

Comparação de parâmetros temporais e cinéticos da caminhada entre indivíduos jovens, idosas caidoras e não caidoras

Comparison of temporal and kinetic walking parameters among young people and falling and non-falling elderly persons

Ronaldo Valdir Briani¹
Bianca Tabora¹
Érica Caroline Carvalho Martines¹
Fernando Amâncio Aragão²

ARTIGOS ORIGINAIS / ORIGINAL ARTICLES

Resumo

Objetivo: Comparar parâmetros biomecânicos espaço-temporais e cinéticos da caminhada de jovens, idosas caidoras e não caidoras. **Metodologia:** Estudo transversal composto por 29 indivíduos divididos em três grupos: Grupo Jovens (n=10); Grupo Idosas Caidoras (n=7) e Grupo Idosas não Caidoras (n=12). Realizou-se análise biomecânica da marcha por meio da gravação de três ciclos de marcha ao longo de uma passarela de caminhada de 8 metros, na qual havia inserida uma plataforma de força no seu centro com frequência de amostragem de 200 Hz. Os ciclos de marcha também foram gravados por três câmeras de vídeo posicionadas perpendicularmente à plataforma de força com frequência de amostragem de 60 Hz. Os dados analisados foram: velocidade média da passada, tempo de apoio do membro, número de Froude e força anteroposterior de reação do solo. **Resultados:** A velocidade média foi maior no Grupo Jovens e o número de Froude foi igual entre os três grupos. Durante a fase de apoio, a força no sentido anterior foi maior no Grupo Jovens comparado ao Grupo Idosas não Caidoras, sendo da mesma forma durante a fase de impulso. Também foi encontrado menor tempo de apoio do Grupo Jovens em relação ao Grupo Idosas Caidoras ($p=0,000$) e menor tempo de apoio do Grupo Idosas Caidoras em relação ao Grupo Idosas não Caidoras ($p=0,004$). **Conclusão:** Idosas caidoras e não caidoras apresentam características biomecânicas da marcha diferentes de mulheres jovens, exceto pelo número de Froude. Além disso, idosas caidoras permanecem mais tempo na fase de balanço que idosas não caidoras.

Palavras-chave: Idoso;
Acidentes por quedas;
Marcha.

Abstract

Objective: Comparison of the biomechanical parameters (spatiotemporal and kinetic) during walking of young people, falling, and non-falling elderly persons. **Methods:** A cross-sectional study was performed of 29 individuals divided into three groups: young persons (n=10); falling elderly individuals (n=7) and non-falling individuals (n=12). Gait analysis was performed based on the recording of three walking gait cycles along an 8 meter platform, which was attached to a force plate with a recording frequency of 200

¹ Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Curso de Fisioterapia. Cascavel, PR, Brasil.

² Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Laboratório de Pesquisa do Movimento Humano – LAPEMH, Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Curso de Fisioterapia. Cascavel, PR, Brasil.

Hz. Gait cycles were also recorded by three video cameras positioned perpendicular to the force plate with a recording frequency of 60 Hz. The data analyzed was: average step velocity, stance time, Froude number and anteroposterior ground reaction force. *Results:* The average step velocity was higher among young persons and there was no difference in the Froude number among the three groups. During the stance and impulse phase, anterior and posterior force was higher among young persons than in the non-falling elderly group. The foot stance time of young individuals was also lower than the non-falling elderly group ($p=0.000$) and the foot stance time of the falling elderly group was lower than that of the non-falling elderly group ($p=0.004$). *Conclusion:* Falling and non-falling elderly persons have different gait biomechanical characteristics than young women, other than with respect to the Froude number. Furthermore, falling elderly persons spend more time in the gait swing phase than non-falling elderly persons.

Key words: Elderly;
Accidental Falls; Gait.

INTRODUÇÃO

O processo de envelhecimento traz consigo uma série de deficiências acumuladas ao longo da vida nos diversos sistemas que compõem o corpo. Não imune às deficiências cumulativas provenientes do envelhecimento, a marcha está afetada em função da redução gradativa da eficiência do aparelho locomotor, que ocorre, entre outras razões, pela diminuição da força muscular e da flexibilidade do membro inferior. Assim, a ocorrência de quedas na população idosa é comum, gerando aumento dos índices de morbidade e mortalidade dessa população.^{1,2}

Segundo Siqueira et al.,³ 34% dos idosos acima dos 60 anos de idade já sofreram quedas, e dentre esses, 17,9% tiveram suas atividades diárias habituais restringidas por este evento. Após a primeira queda, aproximadamente 50% desses idosos tornam-se caidores recorrentes, com dois ou mais eventos a cada 12 meses.⁴ Dentre o contingente de idosos caidores, a população feminina se destaca pelas altas taxas de quedas. Recentemente, um estudo prospectivo acompanhou 1.044 mulheres com mais de 75 anos durante dez anos, das quais 427 (41%) sofreram algum tipo de fratura devido a quedas nesse período.⁵ As causas das quedas são multifatoriais, entretanto, mais de 50% delas ocorrem durante a marcha.⁴

Apesar de a marcha do idoso ser um tema de grande discussão, até o momento, poucos estudos que caracterizem e comparem as alterações de estratégias na biomecânica da caminhada entre

jovens, idosas caidoras e não caidoras são encontrados na literatura. Devido ao aumento das taxas de morbidade e mortalidade em idosas que se tornam caidoras recorrentes,^{2,3} um estudo que aponte parâmetros biomecânicos alterados e/ou exacerbados em relação aos observados em idosas não caidoras e jovens pode levantar importantes sítios de tratamento nessa população.

Assim, este estudo teve como objetivo comparar parâmetros biomecânicos espaço-temporais e cinéticos da caminhada de jovens, idosas caidoras e não caidoras, na tentativa de identificar diferenças no padrão de marcha entre esses três grupos de indivíduos.

METODOLOGIA

Trata-se de um estudo do tipo caso-controle transversal, composto por uma amostra de 29 indivíduos do sexo feminino, selecionados de forma intencional. Os indivíduos foram divididos em três grupos: Grupo Jovens (Jovens) – indivíduos hígidos com idades entre 18 e 23 anos ($n=10$); Grupo Idosas Caidoras (Idosas C.) – indivíduos considerados caidores, com idades entre 60 e 75 anos ($n=7$); Grupo Idosas não Caidoras (Idosas NC.) – indivíduos hígidos, considerados não caidores com idades entre 60 e 75 anos ($n=12$).

Baseado em um estudo retrospectivo que aponta a predominância de mais de 70% das quedas em mulheres,⁶ foram incluídos na amostra apenas indivíduos do sexo feminino, que possuíam

idades compatíveis com os grupos. Para compor os grupos “Jovens” e “Idosas NC.” os indivíduos não deveriam ter histórico de mais de uma queda no período de 12 meses antecedentes à avaliação, ter idade entre 18 e 23 anos e 60 e 75 anos, respectivamente. Já para o grupo “Idosas C.” era necessário ter sofrido, ao menos, duas quedas no período de 12 meses anteriores ao início da realização da pesquisa e ter idade entre 60 e 75 anos; adotou-se o critério de Whitney et al.⁷

Os indivíduos não eram incluídos na amostra caso possuíssem alguma doença neurológica diagnosticada; dificuldade para caminhar na qual fosse necessária a utilização de meios auxiliares de locomoção como órteses de qualquer tipo; déficits visuais diagnosticados e sem correção; doenças ortopédicas que os incapacitasse à realização dos testes; vertigem e/ou vestibulopatias crônicas não controladas; utilizassem medicações que possuíssem efeitos documentados sobre o equilíbrio e a marcha (sedativos, tranquilizantes, antiarrítmicos ou antidepressivos); relatassem outras lesões osteomusculares graves ou dor de qualquer natureza, que pudessem influenciar a qualidade da marcha.

Antes de iniciadas as coletas de dados, todas as participantes assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido aprovado no Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Estadual do Oeste do Paraná (parecer nº 047/2011). O período de coleta de dados foi de agosto a dezembro de 2011.

Uma ficha de identificação foi utilizada para o registro dos seguintes dados dos participantes: registro de dados individuais; medidas antropométricas (estatura e comprimento do membro – distância do trocanter maior do fêmur passando pela linha interarticular do joelho, maléolo lateral até o solo),⁸ informações sobre as condições de saúde das participantes (doenças, lesões, medicações que fizessem uso) e informações quanto às questões relacionadas ao histórico ou não de quedas.

Durante o protocolo de avaliação, as participantes deveriam caminhar em uma passarela com oito metros de comprimento, na qual, no meio

do percurso, estava posicionada uma plataforma de força (OR6-6 AMTI, EUA) com dimensão de 46,4 cm x 50,8 cm para que fosse possível a mensuração de dados cinéticos relacionados às forças de reação do solo. A plataforma de caminhada e a plataforma de força possuíam uma cobertura de piso rígido emborrachado preto com espessura de 6 mm, e que impedia a identificação do posicionamento da plataforma de força ao longo do trecho de caminhada.

Para a familiarização das participantes com o teste, foram realizadas cinco simulações, nas quais deveriam percorrer a distância de oito metros, naturalmente. As participantes foram instruídas a caminhar descalças e utilizando uma velocidade de caminhada confortável, utilizada no dia a dia (autosselecionada). Apenas eram gravados os testes em que as participantes realizavam o trajeto da caminhada de oito metros e havia o contato completo do pé direito dentro dos limites da plataforma de força, totalizando três tentativas. A presença da plataforma de força e a necessidade de realizar a fase de apoio na mesma eram desconhecidas pelas participantes, por isso eram realizadas familiarizações imediatamente antes da coleta de dados, as quais não podiam ser distinguidas pelas participantes do estudo.

Os dados cinéticos foram coletados por meio de uma plataforma de força com frequência de amostragem de 200 Hz, pelo programa AMTI NetForce[®], e as análises, realizadas pelo *software* AMTI Bioanalysis[®] (AMTI, EUA). Foi utilizada a força no sentido anteroposterior para as análises do estudo. Durante o apoio e impulso da marcha existem dois picos, que representam: (1) o pico de força exercida quando o calcanhar entra em contato com o solo (força atrito e desaceleração) relacionada à Fase de Apoio (FA) e (2) pico de força exercida pelo antepé sobre a plataforma (força de impulso) relacionada à Fase de Impulso (FI). Além disso, foi analisado também o tempo total de apoio em que o pé permanecia em contato com a plataforma de força.

Os ciclos de marcha (tentativas) foram gravados por três câmeras de vídeo convencionais de alta resolução (NV-GS180 3CCD, Panasonic

Co. Japão), posicionadas perpendicularmente à plataforma de força. As câmeras foram posicionadas a uma distância de 2,5 m da plataforma e a altura em relação ao solo de cada uma foi alinhada com o eixo das articulações do quadril, joelho e tornozelo, respectivamente, de cada participante, de maneira que pudessem ser coletadas imagens do membro inferior direito e do tronco se deslocando. Os dados de vídeo foram coletados pelo *software* VirtualDub (v. 0.9.11; *Microsoft Visual Studio*) com frequência de amostragem de 60 Hz.

A velocidade média de uma passada também foi mensurada. A passada mensurada compreendia o momento em que o membro direito fazia contato com a plataforma de força. Dessa forma, pretendia-se verificar a velocidade média da passada, no momento em que a participante estivesse atravessando a região em que estava posicionada a plataforma de força.

Para identificação da variabilidade das velocidades médias de passada foi utilizada a técnica do Número de Froude.⁹ A técnica é baseada em estudos que comprovam que o tamanho do membro inferior influencia a velocidade de caminhada natural dos sujeitos (autosselecionada) e visa, portanto, identificar a variabilidade da velocidade das participantes proporcionalmente ao tamanho do seu membro inferior.¹⁰

A velocidade, por si só, é capaz de influenciar diversas variáveis cinéticas e cinemáticas da marcha,

ainda que para todas as participantes tenha sido solicitado que caminhassem em uma velocidade preferida (autosselecionada). Nesse sentido, para a análise dos dados, a força de reação do solo foi normalizada pela velocidade média da passada. Esse procedimento matemático foi realizado a fim de que pudessem ser comparadas as variáveis cinéticas de estudo entre os grupos, na tentativa de minimizar os efeitos das diferenças de velocidade de cada participante.

Para a análise dos dados do estudo, foi aplicado inicialmente o teste de Shapiro-Wilk, para confirmação da normalidade das variáveis. Em seguida, os dados relativos à força de reação do solo, tempo de apoio, número de Froude e velocidade média da passada foram submetidos ao teste de análise de variância (ANOVA de um caminho) seguido do teste *Pós-hoc* de Bonferroni, para identificação de possíveis diferenças entre os grupos estudados. Toda a análise estatística foi realizada com auxílio do pacote estatístico SPSS v.17 (*Statistical Package for the Social Sciences*), e em todos os testes foi adotado $\alpha \leq 0,05$.

RESULTADOS

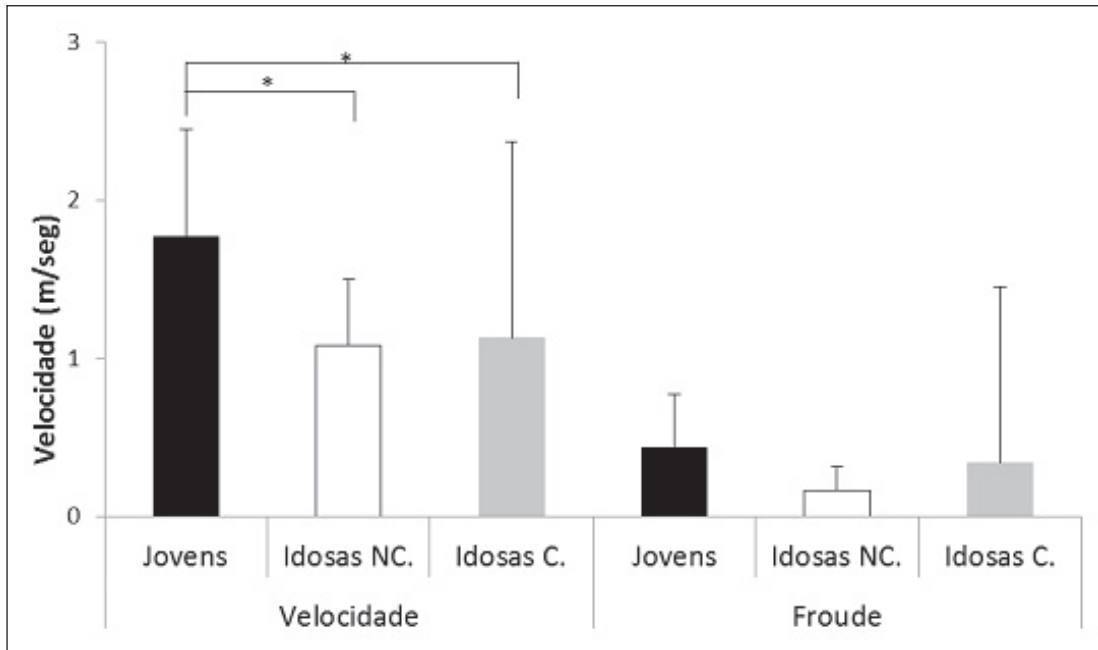
O teste de Shapiro-Wilk confirmou a normalidade dos dados analisados, que puderam ser representados pela média e desvio-padrão. Os resultados referentes às características demográficas da amostra estão representados na tabela 1.

Tabela 1. Características demográficas para os Grupos Jovens, Idosas Caidoras (Idosas C.) e Idosas não Caidoras (Idosas NC.). Cascavel, PR, 2012.

| Parâmetros | Jovens | Idosas C. | Idosas NC. |
|--------------|-----------------------|----------------------|----------------------|
| Idade (anos) | 21,91 ($\pm 2,72$) | 69,74 ($\pm 0,98$) | 71,25 ($\pm 1,65$) |
| Estatura (m) | 1,65 ($\pm 0,05$) | 1,63 ($\pm 0,04$) | 1,68 ($\pm 0,07$) |
| Peso (kg) | 65,72 ($\pm 10,76$) | 72,51 ($\pm 8,64$) | 70,37 ($\pm 6,71$) |

A velocidade média da passada foi maior no Grupo Jovens quando comparado tanto com o Grupo Idosas NC. quanto com o Grupo Idosas

C. ($p=0,004$). Por outro lado, o número de Froude não se mostrou diferente entre os grupos estudados ($p=0,087$) (figura 1).

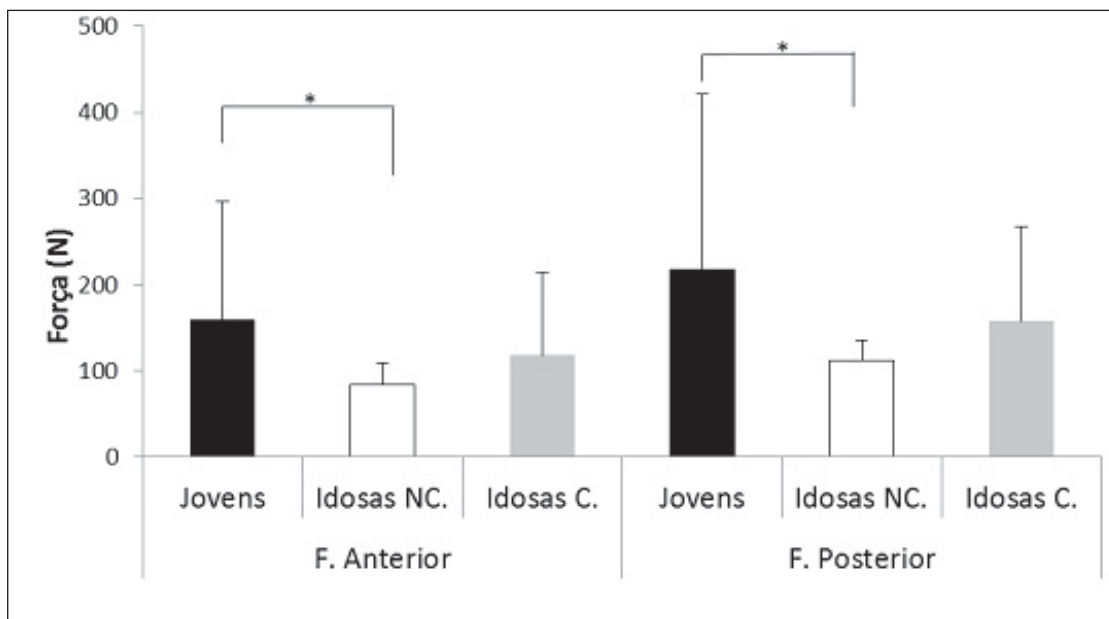


*Representa as diferenças significativas encontradas entre os grupos ($p < 0,05$).

Figura 1. Média e desvio-padrão da velocidade média da passada e número de Froude dos Grupos Jovens, Idosas Caidoras (Idosas C.) e Idosas não Caidoras (Idosas NC.). Cascavel, PR, 2012.

Durante a FA, a força no sentido anterior foi maior no Grupo Jovens comparado ao Grupo Idosas NC ($p=0,021$) (figura 2). Da mesma forma,

durante a FI, a força posterior foi maior no Grupo Jovens comparado ao Grupo Idosas NC. ($p=0,001$).



*Representa as diferenças significativas encontradas entre os grupos ($p < 0,05$).

Figura 2. Média e desvio-padrão das forças anterior e posterior de reação ao solo dos Grupos Jovens, Idosas Caidoras (Idosas C.) e Idosas não Caidoras (Idosas NC.). Cascavel, PR, 2012.

As médias e desvio-padrão da variável tempo de apoio foram: $0,62 \pm 0,03$ s.; $0,77 \pm 0,14$ s. e $0,67 \pm 0,09$ s. para os Grupos Jovens, Idosas NC. e Idosas C., respectivamente. Foi encontrado menor tempo de apoio do Grupo Jovens em relação ao Grupo Idosas C. ($p=0,000$) e ao Grupo Idosas NC. ($p=0,000$). Também pôde ser observado menor tempo de apoio do Grupo Idosas C. em relação ao Grupo Idosas NC. ($p=0,004$).

DISCUSSÃO

Na medida em que vários tipos de doenças e até mesmo o envelhecimento natural alteram a mobilidade e a eficiência muscular, são comuns diversos tipos de reações compensatórias na marcha, visando à manutenção da funcionalidade da locomoção.¹¹ Neste estudo buscou-se comparar parâmetros biomecânicos relacionados a variáveis temporais e cinéticas da caminhada entre indivíduos jovens, idosas não caidoras e idosas caidoras. De uma forma geral, as variáveis estudadas mostraram diferenças no padrão de caminhada entre o grupo de indivíduos jovens e idosas como um todo, contudo, não foi possível a identificação de diferenças de padrão de caminhada entre o grupo de idosas selecionadas como caidoras daquele classificado como não caidoras, exceto pela diferença no tempo de apoio.

Neste estudo foi utilizado o número de Froude na tentativa de identificar diferenças de velocidade de caminhada entre os grupos, uma vez que se trata de uma variável que envolve também características antropométricas no cálculo de um índice de velocidade relativa. Moretto et al.,⁹ por exemplo, demonstraram que o número de Froude é um método eficaz para estabelecer semelhanças dinâmicas entre sujeitos com características antropométricas diferentes. Entretanto, foram encontrados valores semelhantes do número de Froude entre todos os grupos, mostrando que, mesmo com diferenças na velocidade absoluta, ao serem normalizados pelas suas características antropométricas, os grupos apresentaram valores relativos similares. Dessa forma, esses resultados demonstram uma similaridade dinâmica entre

jovens, idosas caidoras e não caidoras durante a marcha.

O número de Froude encontrado em cada grupo permaneceu próximo a valores correspondentes à velocidade ótima de caminhada. A velocidade ótima de caminhada é definida como uma velocidade em que ocorre a maior reconversão de energia pelo mecanismo de pêndulo invertido ao mínimo custo metabólico.¹² Com isso, é possível afirmar que mesmo as idosas apresentando menor velocidade da marcha comparada à das jovens, essa velocidade fica próxima à velocidade caminhada considerada fisiológica.

Essa diminuição da velocidade pode, também, ser considerada um fator de proteção para quedas desenvolvida pelos idosos e não, necessariamente, seu mecanismo causador.¹³ Para Kirkwood et al.,¹⁴ a fraqueza muscular, diminuição da capacidade de mobilidade e alongamento muscular e alterações no tempo de apoio do membro inferior causadas pelo processo de envelhecimento, podem alterar a estabilidade do idoso durante a marcha, que busca alternativas para compensar tais alterações.

No geral, as idosas apresentaram maior tempo de apoio do membro inferior que os jovens. É comum que esse contato prolongado do tornozelo no chão evite a transferência do peso do corpo para o antepé e é geralmente um sinal de fraqueza dos músculos gastrocnêmio e sóleo.^{15,16} Estudos anteriores já comprovaram a importância dessas musculaturas na manutenção do equilíbrio.^{17,18} Dessa forma, uma alteração de força desses músculos poderia levar à diminuição do equilíbrio e ao aumento da propensão a quedas.

O Grupo Idosas C. apresentou menor tempo de apoio do membro inferior comparado ao Grupo Idosas NC. Em contrapartida, a velocidade média da passada não foi diferente entre os dois grupos de idosas. Uma possibilidade para explicar esse dado é que as idosas caidoras ficam, durante a passada, mais tempo na fase de balanço, o que poderia aumentar a instabilidade durante a marcha.

O presente estudo apresenta limitações que precisam ser levantadas. Primeiramente, embora

a maior ocorrência de quedas seja identificada na população feminina, este trabalho não incluiu homens, o que limita a extrapolação dos dados para essa população. Em segundo, o baixo “n” amostral pode ter influenciado ou tendenciado os resultados do presente estudo. Por último, a cinemática de membros inferiores não foi avaliada aqui, sendo que a mesma traria informações relevantes sobre a mecânica dos membros inferiores. Dessa forma, sugere-se a realização de estudos futuros que utilizem sistemas de cinemática 3D para a avaliação da marcha de idosos em geral.

CONCLUSÃO

A velocidade média da passada e a força de reação do solo no sentido anterior e posterior foram maiores para as mulheres jovens que para as idosas caídas e não caídas. Por outro lado, o tempo

de apoio foi menor para as mulheres jovens em comparação aos demais grupos. Já o número de Froude se mostrou semelhante para os três grupos. A partir destes achados é possível concluir que, apesar das diferenças biomecânicas entre jovens e idosas, os três grupos desempenharam a tarefa da forma mais eficiente para as suas características fisiológicas.

Em relação à comparação entre idosas caídas e não caídas, valores semelhantes de velocidade de média da passada, força de reação do solo anterior e posterior e número de Froude foram encontrados. Apenas o tempo de apoio se mostrou menor nas idosas caídas que nas não caídas. Portanto, considerando tais resultados, idosas caídas permanecem maior tempo na fase de balanço, fato este que aumenta a instabilidade durante a marcha e as torna mais propensas a novas quedas.

REFERÊNCIAS

1. Albino ILR, Freitas CDLR, Teixeira AR, Gonçalves AK, Santos AMPV Dos, Bós AJG. Influência do treinamento de força muscular e de flexibilidade articular sobre o equilíbrio corporal em idosas. *Rev Bras Geriatr Gerontol* 2012;15(1):17-25.
2. Batista FS, Gomes GAO, Neri AL, Guariento ME, Cintra FA, De Sousa MLR, et al. Relationship between lower-limb muscle strength and frailty among elderly people. *São Paulo Med J* 2012;130(2):102-8.
3. Siqueira FV, Silva D, Piccini RX, Tomasi E, Thumé E. Prevalence of falls in elderly in Brazil: a countrywide analysis. *Cad saúde pública* 2011;27(9):1819-26.
4. Brach JS, Perera S, Van Swearingen JM, Hile ES, Wert DM, Studenski S A. Challenging gait conditions predict 1-year decline in gait speed in older adults with apparently normal gait. *Phys Ther* 2011;91(12):1857-64.
5. Wihlborg A, Englund M, Åkesson K, Gerdhem P. Fracture predictive ability of physical performance tests and history of falls in elderly women: a 10-year prospective study. *Osteoporosis Int* 2015;26(8):2101-9.
6. Williams N, Hardy BM, Tarrant S, et al. Changes in hip fracture incidence, mortality and length of stay over the last decade in an Australian major trauma center. *Arch Osteoporos* 2013;8:1-2.
7. Whitney JC, Lord SR, Close JCT. Streamlining assessment and intervention in a falls clinic using the Timed Up and Go Test and Physiological Profile Assessments. *Age Ageing* 2005;34(6):567-71.
8. De Oliveira SD, Briani RV, Pazzinatto MF, Ferrari D, Aragão FA, De Albuquerque CE, et al. Reliability and differentiation capability of dynamic and static kinematic measurements of rearfoot eversion in patellofemoral pain. *Clin Biomech* 2015;30(2):144-8.
9. Moretto P, Bisiaux M, Lafortune MA. Froude number fractions to increase walking pattern dynamic similarities: application to plantar pressure study in healthy subjects. *Gait Posture* 2007;25(1):40-8.
10. Leurs F, Ivanenko YP, Bengoetxea A, Cebolla AM, Dan B, Lacquaniti F, et al. Optimal walking speed following changes in limb geometry. *J Exp Bio* 2011;214(Pt 13):2276-82.
11. Mann L, Francisco J, Teixeira CS, Mota CB. A marcha humana: investigação com diferentes faixas etárias e patologias. *Motriz* 2008;14(3):346-53.
12. Saibene F, Minetti AE. Biomechanical and physiological aspects of legged locomotion in humans. *Eur J Appl Physiol* 2003;88(4-5):297-316.
13. Baird JL, Van Emmerik REA. Young and older adults use different strategies to perform a standing turning task. *Clin Biomech* 2009;24(10):826-32.

14. Kirkwood RN, Araújo PA, Dias CS. Biomecânica da marcha em idosos caídores e não caídores: uma revisão da literatura. *Rev Bras Ciênc Mov* 2006;14(4):103-10.
15. Antero-jacquemin JS, Santos P, Garcia PA, Dias RC, Marcos J, Dias D. Comparação da função muscular isocinética dos membros inferiores entre idosos caídores e não caídores. *Fisioter Pesqui* 2012;19(1):39-44.
16. Leite LEA, Resende TL, Nogueira GM, Cruz IBM, Schneider RH, Gottlieb MG. Envelhecimento, estresse oxidativo e sarcopenia: uma abordagem sistêmica. *Rev Bras Geriatr Gerontol* 2012;15(2):365-80.
17. Tokuno CD, Carpenter MG, Thorstensson A, Garland SJ, Cresswell AG. Control of the triceps surae during the postural sway of quiet standing. *Acta Physiol* 2007;191(3):229-36.
18. Tokuno CD, Garland SJ, Carpenter MG, Thorstensson A, Cresswell AG. Sway-dependent modulation of the triceps surae H-reflex during standing Corresponding author: *J Appl Physiol* 2008;104(5):1359-65.

Recebido: 10/8/2014

Revisado: 21/4/2015

Aprovado: 23/6/2015