

Função dos Músculos Plantiflexores e Marcha em Pessoas Idosas com Diferentes Níveis de Atividade Física: Análise Baseada no Número de Passos Diários

Plantar Flexor Muscle Function and Gait in Older Adults with Different Levels of Physical Activity: Analysis Based on Daily Step Count

Barbara Ferraz Chaowiche¹, Alline Mardegan Miotto², Isabela Vinharski Scheidt³, Paulo Cesar Barauce Bento⁴



Resumo: Este estudo teve como objetivo comparar a função dos músculos plantiflexores, o desempenho na marcha e a mobilidade entre idosos com diferentes níveis de atividade física (NAF), mensurado por meio da utilização de um acelerômetro (modelo GT3X; Actigraph). Participaram do estudo 111 pessoas idosas ($h = 44$, $m = 67$; $70,8 \pm 4,5$ anos; $71,52 \pm \text{kg}$; $1,62 \pm 0,08$ cm), que foram alocadas em 3 grupos como base no número de passos diários (G1, até 4336; G2, de 4337 a 7221; G3, de 7222 a 13676). A análise do desempenho físico incluiu protocolos de avaliação envolvendo (1) função muscular (2) mobilidade funcional (3) marcha. Os resultados demonstraram que o grupo com menor NAF apresentou um desempenho inferior na avaliação da força e mobilidade quando comparados ao grupo de maior NAF. Dessa forma, foi possível concluir que o uso de gerontotecnologia, como o acelerômetro e tapete com sensores para avaliação da marcha, oferecem uma abordagem eficaz para monitorar a atividade física e destacar os benefícios de níveis mais elevados de atividade sobre a função física, contribuindo para uma melhor qualidade de vida e independência na população idosa.

Palavras-chave: Pessoas idosas. Desempenho Físico. Nível de Atividade Física. Sensores de Monitoramento.

Abstract: This study aimed to compare plantar flexor muscle function, gait performance, and mobility among older adults with different levels of physical activity (LPA), measured using an accelerometer (GT3X model; Actigraph). A total of 111 older adults participated in the study (males = 44, females = 67; 70.8 ± 4.5 years; $71.52 \pm \text{kg}$; 1.62 ± 0.08 cm), who were allocated into 3 groups based on the number of daily steps (G1, up to 4336; G2, from 4337 to 7221; G3, from 7222 to 13676). The physical performance analysis included evaluation protocols involving (1) muscle function, (2) functional mobility, and (3) gait. The results showed that the group with lower LPA had inferior performance in strength and mobility assessment compared to the group with higher LPA. Thus, it was possible to conclude that the use of gerontechnology, such as the accelerometer and sensor mat for gait assessment, offers an effective approach to monitor physical activity and highlight the benefits of higher activity levels on physical function, contributing to better quality of life and independence in the elderly population.

Keywords: Older Adults. Physical Performance. Physical Activity Level. Monitoring Sensors.

Introdução

O envelhecimento da população é um fenômeno global, acompanhado de desafios relacionados à mobilidade e funcionalidade de pessoas idosas. Neste sentido, a redução da força e potência muscular, especialmente nos membros inferiores, afeta significativamente a capacidade de locomoção e aumenta o risco de quedas (CONWAY, FRANZ, 2020). Nos últimos anos, a gerontecnologia, que envolve o desenvolvimento de tecnologias voltadas para melhorar a qualidade de vida de pessoas idosas, tem explorado o uso de sensores para monitoramento da atividade física como uma ferramenta para promover o envelhecimento saudável (AMAGASA, 2021; NAJAFI, KHAN, WROBEL, 2011). Dispositivos como acelerômetros e tapetes com sensores, por exemplo, permitem não apenas mensurar o nível de atividade física e desempenho funcional, mas também podem fornecer dados em tempo real, fundamentais para o desenvolvimento de intervenções personalizadas (AMAGASA et al., 2021).

O desempenho físico, um dos principais indicadores da funcionalidade em idosos (ARRIETA *et al.*, 2018), pode ser avaliado por meio de diversas métricas, como a força dos plantiflexores, avaliação de variáveis da marcha, e o tempo para realizar o teste de levantar e caminhar (TUG). Avaliar essas variáveis é crucial para entender como diferentes níveis de atividade física (NAF) influenciam a manutenção da capacidade funcional e a prevenção de quedas em idosos.

A utilização de pedômetros e acelerômetros para mensurar o número de passos diários é uma abordagem acessível e prática, especialmente com a popularização de dispositivos vestíveis como smartwatches. Estes dispositivos fornecem uma medida objetiva da atividade física, que pode ser facilmente compreendida e monitorada pela população idosa (AMAGASA *et al.*, 2021). Além disso, o monitoramento diário dos passos pode atuar como um agente motivador para o aumento da atividade física, contribuindo para a melhora do desempenho físico e, conseqüentemente, da qualidade de vida de pessoas idosas (VOSS *et al.*, 2020).

Apesar de o impacto da atividade física na saúde de idosos seja bem documentado, ainda são poucos os estudos que exploram como os sensores de monitoramento contribuem para a avaliação e melhora da mobilidade funcional e força muscular nesta população. Este estudo visa preencher essa lacuna, investigando a relação entre os níveis de atividade física, medidos por acelerômetros, e a função dos músculos plantiflexores, desempenho na marcha e mobilidade em pessoas idosas.

Os resultados têm o potencial de informar futuros desenvolvimento em gerontotecnologia, proporcionando percepções de para ações que não apenas monitorem, mas também interfiram de maneira proativa no cuidado à saúde da pessoa idosa.

Com base nas considerações apresentadas, este estudo teve como objetivo verificar o desempenho físico de idosos com diferentes níveis de atividade física, medidos pelo número de passos diários a partir de acelerometria.

Materiais e métodos

Esta pesquisa se caracteriza como um estudo transversal, de abordagem descritiva (NELSON; THOMAS, 2012). Este estudo foi aprovado pelo Comitê de ética em Pesquisa do Setor de Ciências da Saúde da Universidade Federal do Paraná, conforme parecer consubstanciado nº 6.328.316, e CAAEE nº 7115223.9.0000.0102. Todos os participantes assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

O estudo foi realizado no Centro de Estudos e Comportamento Motor (CECOM) da Universidade Federal do Paraná (UFPR). Os participantes do estudo foram alcançados a partir dos meios de divulgação da própria Universidade, de jornais locais e por divulgação por realizada em e aplicativos de comunicação.

Para o cálculo amostral foi utilizada a calculadora *G*Power* (versão 3.1.9.7). O tamanho da amostra foi definido a priori, a partir do teste do tipo F (ANOVA), com tamanho de efeito de 0,30 (RAMSEY, 2021), probabilidade de erro tipo I de 0,05 e erro tipo II de 0,80, para 3 grupos. A partir da análise, foi encontrado um tamanho amostral de 111 indivíduos que posteriormente foram divididos em 3 grupos ($n = 37$) de acordo com o agrupamento em tercil, a partir da utilização da média de passos diários como ponto de corte. Os grupos foram definidos como G1 (baixo NAF – até 4336 passos/dia), G2 (NAF moderado – de 4337 a 7221 passos/dia) e G3 (elevado NAF – de 7222 a 13676 passos/dia).

Foram incluídas no estudo pessoas idosas de ambos os sexos, com 65 anos ou mais, com capacidade cognitiva preservada, conforme avaliação pelo Mini Exame do Estado Mental (MEEM), que não faziam uso de órteses, nem possuíam diagnósticos de doenças neurológicas, como Doença de Parkinson, Neuropatia Periférica ou AVC. Foram excluídas do estudo, pessoas idosas que apresentaram limitações físicas ou motoras que as impedissem de participar das avaliações.

As avaliações ocorreram em duas visitas ao CECOM. Na primeira, foram aplicados questionários sociodemográficos, anamnese de saúde e o Mini Exame do Estado Mental

(MEEM) (BERTOLUCCI, *et al.*, 1994), seguido da avaliação antropométrica. Os participantes foram familiarizados com o protocolo de força muscular e, por fim receberam o acelerômetro juntamente com as orientações para utilização, que incluíram o uso durante 7 dias, exceto para atividades aquáticas e durante o sono.

Para determinar o nível de atividade física dos participantes, foi fornecido a eles um acelerômetro (modelo GT3X; *Actigraph*), que fixado em uma cinta elástica e posicionado na cintura. Os dados foram coletados a uma frequência de 60 Hz. Os critérios para análise incluíram a utilização do dispositivo por pelo menos 4 dias, com o registro mínimo de 8 horas diárias. O processo e a análise dos dados foram realizados utilizando o *software* Actilife (HENDELMAN *et al.*, 2000). Os valores de "counts" foram convertidos em minutos de prática de atividade física e a intensidade foi analisada de acordo com a classificação estabelecida pelo *software* a partir da equação Freedson. Para a análise do número de passos foi calculada a média de passos diários entre os dias de uso para cada participante.

Na segunda visita, foram realizadas as avaliações da força muscular dos músculos plantiflexores em um dinamômetro isocinético *Biodex (Biodex System 4 Dynamometer, Biodex Medical Systems, Shirley, New York)*. O teste de contração muscular isométrica máxima (CVIM) foi realizado com o voluntário sentado em posição vertical, com o encosto inclinado a um ângulo de 85°. Foram realizadas três tentativas da CVIM dos plantiflexores (90°) com duração de 5 s. em CVIM e 15 segundos de relaxamento, com o membro dominante (HARTMANN, *et al.*, 2008).

Os parâmetros cinemáticos e espaço temporais da marcha foram obtidos utilizando um tapete com sensores e a marcha foi realizada no percurso de 6 metros em velocidade habitual. A análise dos dados foi realizada por meio do *software ProtoKinetics Movement Analysis (PKMAS)*. A mobilidade funcional foi avaliada a partir do teste *Timed Up and Go (TUG)*.

Os dados foram analisados utilizando estatística descritiva. A normalidade foi verificada pelo teste de Kolmogorov-Smirnov, e a homogeneidade das variâncias pelo teste de Levene. A comparação entre grupos foi realizada por meio do teste ANOVA *one-way*, seguida de *post hoc* de Bonferroni, todas as análises foram realizadas no *software* IBM SPSS Statistics e o nível de significância adotado foi de $p > 0,05$.

Resultados e discussão

Participaram do estudo 115 pessoas idosas que atenderam aos critérios deste estudo. Após a coleta e análise dos dados relacionados ao nível de atividade física, 4 participantes não foram incluídos na análise por não utilizarem o acelerômetro adequadamente

A tabela 1 mostra as características iniciais dos 111 participantes, que tiveram idade média de $70,2 \pm 4,5$ anos, $71,52 \pm 12,9$ kg de massa corporal, estatura média de $1,62 \pm 0,08$, e IMC médio $26,93 \pm 5,21$. Com relação as características sociodemográficas, 12,6% dos participantes possuem entre 1 a 8 (até o ensino fundamental II) anos de estudo, 40,5% possuem o ensino médio completo e 46,9% completaram o ensino superior. Quanto à renda, 35% dos participantes recebem entre 1 e 2 salários mínimos (SM), 29,7% entre 3 e 4 SM, e 35,3 recebem 5 SM ou mais.

Tabela 1 | Características iniciais dos participantes.

Variável	G1	G2	G3
Sexo (h/m)	16; 21	13; 24	15; 22
Idade	71,7 $\pm$ 4,9 ^b	70,1 $\pm$ 4,1	68,7 $\pm$ 4,2 ^b
Massa (kg)	74,45 $\pm$ 11,43 ^b	74,38 $\pm$ 14,60 ^c	65,74 $\pm$ 11,27 ^{b, c}
Estatura (m)	1,62 $\pm$ 0,09	1,62 $\pm$ 0,07	1,62 $\pm$ 0,09
IMC (kg/m²)	28,26 $\pm$ 3,96 ^b	28,29 $\pm$ 5,18 ^c	24,23 $\pm$ 5,40 ^{b, c}
Doenças	2,16 $\pm$ 1,57	1,92 $\pm$ 1,32	1,46 $\pm$ 1
Medicamentos	2,49 $\pm$ 1,95 ^b	1,54 $\pm$ 1,34	1,46 $\pm$ 1,26 ^b
NAFMV* (min/semana)	90,70 $\pm$ 53,45 ^{a, b}	217,59 $\pm$ 77,8 ^{a, c}	380,10 $\pm$ 152,21 ^{b, c}

Nota: h - homem; m - mulher; IMC- índice de massa corporal; *NAFMV - Atividade física moderada e vigorosa; a- diferença significativa entre G1 e G2; b- diferença significativa entre G1 e G3; c- diferença significativa entre G2 e G3. Diferença significativa: $p \leq 0,05$.

As características iniciais dos participantes do estudo forneceram informações sobre a relação entre o nível de atividade física e aspectos importantes de saúde. De maneira geral, os resultados indicam que um maior nível de atividade física está associado a uma melhor composição corporal e menor dependência de medicamentos. Este achado é consistente com a literatura existente, que sugere que a inatividade física é um dos principais fatores contribuintes para a obesidade em idosos (GAO, *et al.*, 2021). Além disso, o grupo G1 apresentou uma média de consumo de medicamentos significativamente maior em comparação com o grupo G3. Este achado pode ser explicado pelo fato de que a obesidade e a inatividade física estão associadas a um aumento no risco de doenças crônicas, como hipertensão, diabetes tipo 2 e dislipidemia, que frequentemente requerem tratamento medicamentoso (GAO *et al.*, 2021; ROSIQUE-ESTEBAN *et al.*, 2019). Portanto, promover a atividade física em idosos pode ser uma estratégia eficaz para reduzir a polifarmácia e melhorar a saúde geral.

A Tabela 2 apresenta os valores relacionados às comparações das variáveis de desempenho físico (função muscular dos plantiflexores, variáveis cinemáticas e espaço-temporais da marcha, mobilidade funcional) entre os grupos.

Tabela 2 | Comparação das variáveis de desempenho físico entre os grupos.

Variável	G1	G2	G3	P
PT (N.m)	53,70 ± 18,67 ^b	65,16 ± 24,40	66,16 ± 22,57 ^b	0,029*
TDF (N/s)	0,69 ± 0,063 ^b	0,86 ± 0,64	1,12 ± 0,65 ^b	0,018*
TUG (s)	10,16 ± 2,74 ^{a, b}	8,92 ± 1,26 ^a	8,51 ± 1,65 ^b	0,001*
VM (cm/s)	119,19 ± 16,36 ^b	127,40 ± 15,5	137,61 ± 15,49 ^b	0,001*
CAD	111,82 ± 8,47 ^b	114,03 ± 7,63	116,70 ± 8,76 ^b	0,044*
LP (cm)	10,75 ± 3,19	10,76 ± 2,69	10,28 ± 2,50	0,705
TP (s)	1,07 ± 0,08	1,05 ± 0,07	1,03 ± 0,80	0,074
CP (cm)	127,58 ± 15,88 ^b	133,96 ± 16,20 ^c	141,19 ± 12,51 ^{b, c}	0,001*

Nota: PT – pico de torque; TDF – taxa de desenvolvimento de força; TUG – Timed Up and Go; VM – velocidade de marcha; CAD – cadência; LP – largura da passada; TP – tempo da passada; CP – comprimento da passada; a- diferença significativa entre G1 e G2; b- diferença significativa entre G1 e G3; c- diferença significativa entre G2 e G3. Diferença significativa: $p \leq 0,05$.

A relação entre o nível de atividade física e a função muscular em pessoas idosas é um aspecto discutido na literatura, com implicações significativas para a manutenção da capacidade funcional. Somado a isso, a literatura aponta que a função muscular está relacionada ao nível de atividade física (IANNUZZI-SUCICH; PRESTWOOD; KENNY, 2002).

Os resultados deste estudo mostraram que idosos com maior nível de atividade física apresentam melhor desempenho em diversas métricas de mobilidade e força muscular, como pico de torque, taxa de desenvolvimento de força e velocidade de marcha. Este achado está alinhado com a literatura existente, que associa maior atividade física à melhor qualidade de vida e funcionalidade (DISTEFANO, et al., 2017). No entanto, do ponto de vista da gerontecnologia, é essencial destacar como os dispositivos de monitoramento utilizados contribuíram para esses achados.

O uso de acelerômetros para mensurar o número de passos diários, por exemplo, demonstrou ser uma ferramenta eficaz para monitoramento da atividade física em idosos (AMAGASA et al., 2021). Isso é particularmente relevante em contextos de intervenções tecnológicas, onde o feedback fornecido por dispositivos vestíveis pode ser utilizado para ajustar atividades físicas conforme a capacidade funcional de cada indivíduo, melhorando assim a adesão a programas de reabilitação ou manutenção da mobilidade (VOSS, 2020).

Outro aspecto importante a ser considerado é a utilização de sensores durante a avaliação da marcha. O tapete com sensores permitiu a obtenção de dados precisos sobre as variáveis espaço-temporais da marcha, como comprimento e cadência do passo, que estão diretamente relacionadas ao risco de quedas em idosos (FRANCIS et al., 2013). A exploração desses dispositivos na gerontecnologia é fundamental para o desenvolvimento de tecnologias assistivas que possam prevenir quedas ao fornecer

informações em tempo real sobre a estabilidade e a eficiência da marcha.

Portanto, este estudo não apenas reforça a importância da atividade física, mas também destaca o papel crucial da tecnologia no monitoramento e na promoção de uma vida mais ativa e independente para as pessoas idosas. Ainda há espaço para expandir o uso dessas tecnologias, incluindo o desenvolvimento de sistemas inteligentes que não apenas monitorem, mas também intervenham diretamente, como alertas personalizados de atividade e planos de exercícios baseados no desempenho monitorado.

Limitações

Este estudo apresenta algumas limitações que devem ser consideradas. Primeiramente, a baixa representatividade de pessoas com locomoção limitada e baixo nível de atividade física pode ser explicada pela dificuldade de se deslocar até o local de estudo e da dependência de terceiros. Além disso, grupo de avaliados foi composta predominantemente por participantes com alto nível socioeconômico e educacional, o que pode ter influenciado os resultados, limitando a generalização dos achados para a população idosa em geral.

Conclusão

Pode-se concluir que o nível de atividade física está diretamente associado a uma melhor funcionalidade muscular e mobilidade em idosos, sendo que a utilização de sensores como acelerômetros e tapetes com sensores oferece uma abordagem objetiva e eficiente para o monitoramento dessas variáveis. Do ponto de vista da gerontecnologia, esses dispositivos representam ferramentas promissoras não apenas para a avaliação, mas também para a intervenção e personalização de programas de atividade física, contribuindo para a independência e qualidade de vida na população idosa. Futuros estudos devem explorar de forma longitudinal o desenvolvimento de sistemas integrados que permitam intervenções em tempo real, aumentando o potencial de prevenção de quedas e outros riscos associados à baixa mobilidade em pessoas idosas.

Agradecimentos

Agradecemos à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro que possibilitou a realização deste estudo. E também ao Centro de Estudos do Comportamento Motor (CECOM) da Universidade Federal do Paraná pela infraestrutura laboratorial e suporte técnico que foram essenciais para o desenvolvimento deste trabalho.

Referências

- AMAGASA, S. et al. Older adults' daily step counts and time in sedentary behavior and different intensities of physical activity. **Journal of Epidemiology**, v. 31, n. 5, p. 350–355, 2021.
- ARRIETA, H. et al. Physical activity and fitness are associated with verbal memory, quality of life and depression among nursing home residents: Preliminary data of a randomized controlled trial. **BMC Geriatrics**, v. 18, n. 1, 27 mar. 2018.
- BENTO, P. C. B. et al. Peak torque and rate of torque development in elderly with and without fall history. **Clinical Biomechanics**, v. 25, n. 5, p. 450–454, jun. 2010.
- BERTOLUCCI, P. H. F.; BRUCKI, S. M. D.; CAMPACCI, S. R.; JULIANO, Y. O. Mini-Exame do Estado Mental em uma população geral: impacto da escolaridade. **Arquivos de Neuro-Psiquiatria**, São Paulo, v. 52, n. 1, p. 01–07, 1994.
- BLAZEVOICH, A. J. et al. Influence of concentric and eccentric resistance training on architectural adaptation in human quadriceps muscles. **Journal of Applied Physiology**, v. 103, n. 5, p. 1565–1575, nov. 2007.
- CALLISAYA, M. L. et al. Gait, gait variability and the risk of multiple incident falls in older people: A population-based study. **Age and Ageing**, v. 40, n. 4, p. 481–487, jul. 2011.
- CONWAY, K. A.; FRANZ, J. R. Shorter gastrocnemius fascicle lengths in older adults associate with worse capacity to enhance push-off intensity in walking. **Gait and Posture**, v. 77, p. 89–94, 1 mar. 2020.
- FRANCIS, C. A. et al. The modulation of forward propulsion, vertical support, and center of pressure by the plantarflexors during human walking. **Gait and Posture**, v. 38, n. 4, p. 993–997, set. 2013.
- GAMWELL, H. E. et al. Aging and Gait Function: Examination of Multiple Factors that Influence Gait Variability. **Gerontology and Geriatric Medicine**, v. 8, 11 fev. 2022.
- GAO, Q. et al. Global prevalence of sarcopenic obesity in older adults: A systematic review and meta-analysis. **Clinical Nutrition**, v. 40, n. 7, p. 4633–4641, 1 jul. 2021.
- HARTMANN, A.; KNOLS, R.; MURER, K.; DE BRUIN, E. D. Reproducibility of an isokinetic strength-testing protocol of the knee and ankle in older adults. **Gerontology**, v. 55, n. 3, p. 259–268, 2008.
- HENDELMAN et al. Validity of accelerometry for the assessment of moderate intensity physical activity in the field. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 32, n. 9, p. 9, 2000.
- HILL, M. W. et al. Association between knee extensor and ankle plantarflexor muscle thickness and echo intensity with postural sway, mobility and physical function in older adults. **Experimental Gerontology**, v. 150, 15 jul. 2021.
- HUGHES, V. A. et al. Longitudinal Muscle Strength Changes in Older Adults: Influence of Muscle Mass, Physical Activity, and Health. **Journal of Gerontology: BIOLOGICAL SCIENCES**, v. 56A, No. 5, B209–B217, 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. **Journal of Gerontology**, v. 57A, n. 12, p. 772–777, 2002.
- IZQUIERDO, M. et al. International Exercise Recommendations in Older Adults (ICFSR): Expert Consensus Guidelines. **Journal of Nutrition, Health and Aging**, v. 25, n. 7, p. 824–853, 1 jul. 2021.
- ROSIQUE-ESTEBAN, N. et al. Leisure-time physical activity at moderate and high intensity is associated with parameters of body composition, muscle strength and sarcopenia in aged adults with obesity and metabolic syndrome from the **PREDIMED-Plus study**. **Clinical Nutrition**, v. 38, n. 3, p. 1324–1331, 1 jun. 2019.
- VOSS, M. L.; POPE, J. P.; COPELAND, J. L. Reducing Sedentary Time among Older Adults in Assisted Living: Perceptions, Barriers, and Motivators. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, Basel, v. 17, n. 3, p. 717, 2020.

Vínculo institucional, titulação e área de atuação

Barbara Ferraz Chaowiche¹
Programa de Pós- Graduação em Educação Física –
Universidade Federal do Paraná
Mestre em Educação Física
Atividade Física e Saúde

 | <https://orcid.org/0009-0001-7494-3437>

Alline Mardegan Miotto²
Programa de Pós- Graduação em Educação Física –
Universidade Federal do Paraná
Mestre em Fisioterapia
Atividade Física e Saúde

 | <https://orcid.org/0009-0001-8077-8896>

Isabela Vinharski Scheidt³
Programa de Pós- Graduação em Educação Física –
Universidade Federal do Paraná
Mestre em Desenvolvimento Comunitário
Atividade Física e Saúde

 | <https://orcid.org/0000-0001-9561-6120>

Paulo Cesar Barauce Bento⁴
Programa de Pós- Graduação em Educação Física –
Universidade Federal do Paraná
Doutor em Educação Física
Atividade Física e Saúde
 | <https://orcid.org/0000-0001-6403-2341>

Correspondência*

A correspondência e os pedidos de materiais devem ser
endereçados a barbarachaowiche@gmail.com