

# Alterações nos parâmetros cinéticos e cinemáticos da marcha decorrentes do envelhecimento

Joaneta Aparecida Pegoraro Sotoriva\* - Rubiana Madruga Sganzerla\*  
Monica de Oliveira Melo\*\*

**Resumo:** A marcha é entendida como uma sequência repetitiva de movimentos dos membros inferiores que move o corpo para frente enquanto, simultaneamente, mantém a estabilidade do corpo. **Objetivo:** O objetivo do estudo foi comparar as alterações nos parâmetros cinéticos e cinemáticos da marcha com o envelhecimento, nos planos sagital e frontal, comparando as alterações no padrão da marcha em idosos e adultos jovens. **Metodologia:** Foi analisada a marcha de sete idosas com idade média de 63 a 67 anos. Os resultados das variáveis coletadas foram submetidos a uma estatística descritiva, com cálculos de média e desvio padrão. Os dados antropométricos da amostra também foram submetidos a estatísticas descritivas para caracterização da amostra. **Resultados:** Para o plano frontal o único leve desvio encontrado foi no joelho varo, com uma pré-disposição para doenças crônico-degenerativas. No plano sagital, uma leve flexão de quadril que é coerente com o processo de envelhecimento. **Conclusões:** A amostra apresenta parâmetros cinéticos e cinemáticos semelhantes em adultos jovens, porém chama a atenção para os leves desvios ocorridos nos planos sagital e frontal.

**Palavras-chave:** Parâmetros cinemáticos. Parâmetros cinéticos. Marcha. Envelhecimento.

## *Kinetic and kinematic changing of march resulting from aging*

**Abstract:** The march is understood as a repetitive sequence of movements of the lower limbs that moves the body forward while simultaneously maintains the body stability. **Objective:** The aim of this study was to compare changes in kinetic and kinematic parameters of march with aging in frontal and sagittal plane, comparing the changes in march patterns in the elderly and young adults. **Methods:** We analyzed the march of seven elderly women, age between 63.67 years old. **The results:** of the variables collected were subjected to descriptive statistical calculations of average and standard deviation. The anthropometrical datas of the sample were also subjected to descriptive statistics to characterize the sample. Results: For the frontal plane the only slight deviation was found in the knee varus, with a predisposition to chronic degenerative diseases. In the sagittal plane a slight hip flexion, that is consistent with the aging process. **Conclusions:** The sample presents kinematic and kinetic parameters similar to young adults, but called attention to the slight deviations occurring in the sagittal and frontal planes.

**Keywords:** Kinematic parameters. Kinetic parameters. March. Aging.

## *Alteraciones en los parámetros cinéticos y cinemáticos de la marcha derivados del envejecimiento*

**Resumen:** La marcha es entendida como una secuencia repetitiva de movimientos de los miembros inferiores que mueven el cuerpo para adelante mientras simultáneamente mantiene la estabilidad en el cuerpo. **Objetivo:** El objetivo del estudio fue comparar las alteraciones en los parámetros cinéticos y cinemáticos de la marcha con el envejecimiento, en el plan sagital y frontal, comparando las alternaciones en el patrón de la marcha en mayores y adultos jóvenes. **Metodología:** Fue analizada la marcha de siete mayores, con edad media de 63 a 67 años, del sexo femenino. Los resultados de las variables colectadas fueron sometidos a una estadística descriptiva, con cálculos de media y desvío patrón. Los datos antropométricos de la amuestra fueron también sometidos a estadísticas descriptivas para caracterización de la amuestra. **Resultados:** Para el plan frontal, el único desvío liviano encontrado fue en la rodilla en varo, con una predisposición para enfermedades crónicas degenerativas. En el plan sagital una liviana flexión de cuadril que es coherente al proceso de envejecimiento. **Conclusiones:** La amuestra presenta parámetros cinéticos y cinemáticos semejantes en adultos jóvenes, pero llamase la atención para los livianos desvíos ocurridos en los planes sagital y frontal.

**Palabras clave:** Parámetros cinemáticos. Parámetros cinéticos. Marcha. Envejecimiento.

---

\* Aluna no curso de Bacharelado em Educação Física da Universidade de Caxias do Sul (UCS). *E-mail:* japsotoriva@hotmail.com.br

\*\* Mestre em Ciências do Movimento Humano. Integra o Grupo de Pesquisa Ciências e Artes do Movimento Humano da UCS. *E-mail:* rubiana\_sganzerla@hotmail.com

## Introdução

A marcha é uma sequência repetitiva de movimento dos membros inferiores, a qual move o corpo para frente enquanto, simultaneamente, mantém a estabilidade no apoio. (GAMBLE, 1998). Para Perry (2005), conforme o corpo move-se para a frente, um membro serve como fonte móvel de apoio, enquanto o outro avança para a nova posição; em seguida, os membros invertem seus papéis. Essa sequência simples de apoio e avanço de um único membro é denominada ciclo da marcha, que pode ser dividido em duas fases principais: estação e oscilação. (NEUMANN, 2006).

A descrição detalhada do ciclo da marcha pode ser encontrada amplamente na literatura devido à utilização de vários métodos laboratoriais, incluindo as análises espaçotemporais, análise da cinemática angular e análise de variáveis cinéticas. (NORDIN; FRANKEL, 2003). A cinética constitui o estudo das forças que influenciam num movimento, as quais possuem relação com as tensões mecânicas, internas e externas. (NORKIN, 1992; KONIN, 2006). A cinemática pode ser descrita como o estudo da estrutura harmônica do padrão de movimento, no qual importa obter informações de tempo, espaço, velocidade e aceleração. (KONIN, 2006). Conforme David (2000), mesmo a marcha sendo o movimento do corpo humano mais descrito e analisado, é necessário que se entenda como esse movimento ocorre sob o ponto de vista biomecânico em diferentes populações e situações.

Com o envelhecimento, as pessoas idosas passam a enfrentar dificuldades de realizar atividades que requerem mobilidade. Tem sido documentado que, na terceira idade, uma das maiores limitações funcionais é a queda, ou o medo dela, que implica níveis diminuídos de atividades da vida diária com a subsequente perda da função muscular, tecido articular e processamento de informação, podendo, assim, acontecer alterações no padrão da marcha. (ESTRÁZULAS et al., 2005). Para continuar realizando tais tarefas, o idoso utiliza estratégias comportamentais, alterando o padrão de movimento normalmente realizado pelos adultos jovens.

Além das alterações naturais na marcha que acompanham o envelhecimento, como desequilíbrio, diminuição da largura do passo e da passada, diminuição da velocidade de movimento, aumento do ângulo de flexão do joelho e do quadril, maior tempo de contato do pé com o solo; outros fatores podem estar relacionados com alterações na marcha presentes no idoso, como, por exemplo, a presença de dor articular ou fraqueza demasiada na musculatura anterior da coxa, (MALY et al., 2008). Esses fatores geralmente acompanham o surgimento e a progressão de doenças crônico-degenerativas.

Apesar de os estudos em geral apresentarem algumas características da marcha na população de idosos, incluindo a aparente relação entre alterações na marcha e o surgimento de doenças crônico-degenerativas, sobretudo no gênero feminino, Kerrigan (1998) aponta que as mulheres apresentam uma quantidade de passos mais elevada que os homens e avanços mais curtos, segundo seu estudo que comparou homens e mulheres de idades similares. Relatou estatisticamente diferenças cinemáticas articulares de apenas 2 e 4 graus, o que, clinicamente, essa diferença é insignificante. Porém tais medidas

cinemáticas podem ajudar a explicar a maior incidência de osteoartrite do joelho em mulheres.

Existe ainda uma lacuna na literatura sobre quais alterações no plano sagital e frontal ocorrem nos parâmetros cinemáticos e cinéticos da marcha devido, exclusivamente, ao avanço natural da idade. Nesse contexto, as alterações mais visíveis e padronizadas relacionadas à marcha de idosos e apresentadas pela literatura referem-se aos movimentos típicos do plano sagital, o que deixa uma lacuna quanto às alterações cinemáticas nos demais planos de movimento. Considerando que a literatura básica tem sinalizado uma relação entre joelho em valgo excessivo, ou varo, e a presença ou agravamento da osteoartrite (NEUMANN et al., 2010), acredita-se que investigações acerca das mudanças angulares no plano frontal, bem como forças relacionadas, podem contribuir de modo importante para a diferenciação entre o padrão fisiológico esperado no processo de envelhecimento e a presença de patologias crônico-degenerativas.

Considerando que essas informações podem ser úteis na prevenção e na prescrição de atividades físicas voltadas à prevenção e ao manejo do avanço de doenças degenerativas associadas a possíveis alterações nos padrões de marcha, o objetivo principal deste estudo é descrever os parâmetros cinemáticos e cinéticos da marcha nos planos sagital e frontal de movimento de idosos.

### **Materiais e métodos – *design* do estudo**

A coleta de dados foi realizada no Instituto de Medicina do Esporte (IME), no Centro de Ciências da Saúde da Universidade de Caxias do Sul (UCS). Trata-se de um estudo observacional-descritivo. As variáveis dependentes foram definidas como parâmetros cinéticos (força de reação ao solo) e parâmetros cinemáticos (ângulos articulares do tornozelo, joelho, quadril nos planos sagital e frontal de movimento). Todas as variáveis foram registradas no momento do contato inicial do pé com o solo.

### **População e amostra**

A população deste estudo foi formada de idosos aparentemente saudáveis e ativos fisicamente sem histórico de doenças crônico-degenerativas nas articulações dos membros inferiores.

A amostra foi do tipo intencional e por conveniência, formada por sete voluntários do gênero feminino, com idade média de 63 a 67 anos, altura média de 1,60m e peso médio de 74 kg. Foram considerados critérios de inclusão: ausência de doenças crônico-degenerativas conhecidas no joelho, no quadril e no tornozelo, ausência de histórico de dor e rigidez e limitação perceptível na amplitude de movimento do joelho. Foram considerados critérios de exclusão: presença de doenças metabólicas ou cardiorrespiratórias que pudessem impedir os participantes de completar o protocolo de avaliação. O presente projeto foi cadastrado na Plataforma Brasil para aprovação em

comitê de ética em pesquisa local e aguarda o devido resultado para encaminhamento à publicação em periódico internacional. Todos os voluntários assinaram um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

### **Protocolo de avaliação de marcha**

Todos os sujeitos foram submetidos inicialmente a uma familiarização com o protocolo de avaliação de marcha no laboratório. Para isso, foi solicitado aos sujeitos que caminhassem 8 metros em linha reta, na velocidade autosselecionada no local destinado à coleta de dados da marcha no laboratório. Os sujeitos deveriam memorizar o número de passos e o ritmo necessário para serem capazes de realizar o contato com a plataforma ora com o pé direito inteiro, ora com o pé esquerdo inteiro, sempre que solicitado. Um sorteio foi realizado a fim de determinar a ordem da coleta.

Após a familiarização, foram afixados marcadores reflexivos nos seguintes pontos anatômicos: espinha ilíaca anterior e posterior direita e esquerda, crista ilíaca posterior direita e esquerda, coxa esquerda, joelho direito e esquerdo (lateral), tíbia direita e esquerda, tornozelo direito e esquerdo (lateral), calcanhar direito e esquerdo e dedo médio do pé direito e do esquerdo. O protocolo de marcha consistiu na realização de passos sobre a plataforma, sendo que em todas as tentativas o sujeito realizava o mesmo percurso da sessão de familiarização. Tentativas foram realizadas até que os oito passos pudessem ser capturados integralmente. (LAROCHE et al., 2011).

### **Aquisição dos dados**

Durante o protocolo de avaliação da marcha, dados cinemáticos e cinéticos foram coletados simultaneamente. Para a captura da trajetória tridimensional dos marcadores posicionados nos pontos descritos acima, durante a marcha, foi utilizado um sistema de cinematria dotado de sete câmeras integradas (VICON MX systems, Oxford Metrics Group, UK). Os dados cinemáticos foram coletados em uma taxa de amostragem de 100Hz. Os dados de Força de Reação do Solo (FRS) foram coletados a uma taxa de amostragem de 1.000Hz usando duas plataformas de força (50.8cm×46.4cm, OR6-7-1.000, AMTI, USA) adaptadas ao mesmo plano do solo do laboratório em que se realizou o percurso da marcha.

### **Análise dos dados**

Após a coleta de dados, a análise dos mesmos foi no *software* Polygon (Metrics Group, UK). Primeiramente, foi realizada a digitalização e a reconstrução automática tridimensional. Após, o *software* forneceu os resultados de força de reação ao solo e amplitude articular de todas as articulações avaliadas no plano sagital e no frontal de movimento. Os valores de força de reação do solo foram obtidos no contato inicial do pé

com o solo. Além disso, valores de ângulos de tornozelo, joelho e quadril da fase de apoio foram registrados com auxílio do *software*.

### Tratamento estatístico

Inicialmente, todas as variáveis coletadas foram submetidas a uma estatística descritiva, com cálculo de média e desvio padrão. Os dados antropométricos da amostra também foram submetidos à estatística descritiva para caracterização da amostra. Em seguida, a normalidade e a esfericidade dos dados foram testadas por meio dos testes de Levene e de Shapiro-Wilk, respectivamente. Todas as análises estatísticas foram realizadas no pacote estatístico SPSS 17.0.

### Resultados

Os valores de média e desvio padrão obtidos no presente estudo estão apresentados na tabela 1.

**Tabela 1** – Valores de média e desvio padrão dos parâmetros cinéticos e cinemáticos do plano sagital e do frontal da marcha de idosas

Plano de movimento	FRS		Ângulo do tornozelo		Ângulo do joelho		Ângulo do quadril	
Frontal	13,31	2,45	6,28	3,36	-3,05	5,81	6,57	2,54
Sagital	74,85	4,13	-5,32	1,95	5,78	2,07	25,76	8,82

No plano frontal, a FRS indica maiores forças mediais, o ângulo do tornozelo positivo indica uma inversão, o ângulo do joelho negativo indica uma adução, e o ângulo do quadril positivo indica uma adução. No plano sagital, a FRS indica maiores forças verticais para cima, o ângulo do tornozelo negativo indica uma flexão plantar, o ângulo do joelho positivo indica uma flexão, e o do quadril positivo indica uma flexão.

### Discussão

Estudos existentes apresentam algumas características da marcha em população de idosos, incluindo a aparente relação entre alterações na marcha e o surgimento de doenças crônico-degenerativas, sobretudo no gênero feminino. Entretanto, ainda há uma lacuna na literatura sobre quais alterações tridimensionais ocorrem nos parâmetros cinemáticos e cinéticos da marcha devido ao avanço da idade. Considerando que essas informações podem ser úteis na prevenção e na prescrição de atividades físicas voltada ao controle de doenças degenerativas associadas a possíveis alterações nos padrões de marcha, o objetivo geral do estudo foi comparar as alterações nos parâmetros cinéticos e cinemáticos da marcha com o envelhecimento, nos planos sagital e frontal, comparando as alterações no padrão da marcha em idosos e adultos jovens.

O parâmetro cinético analisado para o plano frontal e o sagital foi a força de reação do solo. Segundo Whittle (2007), a FRS é a força externa mais comumente investigada na análise da marcha. Os valores dessas forças estão de acordo com os valores previamente

reportados pela literatura para amostras de adultos (NEUMANN et al., 2010), indicando que não houve alterações decorrentes do avanço da idade para essa variável.

Em geral, os resultados no plano sagital quanto aos parâmetros cinemáticos indicaram que as amplitudes de flexão plantar do tornozelo, flexão do joelho e flexão do quadril estão de acordo com aquelas previamente documentadas pela literatura (tabela 1). No entanto, qualitativamente, chama a atenção o fato de que o ângulo de flexão de quadril é menor do que os valores apresentados por Neumann (2010) em uma população de jovens adultos. Acredita-se que isso pode ocorrer devido ao próprio processo de envelhecimento, tempo em que os idosos tendem a diminuir a velocidade da marcha e o tamanho da passada, a aumentar a base de suporte e o tempo de permanência na fase de duplo apoio, como estratégia para ganho de estabilidade. (FINLEY, 1969; MENZ, 2003; MURRAY, 1969; UBIA-FRANCH, 2000; WINTER, 1990; WOO, 1995).

Com relação ao plano frontal, pode-se observar que a articulação do tornozelo e a do quadril apresentaram valores esperados de inversão e adução, respectivamente, ao tocar o pé no solo. Kirkwood et al. (2007) avaliou um grupo de participantes entre 55 e 75 anos de idade, sem história de patologias, com o objetivo de determinar a amplitude de movimento, o momento de força, a potência e o trabalho das articulações do quadril e do joelho durante a marcha. Como resultado, após o choque do calcanhar, a articulação do quadril no plano frontal iniciou o ciclo em abdução diminuindo a amplitude de movimento, e logo retornou à abdução no final da fase de pré-oscilação, chegando à máxima de 10,4 graus a 71% do ciclo. A amplitude de movimento do quadril no plano frontal foi de 11,1 graus. O momento interno de força do quadril é abductor para igualar as forças externas que tendem a aduzir o quadril. Diferentemente do estudo de Kirkwood et al. (2007), o presente estudo avaliou os parâmetros cinemáticos no momento do contato do pé com o solo e, por isso, talvez, tenha encontrado valores de adução na articulação do quadril, o que está de acordo com os dados reportados na literatura em sujeitos adultos jovens. (NEUMANN, 2006).

Ainda na análise no plano frontal, uma importante alteração no movimento da articulação do joelho foi observada, ou seja, valores de adução foram identificados no momento do contato com o solo, enquanto o padrão reportado pela literatura sugere valores de abdução. Apesar da variabilidade bem-documentada pela literatura no plano frontal, esses dados merecem consideração. Valores de adução da articulação do joelho estão associados à presença de joelho varo, e joelho varo é a projeção dos joelhos para fora da linha média do corpo, causada, geralmente, pela hipertrofia da musculatura medial da coxa e/ou a hipotonia da musculatura lateral da coxa. (STROBEL; STEDTFELD, 2000).

Gama et al. (2010), a partir de uma revisão bibliográfica, analisaram a cinesiologia do joelho, os desvios do ângulo frontal do joelho (valgo e varo) em diferentes idades e as consequências do desalinhamento das cargas provocadas pela obesidade e má-postura na idade adulta. O valgo exagerado do joelho acarreta encurtamento das estruturas músculo-ligamentares, como a banda iliotibial e o retináculo lateral, assim como o alongamento e

a fraqueza do músculo vasto lateral. Já o varismo provoca sobrecarga nos estabilizadores secundários do joelho, alongamento da cápsula, no ligamento colateral-lateral e da banda iliotibial. Baseados nesses dados, conclui-se que a obesidade associada a esses desalinhamentos pode favorecer o desenvolvimento precoce de osteoartrite do joelho. Assim conclui-se que uma boa qualidade óssea associada à boa postura, atividade física e ausência de obesidade são fatores importantes para a prevenção de osteoartrite.

O presente estudo, como já citado, mostra que as idosas avaliadas apresentaram indícios de alterações que podem levar ao surgimento de doenças degenerativas devido à presença de um aparente joelho varo; porém, segundo Gama et al. (2010), a osteoartrite pode surgir de ambos os lados, tanto no varo, quanto no valgo, dependendo do desequilíbrio de cargas e outros fatores fisiológicos como a obesidade. Assim, como aplicação prática dos resultados do presente estudo, em que para o plano frontal encontramos valores condizentes com um joelho varo, ao contrário do padrão fisiológico reportado na literatura, podemos sugerir, para evitar a progressão dessas alterações, o fortalecimento do glúteo máximo, trato iliotibial, bíceps femoral e o alongamento do grácil, sartório, semitendinoso e semimembranoso. (OLSON, 2000). Alguns exercícios para correção do joelho varo como abdução de quadril, andar no bordo interno dos pés, alongamento passivo com *medicine-ball* entre os tornozelos são sugeridos. Já para o plano sagital em que o único resultado encontrado foi no quadril, apresentando uma flexão pouco abaixo da literatura, porém coerente com o processo de envelhecimento, supõe que pelo fato de o quadril estar em leve flexão, o tronco esteja sofrendo uma inclinação para frente. Sugere-se que exercícios isométricos de fortalecimento da lombar e da musculatura abdominal, seguido de exercícios para glúteos sejam trabalhados.

Apesar de vários relatos descritivos, a limitação deste estudo foi ter analisado uma amostra pequena, por isso, sugere-se a execução de estudos com uma população maior, bem como com outras faixas etárias, principalmente no plano frontal, pois esse é pouco encontrado na literatura devido à menor amplitude de movimento nas articulações se comparadas ao plano sagital.

## **Conclusão**

Em suma, essa pesquisa conclui que idosos com idade média entre 63 e 67 anos apresentam ótimos resultados comparados com adultos jovens; no entanto, chama-se a atenção para os leves desvios no joelho para o plano frontal e a importância dos exercícios indicados acima. Para o plano sagital os resultados obtidos foram o padrão encontrado pela literatura com exceção do quadril, que obteve uma leve flexão, porém os dados obtidos estão coerentes com o processo natural de envelhecimento.

## Referências

- DAVID, A. C. *Aspectos biomecânicos do andar em crianças: cinemática e cinética*. 2000. Tese (Doutorado) – UFSM, Santa Maria, 2000.
- ENG, J.J.; WINTER, D.A. Kinetic analysis of the lower limbs during walking: what information can be gained from a three-dimensional model? *J Biomechanics*, v. 28, n. 6, p. 753-758, 1995.
- ESTRÁZULAS, J.A. et al. Características biomecânicas da marcha em crianças, adultos e idosos. *Revista Digital*, Buenos Aires, 2005.
- FINLEY, F.R. et al. Locomotion patterns in elderly women. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, n. 50, p. 140-146, 1969.
- GAMA, A.; LUCENA, L.; ANDRADE, M.; ALVES, S. *Deformidades em valgo e varo de joelhos alteram a cinesiologia dos membros inferiores*. João Pessoa: Centro de Ciências da Saúde/UFPB, 2010.
- GAMBLE, J. G.; ROSE, J. *Marcha humana*. Baltimore: Premier, 1998.
- KAUFMAN, Kenton R.; SUTHERLAND, David H. *Cinemática da marcha humana normal*. 3. ed. 2007.
- KERRIGAN DC. Gender differences in joint biomechanics during walking: nometive study in Young adults. *Am J Phys Med Rehabil*, 1998.
- KIRWOOD, R. et al. *Análise biomecânica das articulações do quadril e joelho durante a marcha em participantes idosos*. Belo Horizonte: Ed. da UFMG, 2007.
- KONIN, J. *Cinesiologia prática para fisioterapeutas*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2006.
- MALY, M.R.; COSTIGAN, P.A.; OLNEY, S.J. Mechanical factors relate to pain in knee osteoarthritis. *Clin Biomech*, 2008.
- MENZ, H.B. et al. Age-related differences in walking stability. *Age Ageing*, v. 32, n. 2, p. 137-142, 2003.
- MURRAY, M.P. et al. Walking patterns in healthy old men. *Journal of Gerontology*, n. 24, p. 169-178, 1969.
- NEUMANN, Donald A. *Cinesiologia do aparelho musculoesquelético: fundamentos para a reabilitação física*. 1. ed. São Paulo: Guanabara Koogan, 2006.
- NEUMANN, Donald A. *Cinesiologia do aparelho musculoesquelético: fundamentos para a reabilitação física*. 3. ed. São Paulo: Guanabara Koogan, 2010.
- NORDIN, Margareta; FRANKEL, Victor H. *Biomecânica básica do sistema musculoesquelético*. 3. ed. São Paulo: Guanabara Koogan, 2003.
- NORKIN, C. C.; LEVANGIE, P.K. *Joint structure and function: a comprehensive analysis*. Philadelphia: Library of Congress, 1992.
- OLSON. Desvios posturais em membros inferiores. *Revista Sprint*, jul./ago. 2000.
- PERRY, J. *Análise de marcha: marcha normal*. São Paulo: Manole, 2005.
- STROBEL; STEDTFELD. Desvios posturais em membros inferiores. *Revista Sprint*, jul./ago. 2000.
- UBIA-FRANCH, O. Alteraciones de la marcha en el anciano. *Revista de Neurología*, v. 31, n. 1, p. 80-83, 2000.
- WHITTLE, M. *Gait analysis: an introduction*. 4. ed. Edinburgh: Butterworth Heinemann, 2007.
- WINTER, D. A. et al. Biomechanical walking pattern changes in the fit and healthy elderly. *Physical Therapy*, v. 70, n. 6, p. 340-347, 1990.
- WOO, J. et al. Age-associated gait changes in the elderly: pathological or physiological? *Neuroepidemiology*, v. 14, n. 2, p. 65-71, 1995.