

ANÁLISE DA FORÇA DE REAÇÃO DO SOLO DA MARCHA DE IDOSOS SOBRE A INFLUÊNCIA DA SIMULAÇÃO DE SOBREPESO EM DIFERENTES VELOCIDADES: ESTUDO PILOTO.

Susana Otlía Vilas Bôas Favaro; Ana Carolina Passos de Oliveira; Jerusa Petrovna Resende Lara André Luiz Felix Rodacki
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ, UFPR, e-mail: susanavb.favaro@gmail.com.

Resumo

Sabe-se que durante o processo do envelhecimento os indivíduos sofrem alterações nos parâmetros da marcha, aumentando a predisposição as quedas. Diversos fatores influenciam o padrão de marcha ao passar dos anos como o sobrepeso e a velocidade da marcha. Desta forma o presente estudo tem como objetivo, analisar a força de reação do solo vertical (FRSv) da marcha sobre a influência da simulação do sobrepeso e velocidade na população jovem e idosa. Para tanto, foram convidados 2 indivíduos eutróficos (1 jovem e 1 idoso), residentes de Curitiba, PR. Os sujeitos realizam caminhadas em velocidades habitual e rápida, com e sem a indução do sobrepeso. Os dados cinéticos foram captados através de uma plataforma de força (AMTI, Advanced Mechanical Technology, Newton e normalizados pelo peso (N/Kg). Para análise estatística foi utilizado o teste ANOVA *tree-way* com nível de significância de $p \leq 0,05$. Foram encontradas diferenças significativas entre o fator população e indução de sobrepeso ($p=0,047$) e entre a interação dos fatores de velocidade e população) no primeiro pico da FRSv ($p=0,0042$). Para o segundo pico de FRSv houve diferença significativa na interação entre os fatores população e indução de sobrepeso ($p=0,025$). Os resultados confirmam a hipótese de que, a simulação do sobrepeso demonstrou equivalência ao sobrepeso real e que ao associar a velocidade, podem influenciar a FRSv da marcha em jovens e idosos
Palavras chave: simulação de sobrepeso, idosos, força de reação do solo.

Introdução

O aumento do envelhecimento populacional tem sido objeto de estudo em todo o mundo. A Organização das Nações Unidas (ONU), através do seu fundo de Populações, estima que até 2050, pela primeira vez, haverá um maior número de idosos em relação à crianças menores de 15 anos, totalizando 22% da população global.

Especificamente no Brasil, segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) o crescimento populacional em número de idosos foi de 9,8%, em 2005, para 14,3%, em 2015. Acredita-se que até 2070 a proporção da população idosa brasileira será acima de 35% da população total, inclusive, superior ao indicador para o conjunto dos países desenvolvidos. (1)

Com o aumento da expectativa de vida, cresce também as preocupações com a saúde e qualidade de vida dos idosos. Uma das grandes preocupações que pode representar a condição física desta população é a marcha desse idoso.

A marcha é definida como um conjunto de movimentos cíclicos dos membros através de interações dinâmicas de forças internas e externas. Estes movimentos ocorrem de modo em que há uma translação do corpo permitido pela repetição de movimentos dos segmentos, mantendo o equilíbrio (2). Esta repetição de movimentos se dá o nome de ciclo. (3,4)

Um ciclo da marcha consiste na sequência de eventos entre o primeiro contato de um pé com o solo e o primeiro contato do pé contralateral com o solo. Dividido em fases de apoio duplo, apoio simples (também chamado de balanço) e apoio duplo. “O primeiro apoio duplo, tem início com o primeiro contato do pé com o solo e termina com o início do apoio simples, que ocorre com a retirada do pé contralateral do solo (balanço), o término do apoio simples se dá no início do segundo apoio duplo, ou seja, com o primeiro contato do pé contralateral com o solo, como pode ser visto na figura 1 (3).

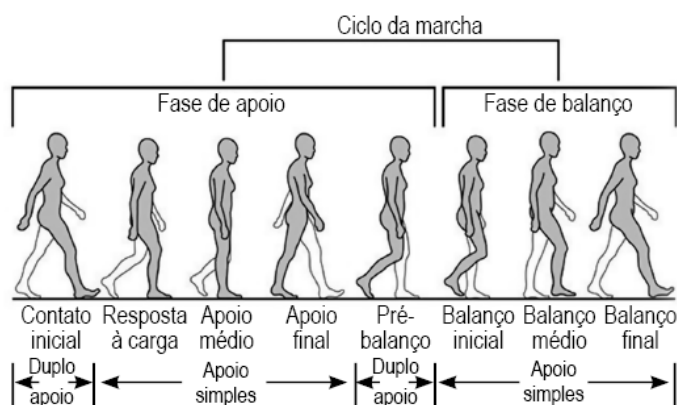


Figura 1: Ciclo da marcha, proposto por (3,5,6)

Sabe-se que a estabilidade da marcha é a capacidade de manter a locomoção funcional apesar das perturbações (7) e qualquer alteração neste controle pode resultar em problemas de reequilíbrio podendo levar o indivíduo a quedas .

Um dos fatores que aumentam a instabilidade da marcha é o sobrepeso e a obesidade. A classificação do indivíduo com sobrepeso e obesidade são dadas pelo índice de massa corporal (IMC). O cálculo deste índice é obtido por um nomograma onde, a massa corporal (kg) é dividida pela estatura (m²). Os valores assumidos para adultos seguem a classificação da World Health Organization (WHO) descrita por (8). Baixo do peso (IMC <18kg/m²), normal ou eutrófico (IMC ≥18.5 a 25kg/m²),

sobrepeso ($IMC \geq 25$ a $29,99 \text{ kg/m}^2$) e obesidade ($IMC \geq 30 \text{ kg/m}^2$). Para os idosos a tabela de classificação do IMC segue as recomendações da Nutrition Screening Initiative (NSI) que considera baixo peso como $IMC < 18,5 \text{ kg/m}^2$, peso normal ou eutrófico entre $18,5-24,9 \text{ kg/m}^2$ e sobrepeso $> 25 \text{ kg/m}^2$ (9,10).

Estudos apontam que, a obesidade é frequentemente associada a limitações estruturais e funcionais que podem restringir o controle de movimentos (11), modificando significativamente o padrão de marcha em adultos, ou seja, diminuindo a velocidade da caminhada, aumentando o tempo na fase de duplo apoio e aumento da largura do passo (10,12)

Dentre os aspectos cinemáticos, especificamente em relação aos ângulos articulares, autores encontraram diferenças quando comparados os grupos de obesos aos não obesos, onde a obesidade refletiu em um aumento da flexão do joelho durante a fase de balanço e o aumento da flexão do quadril no contato inicial do pé no solo (9,10). Em aspectos cinéticos da marcha (13) o indivíduo obeso produz maior força de reação do solo (FRS) em relação aos não obesos. Deste modo pode-se notar que, a obesidade e o sobrepeso levam, além da redução na velocidade, mudanças significativas nos parâmetros cinéticos e cinemáticos da marcha.

As alterações nos padrões da marcha fazem com que o indivíduo se torne cada vez mais suscetível a sofrer quedas, e as quedas são responsáveis por 36% de lesões em obesos (14). Estudos mostram que os obesos caíram quase o dobro de vezes (27%) em relação a indivíduos magros (15%) ao ano e o principal fator para quedas nesta população é a marcha (15).

De acordo com Fjeldstad, et al. (16), os indivíduos obesos experimentam maiores taxas de carga devido a uma incapacidade de atenuar adequadamente a FRS vertical, correndo um maior risco de alterações na mecânica da marcha.

É possível dizer que, em aspectos biomecânicos da marcha, o aumento da massa corporal do indivíduo com sobrepeso e/ou obesidade interagem com a velocidade do balanço, aumenta o momento de inércia e diminuiu a resposta a forças aplicadas externamente. Este processo faz com que um indivíduo se torne dinamicamente instável, reduzindo a capacidade de realizar uma resposta compensatória bem-sucedida e por fim evitar a queda. (17).

Neste aspecto, tendo como base estudos anteriores de análise da marcha em indivíduos com sobrepeso e obesidade real e percebendo a necessidade de buscar novas alternativas para o estudo da marcha na população idosa, este estudo tem como

objetivo, analisar as variáveis cinéticas de FRS vertical da marcha em indivíduo jovem e idoso a partir da simulação do sobrepeso em laboratório.

Busca-se também, a partir deste estudo verificar se os resultados cinéticos desta pesquisa com a simulação de sobrepeso equiparam com dados encontrados na literatura de sujeitos com sobrepeso real

Metodologia

Amostra

Para o presente estudo, foram recrutados dois indivíduos (um jovem de idade 22 anos e um idoso de 73 anos). Ambos foram submetidos a avaliações antropométricas das articulações e segmentos corporais, peso e estatura para a caracterização da amostra (1,73m e 58kg para o sujeito adulto e 1,65m e 55kg para o idoso). Para o critério de inclusão os sujeitos não poderiam ter patologias osteoarticulares e cardiorrespiratória e estar dentro do nível de estado nutricional eutrófico para adultos ($IMC \geq 18.5$ a 25kg/m^2)(18)(19) e para idosos ($22-27\text{kg/m}^2$).

A avaliação dos sujeitos foi realizada em duas etapas no laboratório de biomecânica da Universidade anexo ao Centro de Estudos do Comportamento Motor (CECOM) da Universidade Federal do Paraná (UFPR). A primeira etapa constituiu na análise de marcha sem sobrepeso, em velocidades habitual e maior que habitual (a partir de 20% maior que habitual). A Segunda análise foi realizada com a simulação do sobrepeso a partir de um colete de indução de sobrecarga, também para as duas velocidades mencionadas.

A simulação de sobrepeso é feita adicionando carga a um colete (Figura 2) que contém diversas cargas avulsas das quais podem ser distribuídas equilibradamente na parte frontal e posterior do colete, de acordo com a necessidade do indivíduo a ser avaliado, alcançando assim a carga necessária para indução do sobrepeso.



Figura 2 – Colete de indução de sobrepeso *Actual Sports*.

Coleta de dados

Os dados cinéticos foram coletados através de uma plataforma de força (AMTI, Advanced Mechanical Technology®, Newton, MA, USA) com frequência de aquisição de 1000 Hz e com dimensões 46,4cm x 50,8cm, fixada ao solo no centro de uma passarela de madeira com cerca de 9m de comprimento, 1,5m de largura e 10cm de altura em relação ao solo. Os sistemas de análise dos dados são sincronizados e operado através do software Nexus2.5®, exportados para software MatLab® (The Mathworks, Natick, Massachusetts, USA).

Força de Reação do Solo Vertical

Foram extraídos, das curvas de força FRS em função do tempo, os valores discretos do primeiro pico, observado durante a primeira metade do período de apoio e que caracteriza parte do apoio quando a perna está recebendo o peso corporal, logo após o contato do pé com o solo. O segundo pico observado no final do período de apoio e que representa a propulsão do ante pé à frente, para iniciar o próximo passo. Esse pico é ativo, envolvendo a participação de ações voluntárias. O vale entre os dois picos corresponde à etapa de balanço do pé contralateral, sendo que o valor mínimo ocorre quando o pé se encontra na posição plana em relação ao solo (19) como pode ser observado na figura 3.

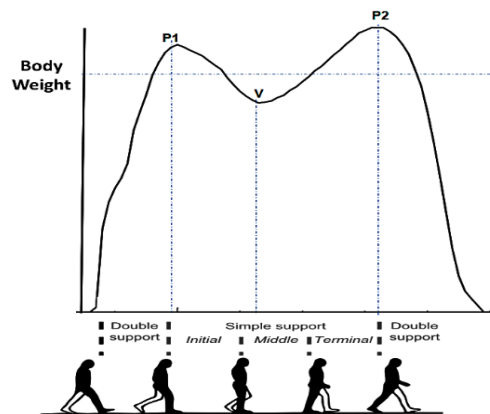


Figura 3: Exemplo de FRS durante a marcha humana e picos de força baseado em proposta de (20,21)

Estatística

O tratamento dos dados e estatística foi realizado no software MatLab® (The Mathworks, Natick, Massachusetts, USA) versão 2016. A estatística realizada para esta pesquisa foi o teste de análise de variância de ANOVA (*tree-way*), onde os fatores foram: população (jovem e idoso), velocidade (habitual e maior que habitual) e indução de sobrepeso (com carga e sem carga). O teste poshoc utilizado foi através o teste *multcompare*. Em todas as análises o nível de significância adotado foi de $p \leq 0.05$.

Resultados

A Figura 4 representa um exemplo de força de reação do solo (FRS) vertical em um ciclo de marcha da população jovem e idosa, nas duas velocidades testadas e a indução do sobrepeso.

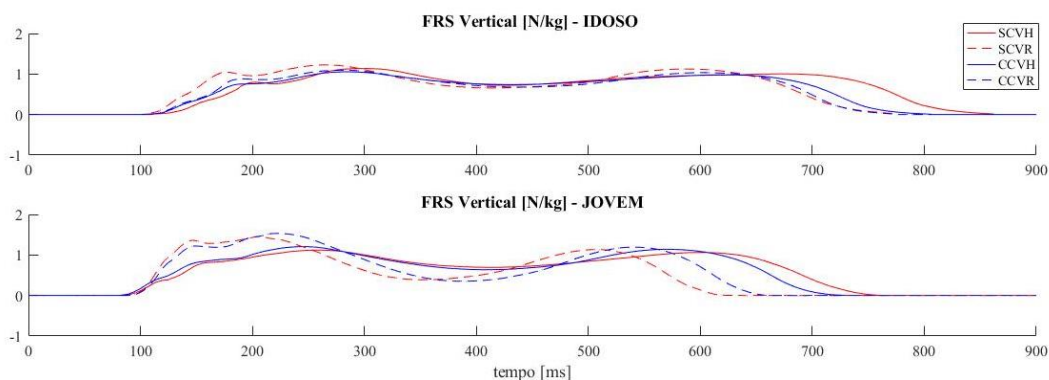


Figura 04 – Força de Reação do solo. SCVN Sujeito sem carga velocidade habitual – SCCR Sujeito sem carga velocidade rápida – SCCVH Sujeito com carga velocidade habitual – SCCVR Sujeito com carga velocidade rápida.

Os Valores de média e desvio padrão da FRS vertical nos instantes que ocorrem o Pico Passivo (P1), Pico ativo (P2) e balanço (Vale) estão descritos na Tabela 1.

Indução de Sobrepeso	Velocidade	Jovem			Idoso		
		P1	Vale	P2	P1	Vale	P2
Sem Carga	Habitual	1,18 ± 0,05	0,72 ± 0,02	1,04 ± 0,01	1,12 ± 0,00	0,69 ± 0,06	0,98 ± 0,07
	Rápida	1,42 ± 0,03	0,41 ± 0,02	1,10 ± 0,03	1,18 ± 0,05	0,62 ± 0,03	1,10 ± 0,01
Com Carga	Habitual	1,13 ± 0,07	0,70 ± 0,07	1,11 ± 0,02	1,11 ± 0,05	0,71 ± 0,03	1 ± 0,02
	Rápida	1,50 ± 0,04	0,36 ± 0,01	1,19 ± 0,02	1,23 ± 0,18	0,67 ± 0,00	1,03 ± 0,00

Tabela 1 - Média e desvio padrão da força de reação do solo vertical de jovem e idoso com e sem indução de sobrepeso em duas velocidades de marcha (habitual e rápida).

A estatística não apontou diferença significativa entre as interações de todos os fatores, porém quando analisados pares de fatores, no instante do vale, a interação entre o fator população e indução de sobrepeso apresentou diferença significativa de $p=0,047$ ($F=4,63$) indicando, através do teste *posthoc*, que a força de reação do solo do idoso com carga é maior que o idoso sem carga e que o idoso sem carga é maior que o jovem com e sem carga.

Para o primeiro pico de FRS, a interação dos fatores de velocidade e população com a diferença significativa de $p=0,0042$ ($F=11,13$), apontou que a FRS vertical de jovem em velocidades rápidas é maior que jovem em velocidade habitual e idoso em velocidades habitual e rápida.

Para o segundo pico de FRS a diferença significativa também apareceu na interação entre os fatores população e indução de sobrepeso com diferença significativa com $p=0,025$ ($F=12,38$) apontando que a FRS para jovens com carga é maior do que jovens sem carga e idoso com e sem carga.

Discussão

O sobrepeso e a obesidade são fatores importante relacionados a quedas em idosos. Os dados encontrados neste estudo corroboram com os estudos de Winiarski e Rutkowska (22) onde, encontraram diferenças estatisticamente significativas na marcha do sujeito idoso com sobrepeso, obtendo essas, valores 11% menores quando comparado a marcha ao indivíduo idoso sem sobrepeso.

Acredita-se que, a obesidade aumenta consideravelmente as cargas biomecânicas envolvidas na caminhada e que essas cargas aumentam com a velocidade de caminhada, mas, em relação aos picos de força e a velocidade da marcha. Os resultados desta pesquisa vão ao encontro dos achados de LaRoche *et al* (23), onde os indivíduos jovens e obesos, quando em velocidade de marcha lenta e/ou habitual, possuem o primeiro e o segundo picos da FRS vertical 15 e 6% menores em relação a marcha em velocidade rápida.

Com base nestes resultados, acredita-se que os parâmetros alterados da FRS, na componente vertical, podem ser vistos como um esforço para melhorar a estabilidade dinâmica, redistribuir o aumento da carga nas articulações e assim compensar a redução da força, afim de minimizar o custo de energia da caminhada naqueles com excesso de peso. Demonstrando que, o excesso de massa gorda (sobrepeso) atenua a capacidade de suportar o corpo em oposição à gravidade (22).

Esses achados levam a crer que, o sobrepeso e a obesidade podem afetar negativamente a mobilidade do sujeito idoso, Com base nos estudos de Browning e Kram (24) os modelos de massa e distribuição de força durante a marcha do corpo humano indiquem que, as forças de impacto aumentam com a adição de massa e a oscilação do membro inferior, o sobrepeso e a obesidade podem atenuar os picos de força das articulações.

Liu e Nigg (25) encontraram que, os indivíduos obesos que optam por uma velocidade de caminhada preferencial mais lenta, podem estar fazendo uma adaptação para manter uma magnitude da carga normalizada nas articulações comparável aos sujeitos com peso saudável.

Os fatores associados a queda em idosos saudáveis e o aumento da massa corporal pode se correlacionar positivamente com o comprometimento e alterações nos padrões da marcha, mesmo em indivíduo jovem (15)

Conclusão

Deste modo, uma vez que os resultados desta pesquisa apontaram diferenças entre o sobrepeso simulado, população e as velocidades da marcha e que, a detecção precoce de tais deficiências nos padrões de marcha de indivíduos idosos podem ajudar a identificar possíveis situações de queda ou outros riscos relacionados (26),

Esta pesquisa reforça os achados da literatura em que, a velocidade e o sobrepeso influenciam nos aspectos de força de reação do solo e conseqüentemente na

biomecânica da marcha em indivíduos idosos e jovens. Estas alterações nos parâmetros da marcha podem elevar o risco de quedas na população idosa.

Referências

1. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. De Geografia E Estatística - Ibge [Internet]. Vol. 39, Produção da Pecuária Munic. 2011. 1-63 p. Available at: <http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv81830.pdf>
2. Lord SR, Tiedemann A, Chapman K, Munro B, Murray SM, Sherrington C. The effect of an individualized fall prevention program on fall risk and falls in older people: A randomized, controlled trial. *J Am Geriatr Soc.* 2005;53(8):1296–304.
3. Perry J. Gait Analysis: Normal and Pathological Function. *J Sports Sci Med* [Internet]. 1992;9(2):566. Available at: <https://books.google.com.hk/books?id=1Ogg1hOKMcC%5Cnhttp://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3761742/%5Cnhttp://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3761742/pdf/jssm-09-353.pdf>
4. DeLisa JA, Gans BM. *Physical medicine and rehabilitation : principles and practice.* 2005. p. 48.
5. Monteiro EP, Wild LB, Martinez FG, Pagnussat A de S, Peyré-Tartaruga LA. Aspectos biomecânicos da locomoção de pessoas com doença de Parkinson: revisão narrativa. *Rev Bras Ciências do Esporte* [Internet]. 2016;(xx). Available at: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0101328915301190>
6. Muniz AMS, Nadal J. Application of principal component analysis in vertical ground reaction force to discriminate normal and abnormal gait. *Gait Posture.* 2009;29(1):31–5.
7. England SA, Granata KP. The influence of gait speed on local dynamic stability of walking. *Gait Posture.* 2007;25(2):172–8.
8. National Institutes of Health. *Weight Management Techniques. Pract Guid Identification, Eval Treat Overweight Obes Adults* [Internet]. 2000;26–7. Available at: http://www.who.int/nutrition/topics/FFA_summary_rec_conclusion.pdf
9. Lai PPK, Leung AKL, Li ANM, Zhang M. Three-dimensional gait analysis of obese adults. *Clin Biomech.* 2008;23(SUPL.1):2–6.
10. Sheehan KJ, Gormley J. The influence of excess body mass on adult gait. *Clin Biomech* [Internet]. 2013;28(3):337–43. Available at: <http://dx.doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2013.01.007>
11. Hills AP, Hennig EM, Byrne NM, Steele JR. The biomechanics of adiposity -

- Structural and functional limitations of obesity and implications for movement. *Obes Rev.* 2002;3(1):35–43.
12. Lai DTH, Begg RK, Taylor S, Palaniswami M. Detection of tripping gait patterns in the elderly using autoregressive features and support vector machines. *J Biomech.* 2008;41(8):1762–72.
 13. Whittle MW. Clinical gait analysis: A review. *Hum Mov Sci.* 1996;15(3):369–87.
 14. Fjeldstad C, Fjeldstad AS, Acree LS, Nickel KJ, Gardner AW. The influence of obesity on falls and quality of life. *Dyn Med [Internet].* 2008;7(1):4. Available at: <http://dynamic-med.biomedcentral.com/articles/10.1186/1476-5918-7-4>
 15. Mitsuoka K, Akiyama Y, Yamada Y, Okamoto S, Subjects A. Analysis of Skip Motion as a Recovery Strategy after an Induced Trip. 2015;911–6.
 16. Pamukoff DN, Lewek MD, Blackburn JT. Greater vertical loading rate in obese compared to normal weight young adults. *Clin Biomech [Internet].* 2016;33:61–5. Available at: <http://dx.doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2016.02.007>
 17. Madigan M, Rosenblatt NJ, Grabiner MD. Obesity as a Factor Contributing to Falls by Older Adults. *Curr Obes Rep [Internet].* 2014;3(3):348–54. Available at: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26626766>
 18. Da Cruz IBM, Almeida MSC, Schwanke CHA, Moriguchi EH. Prevalência De Obesidade Em Idosos Longevos E Sua Associação Com Fatores De Risco E Morbidades Cardiovasculares. *Rev Assoc Med Bras [Internet].* 2004;50(2):172–7. Available at: <http://www.scielo.br/pdf/ramb/v50n2/20779.pdf>
 19. ORTIZ CAL. Classificação da força de reação do solo durante a marcha de sujeitos com fratura de membro inferior. 2010;78.
 20. Winter DA. *The biomechanics and motor control of human gait.* 1987.
 21. Winiarski S, Rutkowska-Kucharska A. Estimated ground reaction force in normal and pathological gait Estimated ground reaction force in normal and pathological gait. *Acta Bioeng Biomech.* 2009;11(January 2009):53–60.
 22. LaRoche DP, Kralian RJ, Millett ED. Fat mass limits lower-extremity relative strength and maximal walking performance in older women. *J Electromyogr Kinesiol [Internet].* 2011;21(5):754–61. Available at: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jelekin.2011.07.006>
 23. Browning RC, Kram R. Effects of obesity on the biomechanics of walking at different speeds. *Med Sci Sports Exerc.* 2007;39(9):1632–41.
 24. Wearing SC, Hennig EM, Byrne NM, Steele JR, Hills AP. The biomechanics of restricted movement in adult obesity. *Obes Rev.* 2006;7(1):13–24.

25. Liu W, Nigg BM. A mechanical model to determine the influence of masses and mass distribution on the impact force during running. *J Biomech.* 2000;33(2):219–24.
26. Kerrigan DC, Todd MK, Della Croce U, Lipsitz LA, Collins JJ. Biomechanical gait alterations independent of speed in the healthy elderly: Evidence for specific limiting impairments. *Arch Phys Med Rehabil.* 1998;79(3):317–22.