A pooled analysis of waist circumference and mortality in 650,000 adults. *Mayo Clin Proc.* 2014;89(3):335-345.
39. Silva Neto LS, Karnikowski MG, Tavares AB, Lima RM. Association between sarcopenia, sarcopenic obesity, muscle strength and quality of life variables in elderly women. *Rev Bras Fisioter.* 2012;16(5):360-367.
40. Koopman JJ, van Bodegom D, van Heemst D, Westendorp RG. Handgrip strength, ageing and mortality in rural Africa. *Age Ageing.* 2015;44(3):465-470.

Table 1 Characteristics of the sample according to dynapenic abdominal obesity status. Data are presented as mean and standard deviation.

	Normal (n= 40)	Dynapenic (n= 28)	Abdominal obesity (n= 102)	Dynapenic abdominal obesity (n=47)	<i>p</i>
Age (years)	66.9 (5.97)	70.5 (7.67)	66.8 (4.98)	71.0 (6.64) ^{† ‡}	0.001
Height (m)	1.57 (0.06)	1.52 (0.05) [†]	1.57 (0.06) [*]	1.54 (0.05) [‡]	≤ 0.001
Body mass (kg)	58.78 (5.29)	54.05 (7.14)	78.99 (10.01) ^{†*}	78.06 (10.99) ^{†*}	≤ 0.001
Body mass index (kg/m ²)	23.73 (1.83)	23.24 (2.67)	29.45 (3.75) ^{†*}	30.30 (4.17) ^{†*}	≤ 0.001
Waist circumference (cm)	82.46 (4.63)	80.74 (5.34)	99.30 (7.88) ^{†*}	100.56 (9.16) ^{†*}	≤ 0.001
Body fat (%)	38.66 (4.02)	38.95 (6.67)	46.18 (4.56) ^{†*}	47.56 (4.30) ^{†*}	≤ 0.001
Total Fat-Free Mass (kg)	34.32 (3.47)	30.73 (2.79)	37.12 (3.97) ^{†*}	35.69 (3.96) [*]	≤ 0.001
Handgrip Strength (kgf)	25.70 (3.84)	17.67 (2.60) [†]	25.71 (3.62) [*]	17.38 (3.26) ^{† ‡}	≤ 0.001

Symbols denote significant differences ($p < 0.05$) in relation to normal ([†]), dynapenic (^{*}) and abdominal obesity ([‡]) groups.

Table 2 Prevalence of risk factors for falls in older women stratified by dynapenic abdominal obesity status (n= 217). Data are presented as relative frequency.

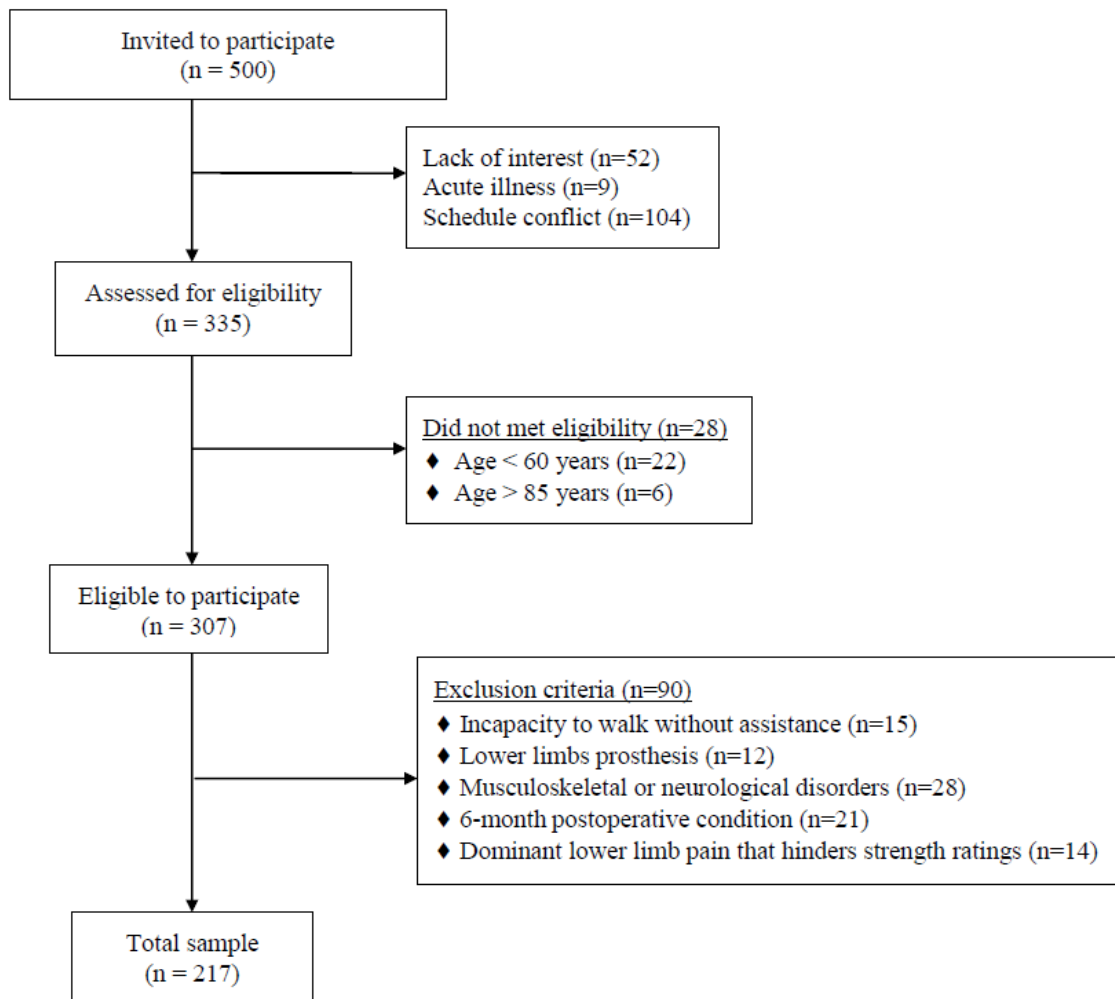
Variable	Normal (n=40)	Dynapenic (n=28)	Abdominal obesity (n=102)	Dynapenic abdominal obesity (n=47)	X ²	<i>p</i>
History of falls	30.0 %	25.0%	34.3%	42.6%	2.828	0.42
Use of 4 or more medications	27.5 %	21.4%	32.4%	44.7%	4.759	0.19
Psychotropic medication use	12.5%	14.3%	7.8%	23.4%	6.989	0.07
Low contrast visual acuity	0.0%	7.1%	6.9%	6.4 %	2.893	0.41
Reduced peripheral sensation	12.5%	14.3%	5.9%	21.3 %	7.817	0.05
Reduced sit to stand performance	15.0 %	14.3%	40.2%	44.7 %	15.540	<0.001
Reduced postural balance	25.0%	35.7%	48.0%	48.9 %	7.622	0.05
Reduced reaction time	15.0%	25.0%	39.2%	61.7%	22.305	<0.001

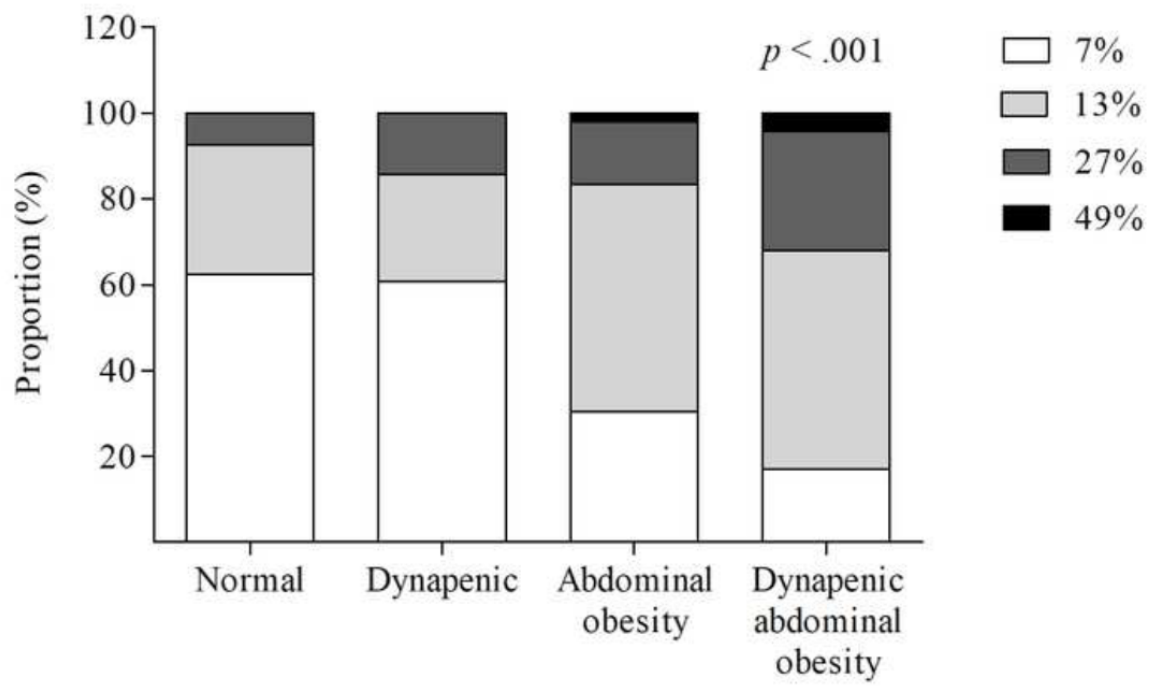
Figures captions

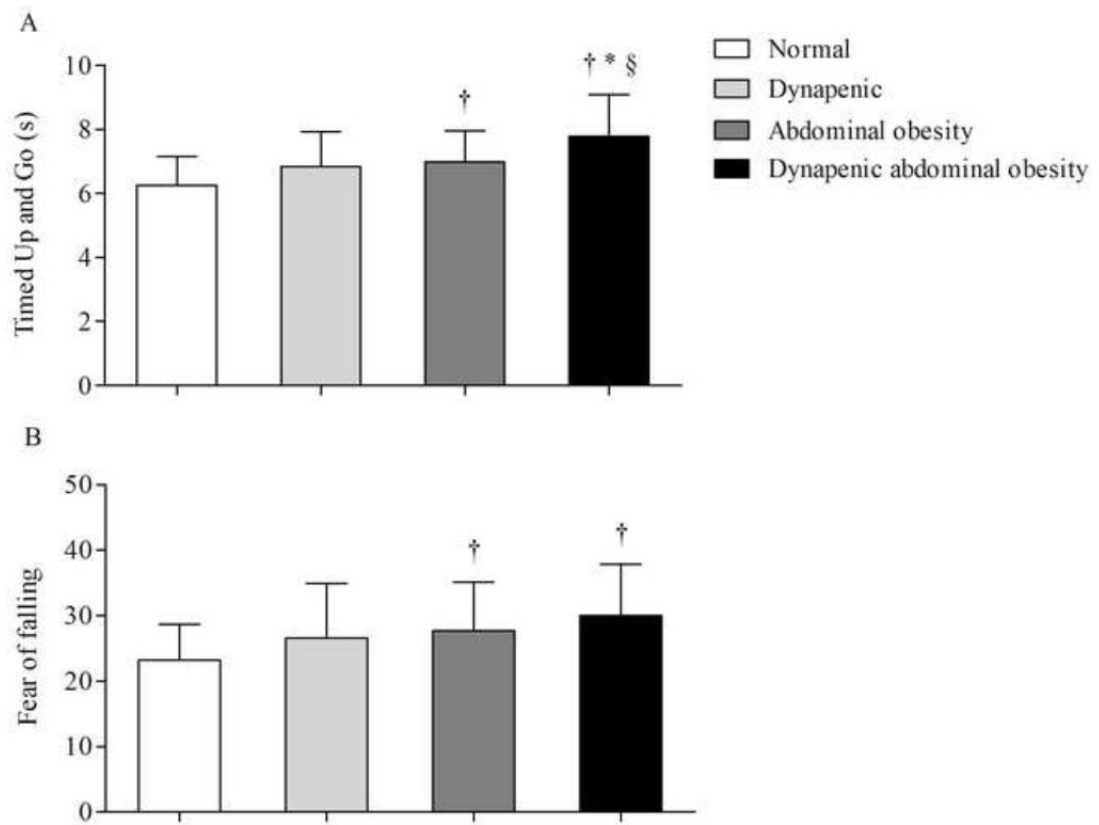
Figure 1. Flow diagram detailing the sample recruitment process.

Figure 2. Risk of falls in older women stratified by dynapenic abdominal obesity status (n= 217). Data are presented as relative frequency.

Figure 3. Between-groups comparisons according to dynapenic abdominal obesity status (n= 217). A) Timed Up and Go test. B) Falls Efficacy Scale – International. Data are presented as mean and standard error. Symbols denote significant differences ($p < 0.05$) in relation to normal ([†]), dynapenic (^{*}) and abdominal obesity ([§]) groups.







ANEXO N – Resumo apresentado no International Conference on Frailty & Sarcopenia Research, 2018, Miami. *The Journal of Frailty & Aging*, 2018.

OC47- NORMATIVE VALUES OF KNEE EXTENSORS ISOKINETIC STRENGTH FOR OLDER WOMEN AND IMPLICATIONS ON PHYSICAL FUNCTION.

Ricardo M. Lima¹, Juscelia Cristina Pereira¹, Silvia Gonçalves Ricci Neri¹, Baruch Vainshelboim², André Bonadias Gadelha¹, Martim Bottaro¹
(1) Faculty of Physical Education, University of Brasília, Brasília, Distrito Federal, Brazil; (2) Master of Cancer Care Program, School of Health Sciences, Saint Francis University, Loretto, PA, USA)

Background: Lower limbs strength is required for everyday activities and its evaluation has been especially emphasized in older people. Isokinetic testing is a gold standard method to assess muscle strength, however, lack of reference values limits its usefulness when inspecting results. **Objectives:** To develop reference values of knee extensors isokinetic strength for older women, and examine its functional implications. **Methods:** A total of 453 elderly women aged 60 to 84 years (67.4±5.8) participated in this study. Knee extensors isokinetic strength was measured using the Biodex System dynamometer at 60°s⁻¹. Timed Up and Go (TUG) test and the Five Times Sit to Stand Test (5tSTS) were used for functional evaluation. Subjects were categorized into age groups of five-years range. Age-specific percentiles for muscle strength were identified for classification purposes. ANOVA and Chi-square tests were performed for functional performance comparisons, with statistical significance set at p<.05. **Results:** Mean strength values significantly decreased with advancing age (p<.05). Below percentile 20th, between 20th and 40th, between 40th and 60th, between 60th and 80th and higher than percentile 80th, were respectively labeled as «poor», «below average», «average», «above average», and «excellent». Age-specific quadriceps strength classification for absolute (Nm) and relative to body weight (Nm/kg) values are provided. Volunteers in the lower strata of the proposed classification showed significantly reduced performance in both the TUG and 5tSTS tests (p<.01).

Table 1
Classification of dominant knee extensors isokinetic strength at 60o/s (Nm/kg)

Classification	Age groups (years)				
	60-64	65-69	70-74	75-79	80-84
Poor	<1.26	<1.11	<1.08	<1.05	<0.95
Below Average	1.26-1.45	1.11-1.34	1.08-1.29	1.05-1.17	0.95-1.08
Average	1.46-1.61	1.35-1.52	1.30-1.43	1.18-1.28	1.09-1.17
Above Average	1.62-1.80	1.53-1.70	1.44-1.61	1.29-1.50	1.18-1.36
Excellent	>1.80	>1.70	>1.61	>1.50	>1.36

Conclusion: This study provides normative values of isokinetic knee extensors strength in older women. The proposed classification had the ability to detect reduced physical function among those classified in the lower strata, indicating a potential application when interpreting results of isokinetic tests, which may serve as a clinical screening reference for Sarcopenia. Future studies should ascertain these findings in different women populations.

ANEXO O - Resumo apresentado no International Conference on Frailty & Sarcopenia Research, 2018, Miami. *The Journal of Frailty & Aging*, 2018.

P218- DYNAPENIC-OBESITY AS A RISK FACTOR FOR FALLS IN OLDER WOMEN. Júlia de Moraes Elias, Juscélia Cristina Pereira, Silvia Gonçalves Ricci Neri, André Bonadias Gadelha, Ricardo M. Lima (*Faculty of Physical Education, University of Brasília, Brasília, Distrito Federal, Brazil*)

Background: Dynapenia (low muscle strength) and obesity are associated with negative outcomes in older people. The combination of these conditions is termed Dynapenic-Obesity (DO), and has been recently examined as a major cause of frailty in the elderly. Although the relationship between DO and physical function has been documented, its association with falls-related phenotypes needs to be further understood. **Objectives:** To investigate the association between DO, risk of falls, dynamic balance, and fear of falls in older women. It was also aimed to verify if DO was more strictly related to the outcomes than either dynapenia and obesity alone. **Methods:** A total of 219 elderly women (68.03 ± 6.21 years) underwent waist circumference (WC) measurement and had handgrip strength assessed at the dominant arm using a hydraulic dynamometer (JAMAR). Risk of falls was evaluated using the QuickScreen Clinical Falls Risk Assessment while the Timed up and go (TUG) test was conducted as a measure of dynamic balance. Fear of falling was evaluated by the Falls Efficiency Scale - International (FES-I). Dynapenia was classified using the lower tertile of handgrip strength as cutoff value (20.67 kgf), while obesity was considered as a waist circumference >88 cm. Dynapenic-Obesity was combination of both criteria. Thus, volunteers were divided into 4 groups: Normal; Dynapenic; Obese; and Dynapenic-Obese. ANOVA, Kruskal-Wallis, chi-squared were used for comparisons, with significance level set at $p < 0.05$. **Results:** DO was associated with greater probability of falls ($p < 0.001$), reflecting decreased sit to stand performance ($p = 0.001$), reaction time ($p < 0.001$), peripheral sensation ($p = 0.047$) and postural balance ($p = 0.043$). Time to complete the TUG test was significantly higher in DO group compared to all remaining groups ($p < 0.001$). Also, significant differences between groups was observed for the FES-I score ($p < 0.05$), with DO (30.31 ± 7.89) and Obese (27.76 ± 7.37) women showing increased fear of falling than Normal (23.23 ± 5.50) and Dynapenic (26.61 ± 8.33) groups. **Conclusion:** These results provide support for the notion that DO has negative clinical implications in older women. In particular, Dynapenic-Obesity was associated with reduced dynamic balance and increased both risk and fear of falls. Of note, these relationships were stronger than obesity or dynapenia alone..

ANEXO P - Resumo apresentado no *64th Annual Meeting of the American College of Sports Medicine, Medicine & Science in Sports & Exercise*, Board #136, 2017.

2616 Board #136 June 2 9:30 AM - 11:00 AM

Obesity Is Associated with Altered Plantar Pressure Distribution in Elderly Women

Silvia G. R. Neri, André B. Gadelha, Juscélia C. Pereira, Ana L. M. Correia, Ana C. David, Ricardo M. Lima. *University of Brasilia, Brasilia, Brazil.*

Email: silvia_gm@hotmail.com

(No relationships reported)

Increased plantar pressure has been found to be related with higher incidence of foot pain, reduced physical activity and a greater risk of falling. Although there is evidence suggesting that obesity is linked to foot disorders, the association between obesity and plantar pressure of older adults has been poorly investigated.

PURPOSE: To examine the association between obesity and plantar pressure distribution and to evaluate its relationship with body fat distribution in older women.

METHODS: 211 volunteers (67.99±6.25 years; 27.86±4.4 kg/m²) took part in this cross-sectional study. Anthropometric measures were taken for body mass index calculation. The cut-off values for overweight and obesity were 25 kg/m² and 30 kg/m², respectively. Whole body, android and gynoid fat percentage was assessed using dual-energy X-ray absorptiometry. Peak plantar pressure at six anatomical regions (hindfoot, midfoot, forefoot, hallux, lesser toes and whole foot) was evaluated during gait using an Emed AT-4 pressure platform. Kruskal-Wallis test was conducted to compare peak pressure between obese, overweight and normal weight volunteers. Spearman's correlation was used to examine its relationship with body fat distribution. Significance level was set at $p < 0.05$.

RESULTS: Obese volunteers generated increased peak pressure at midfoot (187.26±54.24 kPa) compared to both normal weight (128.52±39.47 kPa, $p < 0.001$) and overweight (165.74±58.42 kPa, $p = 0.001$). Peak plantar pressure was also increased in overweight compared to normal weight ($p < 0.001$). At forefoot, peak pressure was higher in the obese (498.15±177.08 kPa) compared to normal weight volunteers (420.41±138.14 kPa, $p = 0.007$). Whole body, android and gynoid fat percentage were significantly associated with peak pressure at midfoot ($\rho = 0.411$, $p < 0.001$; $\rho = 0.536$, $p < 0.001$; and $\rho = 0.358$, $p < 0.001$, respectively) and forefoot ($\rho = 0.220$, $p = 0.001$; $\rho = 0.167$, $p = 0.015$; and $\rho = 0.188$, $p = 0.006$, respectively).

CONCLUSIONS: Overweight and obesity are associated with increased peak pressure in older women, regardless of body fat distribution patterns. Therefore, clinicians dealing with foot problems should consider the effect of increased bodyweight on plantar pressure.

ANEXO Q – Resumo apresentado no *64th Annual Meeting of the American College of Sports Medicine, Denver. Medicine & Science in Sports & Exercise*, Board #123, 2017.

2603 Board #123 June 2 9:30 AM - 11:00 AM

Comparisons Between Adiposity Indexes In The Association With Postural Instability In Older Women

Juscelia C. Pereira, Silvia G.R. Neri, André B. Gadelha, Ana L. M. Correia, Ana C. David, Ricardo M. Lima. *University of Brasilia, Brasilia, Brazil.*

(No relationships reported)

PURPOSE: To compare adiposity indexes in the association with postural instability in older women.

METHODS: A cross-sectional study was conducted on 147 elderly women, aged 60 to 84 years. Participants underwent body fat distribution assessment using dual-energy X-ray absorptiometry (DXA) and five anthropometric indexes were measured (waist circumference, WC; waist-to-height ratio; body mass index; and conicity index). Balance control (BC) was evaluated using a force platform and all participants performed the following trials: opened base, eyes open (OBEO) and opened base, eyes closed (OBEC). Center of pressure (CoP) speed and the range of displacement on the anteroposterior (AP) and mediolateral (ML) axes were obtained from the average of three measurements. Pearson's and Spearman's correlation were conducted to identify the relationship between adiposity indexes and stabilometric measures. Volunteers were stratified in tertiles according to adiposity index; one-way ANOVA followed by Bonferroni post-hoc and Kruskal-Wallis with the Mann-Whitney test were used to compare the stabilometric variables between groups.

RESULTS: WC was the index that best correlated with the range of displacements, showing significant relationships in the following conditions OBEC_{AP} ($r=0.337$; $p<0.001$), OBEO_{AP} ($r=0.240$; $p=0.003$), OBEO_{ML} ($r=0.222$; $p=0.007$), OBEC_{ML} ($r=0.266$; $p=0.001$). Moreover, volunteers in the highest tertile of WC had a greater range of displacements compared with lowest tertile in conditions OBEO_{AP} (2.30 ± 0.51 vs. 1.99 ± 0.48 cm, $p=0.011$), OBEO_{ML} (1.47 ± 0.45 vs. 1.23 ± 0.44 cm, $p=0.005$), OBEC_{AP} (2.85 ± 0.68 vs. 2.35 ± 0.65 cm, $p=0.001$), OBEC_{ML} (1.60 ± 0.50 vs. 1.29 ± 0.48 cm, $p=0.010$). Participants in the lowest tertile showed smaller displacements compared with middle tertile in conditions OBEO_{AP} (1.99 ± 0.48 vs. 2.29 ± 0.53 cm, $p=0.012$), OBEO_{ML} (1.23 ± 0.44 vs. 1.52 ± 0.47 cm, $p=0.001$), OBEC_{AP} (2.35 ± 0.65 vs. 2.72 ± 0.66 cm, $p=0.022$), and OBEC_{ML} (1.29 ± 0.48 vs. 1.56 ± 0.55 cm, $p=0.034$).

CONCLUSION: WC was the adiposity index the best correlated with postural instability, and subjects with greater WC also exhibited the poorest BC in older women. These results suggest that WC, an easy and low cost measure, might be associated with the risk of falling in the elderly, and support the concept that obesity impairs BC.

ANEXO R – Resumo apresentado no 39º Simpósio Internacional de Ciências do Esporte, São Paulo, 2016.

Título: Impacto da obesidade sobre o risco de quedas e o medo de cair em mulheres idosas

Autores: AZEVEDO, L. M. M.; NERI, S. G. R.; GADELHA, A. B.; CORREIA, A. L. M.; PEREIRA, J.C.; FONSECA, A. C.; LIMA, R. M.

Introdução: A ocorrência de quedas em idosos constitui um importante problema de saúde pública. Faz-se necessária, a identificação de fatores associados ao risco de quedas, de modo a fornecer subsídios para a implementação de estratégias preventivas. Objetivo: Verificar o impacto da obesidade sobre o risco de quedas e o medo de cair em mulheres idosas. Material e métodos: Tratou-se de um estudo transversal analítico. A amostra foi composta por 226 mulheres idosas ($68,05 \pm 6,22$ anos; $68,06 \pm 11,79$ kg; $1,56 \pm 0,06$ m), estratificadas em eutróficas ($18,5 \text{ kg/m}^2 \leq \text{IMC} < 25 \text{ kg/m}^2$), sobrepesadas ($25 \text{ kg/m}^2 \leq \text{IMC} < 30 \text{ kg/m}^2$) e obesas ($\text{IMC} \geq 30 \text{ kg/m}^2$). O risco de quedas foi avaliado pelo *QuickScreen Clinical Falls Risk Assessment* (QuickScreen), o qual verifica a ocorrência de oito fatores relacionados a quedas e quantifica a probabilidade da idosa sofrer uma queda nos próximos 12 meses. O medo de cair, por sua vez, foi mensurado por meio da Escala de Eficácia de Quedas – Internacional (FES-I). Para comparar os resultados dos grupos, empregaram-se os testes Qui-quadrado e o ANOVA One-way. O nível de significância adotado foi de $p < 0,05$. Resultados: A Tabela 1 apresenta a prevalência de fatores risco para quedas em mulheres idosas, bem como a probabilidade das mesmas sofrerem uma queda nos próximos 12 meses. Notavelmente, a obesidade foi associada a uma maior probabilidade de quedas, o que pode ser atribuído a uma diminuição do tempo de reação e da força muscular. Em relação ao medo de cair, observou-se diferença significativa entre os grupos no escore da FES-I ($p < 0,01$), sendo que idosas obesas exibiram um medo mais acentuado ($30,10 \pm 8,4$) comparadas com as eutróficas ($25,33 \pm 7,11$; $p < 0,01$) e as sobrepesadas ($26,97 \pm 7,05$; $p < 0,05$). Conclusão: A obesidade exerce um impacto negativo sobre o risco de quedas e o medo de cair em mulheres idosas, o que pode ser parcialmente explicado pela diminuição do tempo de reação e da força muscular. Esses achados se agregam a evidências prévias que apontam a obesidade como um importante fator de risco para quedas.