

## Contribuições biomecânicas ao público da terceira idade

### *Contributions of biomechanics to the elderly public*

Gabriel Ivan Pranke<sup>a</sup>  
Clarissa Stefani Teixeira<sup>b</sup>  
Carlos Bolli Mota<sup>c</sup>

#### Resumo

É comum encontrarmos hoje em dia na literatura diversas publicações científicas que se referem ao público da terceira idade. Isso pode ser devido ao grande interesse de pesquisadores em entender o processo de envelhecimento humano. Durante esse processo, diversas alterações ocorrem no organismo, como por exemplo, alterações fisiológicas, como o mau funcionamento de algumas estruturas corporais; e mecânicas, como a incapacidade de realizar movimentos básicos do corpo humano. O papel dos pesquisadores, nesse aspecto, é procurar identificar e investigar essas alterações, a fim de esclarecê-las, ajudando assim a interpretar esse processo natural da evolução humana. Uma das áreas da ciência que busca compreender as modificações ocorridas no homem durante essa etapa da vida é a biomecânica. Através dela, podem-se obter dados importantes para a verificação de possíveis alterações nos padrões de movimentos conhecidos como normais pela literatura. Isso pode ser percebido através da análise das variáveis que se pretende estudar durante a pesquisa. Essas variáveis podem ser conhecidas com auxílio dos métodos de medição, que são fatores essenciais para o desenvolvimento de estudos biomecânicos. Logo, os mais recentes estudos realizados sobre a população idosa referem-se à marcha e ao equilíbrio, e os resultados obtidos serão apresentados a partir de agora.

**Palavras-chave:**  
envelhecimento;  
fisiologia;  
biomecânica

#### Abstract

There are several scientific publications that refer to the public of the senior citizens nowadays. It can be due to the great interest of researchers in understanding the process of human aging. During this process several alterations happen in the organism, such as physiologic alterations, as the

Correspondência / *Correspondence*

Gabriel Ivan Pranke  
Universidade Federal de Santa Maria  
Centro de Educação Física e Desportos – Laboratório de Biomecânica  
Faixa de Camobi km 9 - 97105-900 – Santa Maria, RS - Brasil  
E-mail: pranke.cefd@gmail.com

bad operation of some corporal structures and mechanics, for example, the incapacity of doing basic movements of the human body. Researchers must try to identify and investigate these alterations in order to clarify them, and so help interpret the natural process of human evolution. Biomechanics is one of the areas of the science that intends to understand the modifications occurring in the human being during this stage of life. Through biomechanics, it is possible to obtain important data to verify possible alterations in movement patterns, known in the literature as normal. This can be noticed through the analysis of the variables studied in this research. Those variables can be known with the help of measurement methods, which are essential factors for the development of biomechanical studies. Thus, it is noticed that the most recent studies accomplished in the elderly population refer to gait and balance, whose results are presented here.

**Keywords:**  
aging; physiology;  
biomechanics

## INTRODUÇÃO

O corpo humano é um dos principais objetos de estudo do homem. A busca por compreender seu funcionamento contrapõe-se a sua complexidade e leva cientistas e estudiosos a uma jornada de estudos cujo fim não se prevê. Dentro desse âmbito se encontra a Biomecânica, disciplina derivada das ciências naturais que se preocupa com a análise física dos sistemas biológicos, examinando, entre outros, os efeitos das forças mecânicas sobre o corpo humano em movimentos quotidianos, de trabalho e de esporte. No século XX, as duas grandes guerras mundiais resultaram nos grandes avanços tecnológicos hoje conhecidos. Estes se refletiram nos métodos experimentais usados em praticamente todas as áreas de atuação científica, incluindo a Biomecânica. Nos últimos anos, o Brasil teve grande avanço nas técnicas de medição, armazenamento e processamento de dados, que contribuíram para a melhor compreensão do movimento.

A biomecânica é um dos métodos para estudar a maneira como os seres vivos (principalmente o homem) se adaptam às leis da mecânica quando se realizam movimentos voluntários. Para Donskoy e Zatsiorsky<sup>11</sup> (1988), a biomecânica é a ciência das leis do movimento mecânico nos sistemas vivos e pode ser também definida como a aplicação da mecânica a organismos vivos e tecidos biológicos. Nigg e Herzog<sup>22</sup> (1995) definem biomecânica como sendo a ciência que examina as forças que atuam externa e internamente numa estrutura biológica e o efeito produzido por essas forças. Hatze *apud* Nigg e Herzog<sup>22</sup> (1995) afirma que ela é a ciência que estuda estruturas e funções dos sistemas biológicos usando o conhecimento e os métodos da Mecânica. A biomecânica estuda diferentes áreas relacionadas ao movimento do ser humano e animais, incluindo: (a) funcionamento de músculos, tendões, ligamentos, cartilagens e ossos; (b) cargas e sobrecargas de estruturas específicas; e (c) fatores que influenciam a performance. Portanto, refere-se ainda a uma biomecânica do esporte que se dedica

ao estudo do corpo humano e do movimento esportivo em relação a leis e princípios físico-mecânicos, incluindo os conhecimentos anatômicos e fisiológicos do corpo humano (Amadio<sup>1</sup>, 1989). A biomecânica também pode auxiliar na produção de conhecimento para aquisição de competências tecnomotoras, que levam em consideração as características dos participantes, do contexto e sua organização, possibilitando uma efetiva aprendizagem (Crum<sup>8</sup>, 1993). Para Moro *apud* Nasser<sup>21</sup> (1995), a Biomecânica tem acompanhado o ensino das técnicas, associando a prevenção músculo-esquelética do indivíduo nas ações cotidianas, evitando assim que certos esforços desnecessários possam danificar suas estruturas e que sua ação motora seja racionalizada.

A Biomecânica é uma disciplina eminentemente experimental, e como tal depende de processos de medição. Qualquer pesquisa nessa área está sujeita à determinação de grandezas físicas que possam ser medidas. Por isso a técnica física de medir e sua aplicação no corpo humano representam uma parte básica relevante dos métodos de trabalho da Biomecânica. Um aspecto importante a ser considerado é a seleção do instrumental e da técnica de medição a serem utilizados, pois a determinação das grandezas a serem medidas deve ser feita com a exatidão exigida no caso. Obviamente, conforme citam Amadio e Duarte<sup>2</sup> (1996), é necessário que existam métodos de medição próprios para serem aplicados nas situações desejadas. Desta forma, a medição tanto é uma forma de conhecer o mundo físico como o verdadeiro teste de uma teo-

ria ou projeto. Ela é a base fundamental de toda pesquisa e também é um elemento fundamental em projetos de qualquer natureza e no controle de processos. Nos últimos anos, o Brasil teve um grande avanço nas técnicas de medição, armazenamento e processamento de dados, que contribuíram para a melhor compreensão do movimento. Portanto, a biomecânica e seus métodos de medição pode, assim como outras ciências, auxiliar no entendimento do processo de envelhecimento.

Para a avaliação biomecânica do idoso, foco principal deste artigo, pode-se dizer que se um laboratório ou local para avaliação possui os métodos apropriados para concretizar a avaliação propriamente dita, basta o idoso se prontificar para realizá-la.

Muitos trabalhos estão incluindo o idoso como grupo de estudo. A maioria de estudos encontrados na bibliografia pesquisada é referente à marcha e ao equilíbrio de idosos. Em relação à marcha, pode-se citar o estudo de Teixeira<sup>25</sup> *et al.* (2002), no qual os autores verificaram os aspectos biomecânicos do caminhar em idosos. Os achados desse estudo também apontaram para as fases de apoio maiores ( $71,42 \pm 5,82\%$  do ciclo) e de balanço menores ( $35,97 \pm 2,90\%$  do ciclo) do que para populações mais jovens. Os autores pressupõem que nessa população existe uma necessidade maior de buscar segurança na manutenção do equilíbrio dinâmico. Neste estudo foram encontradas também assimetrias entre os comprimentos dos passos e uma diminuição de sua amplitude.

Mota<sup>20</sup> *et al.* (2003) avaliaram a marcha de sujeitos do sexo feminino com idades de  $59,6 \pm 4,5$  anos e média de estatura de  $1,54 \pm 0,03$ m que participavam de um grupo de ginástica postural. O estudo procurou contemplar o comportamento das variáveis temporais e espaciais, e o comportamento angular do tronco, pelve, quadril, joelho e tornozelo. Os autores concluíram que as variáveis espaço-temporais indicam que as reações de equilíbrio e retificação corporais se encontraram comprometidas devido ao processo de envelhecimento. Na análise das variáveis angulares, a pelve apresentou um posicionamento em retroversão, o que pareceu exercer influência sobre o movimento do quadril e do joelho, que tiveram seus padrões de movimentos alterados por uma antecipação do movimento de extensão no momento do toque do pé. Com base nesses dados, pôde-se inferir que o envelhecimento ocasiona alterações no padrão da marcha, reafirmando a importância de uma atividade física regular como incremento de manutenção e melhora da capacidade funcional.

Cozzani e Castro<sup>7</sup> (2003) avaliaram o efeito da institucionalização, a qual as autoras associaram diminuição de independência nas atividades da vida diária e da aptidão física geral sobre os parâmetros cinemáticos da locomoção em terrenos livres e com obstáculos. Buscaram identificar as estratégias adaptativas durante o andar em ambiente complexo de idosos institucionalizados e comparar com os idosos não-institucionalizados ativos e sedentários. Participaram do estudo 45 idosos,

sendo 13 institucionalizados com média de idade de 73,6 anos; 13 idosos sedentários, com idade média de 72,9 anos; e 13 idosos ativos, com idade média de 64,9 anos. Concluiu-se que o andar de indivíduos idosos institucionalizados é mais lento e com passadas mais curtas em relação aos idosos não institucionalizados. Assim, o ambiente institucional tem privado potencialmente o idoso de oportunidade para a mobilidade em geral, causando discrepância nos parâmetros quantitativos da locomoção em comparação aos idosos não-institucionalizados. A tarefa de andar e ultrapassar obstáculos representou um desafio maior para os idosos institucionalizados do que para seus pares não-institucionalizados. Ou seja, ocorrem adaptações com maior lentidão e menor amplitude da última passada antes da ultrapassagem de obstáculos.

André<sup>3</sup> *et al.* (2005) analisaram a locomoção de mulheres idosas ativas em planos desnivelados de deslocamentos. O objetivo do estudo foi avaliar os efeitos de um programa de exercício físico em dez mulheres pós-menopáusicas com idades de  $67,60 \pm 5,74$  anos – nomeadamente, a possibilidade de retratar o efeito do envelhecimento nos parâmetros fundamentais da locomoção durante uma tarefa de marcha em plano nivelado e na subida e descida de um plano elevado. As conclusões referentes a esse estudo indicaram que o padrão de locomoção é semelhante ao de jovens adultas saudáveis durante a execução da marcha em plano nivelado. Os autores salientam que os idosos estavam envolvidos num programa de *step* regular a cerca de dois anos e

apresentavam níveis elevados de funcionalidade. Concluíram que o exercício praticado provavelmente exerceu efeito positivo nas capacidades necessárias para a realização bem-sucedida da tarefa da marcha.

Melo<sup>16</sup> *et al.* (2004) analisaram as características dinâmicas da marcha do idoso, considerando a prática de atividade física e histórico de quedas. Foram avaliados 21 indivíduos (17 mulheres e 4 homens), com média de idade de  $69,8 \pm 3,7$  anos. Diante dos resultados, concluiu-se que os idosos apresentaram redução do primeiro e segundo pico de força e aumento do tempo de duplo apoio em relação aos adultos. Os idosos com histórico de quedas apresentaram diferenças na magnitude das forças entre o lado forte e fraco nas variáveis: taxa de aceitação de peso, força de suporte médio e aumento do tempo de duplo apoio no lado fraco. Os autores destacaram que, embora ocorram alterações na marcha com o envelhecimento, estas são menores nos idosos sem histórico de quedas e praticantes de atividades físicas.

Melo, Faquin e Carnevali<sup>18</sup> (2003) analisaram as implicações do peso corporal e do índice de massa corporal (IMC) nas características dinâmicas na marcha de idosos. O grupo de estudos foi composto por 28 indivíduos de ambos os sexos, com média de idade de  $68,8 \pm 4,58$  anos. Os sujeitos foram divididos em três grupos conforme o IMC, sendo G1 composto por 11 sujeitos com IMC normal (18,5 a 24,9 kg/m<sup>2</sup>), G2 composto por dez sujeitos acima do peso (com IMC de 26 a 29,9 kg/m<sup>2</sup>) e

G3 composto por sete sujeitos obesos (com IMC de 30 a 39,9 kg/m<sup>2</sup>). Os resultados da pesquisa mostram os seguintes dados: para o primeiro pico de força (PPF), o G1 teve 1,09 PC; o G2 e G3 tiveram 1,12 PC; para o segundo pico de força (SPF), G1 teve 1,05 PC, G2 teve 1,08 PC e G3 teve 1,02 PC; para a taxa de aceitação de peso (TAP), G1 teve 7,74 PC/s, G2 teve 8,7 PC/s e G3 teve 9,92 PC/s; para a taxa de retirada de peso (TRP), os valores para G1 foram de 4754,4 N, para G2 foram de 5506,6 N e para G3 foram de 4693,3 N. Os autores afirmaram não haver diferenças significativas em todas as variáveis. Contudo, estando a TAP relacionada com a carga imposta ao aparelho locomotor, maiores valores no grupo de obesos sugerem mais carga nas articulações. Os autores concluíram que, apesar de não haver diferenças significativas nas variáveis dinâmicas da marcha, os sujeitos classificados como obesos apresentaram maiores valores, predispondo-os a lesões osteomioarticulares e sugerindo que essa prática deva ter orientação específica para esta clientela.

Estrázulas<sup>12</sup> *et al.* (2005) compararam as características biomecânicas da marcha em idosos, adultos e crianças. Foram avaliados indivíduos do sexo feminino, sendo 34 crianças com idade entre 10 e 12 anos, com média de  $10,9 \pm 0,7$  anos, 24 adultos com idade entre 18 e 41 anos, com média de  $25,3 \pm 5,9$  anos, e 12 idosos, com idade entre 64 e 74 anos, com média de  $68,0 \pm 3,2$  anos. Os sujeitos realizaram o movimento a 4,0 km/h. Analisando os resultados do estudo, os autores afirmam que existem dife-

renças nas características cinéticas e espaço-temporais durante o andar entre crianças, adultos e idosos. Fazendo a comparação entre os grupos, uma das variáveis cinéticas que demonstram a peculiaridade destes é o segundo pico de força, onde os valores decrescem, respectivamente, nas crianças, adultos e idosos. Como esta variável depende de força para impulsionar o aparelho locomotor para o próximo passo, o grupo dos idosos apresentou menores valores, podendo ser atribuídos a deficiências degenerativas que se perfazem com a idade avançada. O tempo de apoio simples mostrou-se diferente apenas para o grupo de idosos, confirmando estudos encontrados na literatura que citam essa diferença e atribuem a falta de estabilidade dessa população, a alterações decorrentes da idade. Portanto, segundo os autores, pode-se concluir que esses grupos possuem características distintas de locomoção e, embora algumas variáveis se apresentem similares, pode-se verificar a especificidade de cada grupo estudado.

A idade, contudo, pareceu influenciar o padrão de marcha durante a realização de percursos com obstrução, indicando que os efeitos positivos do exercício no nível da melhoria da estabilidade são mais reduzidos no caso de tarefas mais exigentes. A descida de uma superfície elevada foi afetada nos idosos, o que segundo os autores, deve ser levado em consideração na concepção de programas de exercícios para essa população.

Em outro estudo, Estrázulas<sup>13</sup> *et al.* (2005) analisaram as características dinâmi-

cas e espaço-temporais da marcha de idosos. Para a coleta dos dados, utilizou-se um grupo de estudo com idosos acima de 60 anos, sem problemas com locomoção ou histórico de quedas nos últimos 12 meses que antecederam a coleta. Definiram-se duas velocidades diferentes para a coleta. A primeira (V1) foi de 4km/h e a segunda (V2) foi de 5 km/h. Para as variáveis cinéticas, observou-se diferença na variável primeiro pico de força, a qual em V1 foi de 1,07 PC e em V2 foi de 1,16 PC. A variável segundo pico de força apresentou valores semelhantes. A força de suporte médio foi de 0,79 PC para V1 e 0,68 PC para V2, diminuindo com o aumento da velocidade. Já a taxa de aceitação de peso aumentou de 8,22 PC/s em V1 para 19,58 PC/s em V2. Para as variáveis espaciais, o comprimento do passo aumentou de 0,52 m em V1 para 0,62 m em V2. A cadência aumentou de 116,67 passos/min em V1 para 122,46 passos/min em V2. O tempo de duplo apoio diminuiu de 0,25 s (V1) até 0,22 s (V2), enquanto o tempo de apoio simples se manteve constante para as duas velocidades (0,38 s). O coeficiente de variância apresentou baixa variabilidade na maioria das variáveis, com exceção da taxa de aceitação de peso e tempo de duplo apoio. Os autores concluíram que as variáveis dinâmicas e espaço-temporais sofrem interferências com o incremento da velocidade, principalmente quando aos sujeitos é imposta velocidade acima daquelas que lhes é habitual.

Warth, Teixeira e Mota<sup>28</sup> (2005) analisaram a força de reação do solo durante a

marcha de um indivíduo idoso, do sexo feminino, saudável, com 54 anos de idade, peso corporal de 933,9 N e 1,56 m de estatura. Os resultados mostram valores de 1,07 PC para a força vertical máxima (ilustrada na figura 1), 0,11 PC para a força ântero-posterior máxima (ilustrada na fi-

gura 2) e 0,05 PC para médio-lateral máxima (ilustrada na figura 3).

O impulso apresentou valor de 0,71 PC.s. O primeiro pico da força vertical ocorreu a 28% do tempo de apoio e o segundo a 74%. As curvas desse estudo estão apresentadas nas figuras 1, 2 e 3.

Figura 1 – Força vertical

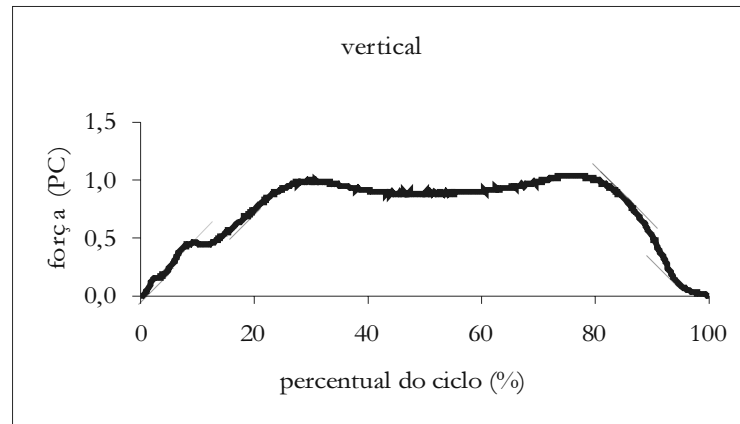


Figura 2 – Força ântero-posterior

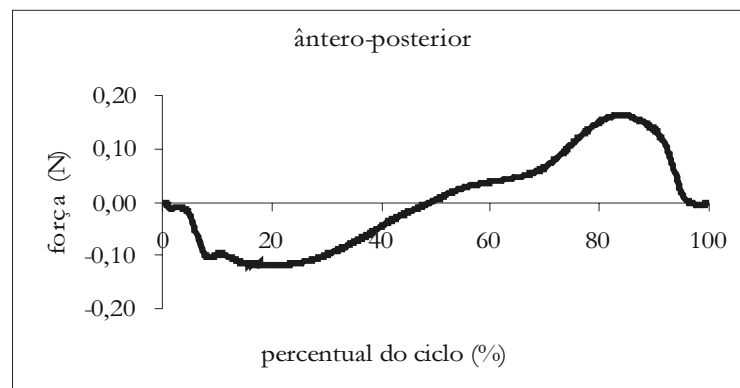
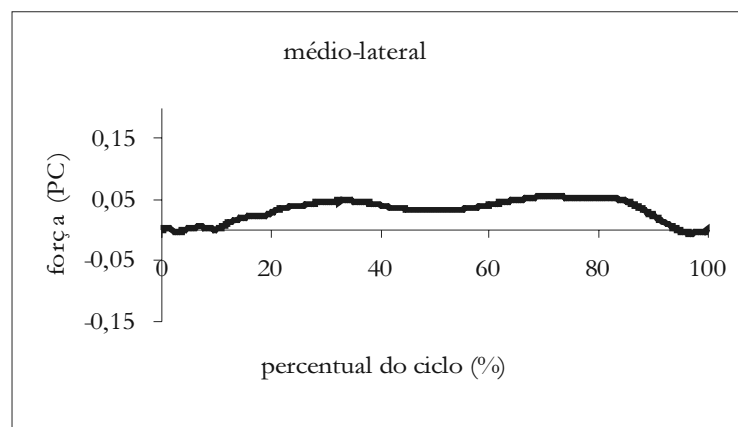


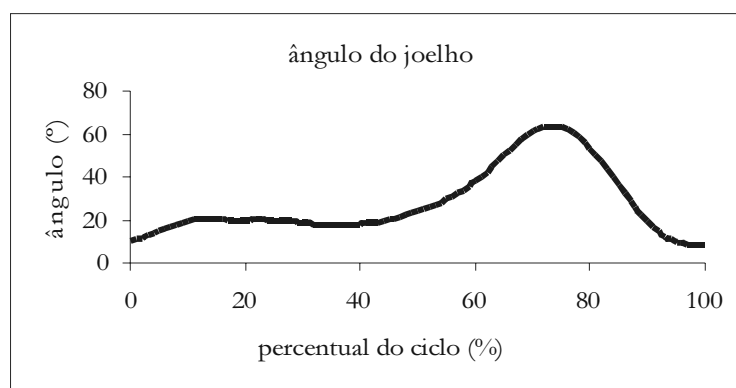
Figura 3 – Força médio-lateral



Os autores concluíram, através dos resultados obtidos, que o sujeito analisado apresenta um padrão de força de reação do solo normal durante a marcha. Em outro estudo, Teixeira, Warth e Mota<sup>26</sup> (2005) analisaram os ângulos do quadril, joelho e tornozelo durante a marcha do mesmo in-

divíduo do estudo anterior. Os resultados mostraram que na fase de apoio médio o sujeito apresentou uma flexão de joelho (ilustrada na figura 4) um pouco superior ( $17,34^\circ$ ) aos valores da marcha normal descritos na literatura, que cita valores em torno de  $10^\circ$ .

Figura 4 – Ângulo do joelho





Para os demais ângulos analisados, as curvas apresentaram-se de acordo com a literatura e estão apresentadas nas figuras 5 e

6. Conclui-se que o sujeito não apresenta nenhuma alteração significativa nas características angulares de sua marcha.

Figura 5 – Ângulo do quadril

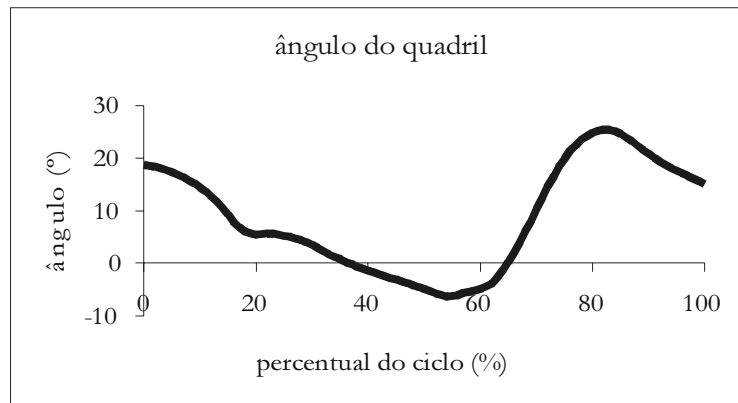
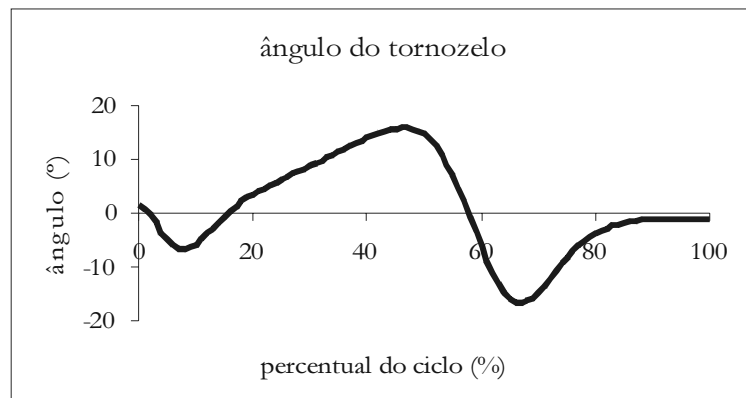


Figura 6 – Ângulo do tornozelo



Moraes e Mauerberg de Castro<sup>19</sup> (2001) avaliaram possíveis alterações cinéticas que possam ocorrer na topologia do movimento de andar para frente (AF) e andar para trás (AT). Participaram da coleta nove indivíduos idosos (GI) e nove indivíduos jovens (GJ). Os participantes foram filmados no plano sagital nas tarefas de AF e AT. Os autores analisaram os resultados e observaram que o comprimento relativo da passada foi maior para o GJ e maior no AF, enquanto a duração da passada não variou em função da idade e nem da tarefa. A velocidade da passada foi maior no AF quando o GJ foi analisado. O GI diminuiu a velocidade da passada no AT em relação ao GJ. Os autores concluíram que indivíduos idosos têm um comprometimento maior para realizar atividades motoras não habituais como AT. Além disso, no AT ocorre uma diferença na estratégia de amortecimento e os idosos restringiram a ação do tronco na direção ântero-posterior quando andando.

Degani e Barela<sup>9</sup> (2003) realizaram um estudo sobre os parâmetros espaço-temporais e angulares do andar de indivíduos idosos em ambiente aquático. Os autores avaliaram oito idosos com média de idade de 62,5 anos sem problemas neuro-músculo-esquelético. Tendo em vista a preocupação acerca do comportamento humano frente a diferentes ambientes e a crescente utilização do meio aquático para atividades físicas, recreacionais e de reabilitação na terceira idade, esse estudo investigou o andar para compreender como o sistema

nervoso dessa população administra o andar nesse meio. Neste sentido, os autores compararam os parâmetros espaço-temporais e os angulares do andar dessa população na água e em solo. Degani e Barela<sup>9</sup> concluíram que, embora o meio líquido não seja um ambiente comum no dia-a-dia, os participantes idosos foram capazes de realizar a marcha de forma independente, acrescentando algumas alterações cinemáticas se comparada à marcha em ambiente terrestre. A força de empuxo e a resistência oferecida pelo fluido influenciaram a biomecânica do andar na água, levando um padrão conservativo de marcha. No entanto, apesar de passadas mais lentas, mais curtas e com menor frequência, a organização temporal da passada na água foi similar à apresentada em solo.

Em termos de controle motor dos membros inferiores, as análises das movimentações do quadril, joelho e tornozelo no plano sagital revelaram pequenas diferenças durante o andar nos dois ambientes. Em relação à movimentação do joelho na água, os autores observaram o toque de calcanhar no solo com o joelho menos estendido e a retirada do pé do solo com o joelho mais estendido. Segundo os autores, houve também uma redução da amplitude total de movimento do tornozelo ao longo da passada em ambiente aquático, revelando menor necessidade de flexão plantar na impulsão. O andar apresentou um padrão conservativo com pequenas alterações relativas ao controle motor articular dos membros inferiores.

Em outro estudo, Degani e Barela<sup>10</sup> (2003) consideraram que o padrão de movimento é influenciado pelo sistema, pela tarefa e pelo ambiente, e consideraram o uso do meio líquido para exercícios físicos e reabilitação para a terceira idade. A questão experimental do estudo foi verificar como os idosos coordenam seus membros inferiores durante o andar em ambiente aquático. De acordo com os resultados obtidos, o andar de idosos em ambiente aquático sofreu algumas alterações. Enquanto que a coordenação intermembros foi a mesma nos dois ambientes, a coordenação intramembro inferior foi alterada ao mudar o ambiente. Tais aspectos refletem o padrão da marcha na água e permitem inferir a capacidade de idosos utilizarem a estratégia de mudança na relação perna-coxa para driblar os efeitos hidrodinâmicos, sem perder, contudo, a simetria entre os membros inferiores. Deste modo, afirma-se que os idosos foram capazes de adequar seus movimentos frente ao ambiente aquático.

Em estudo mais recente, novamente Barela e Duarte<sup>6</sup> (2005) analisaram os aspectos biomecânicos do andar de adultos e idosos em ambientes aquático e terrestre. Mais especificamente, variáveis descritivas da passada, amplitude do movimento articular e padrão de ativação muscular foram analisadas. Participaram do grupo de estudo dez adultos e dez idosos sem queixas de comprometimento no aparelho locomotor. Os resultados obtidos foram os seguintes: em relação às variáveis descritivas (espaciais e temporais), os adultos apresentaram comprimento da passada maior que os idosos e

ambos os grupos apresentaram esse comprimento maior em ambiente terrestre (AT) que em ambiente aquático (AA). Em relação à duração da passada, os grupos não apresentaram diferença em AT, mas em AA a duração foi maior, sendo que os idosos apresentaram duração menor que os adultos. Na velocidade da passada, adultos e idosos foram mais rápidos em AT que em AA, ao passo que em AT os adultos foram mais rápidos, e em AA não houve diferença. Em relação à amplitude de movimento (ADM), durante o período de apoio (PA) os adultos apresentaram ADM maior que os idosos para a articulação do tornozelo nos dois ambientes e não houve diferença na ADM das articulações do joelho e do quadril nos dois ambientes. Durante o período de balanço (PB), a ADM do joelho foi maior no AT do que em AA para os dois grupos e não houve qualquer diferença na ADM do tornozelo e do quadril. Por fim, os mesmos resultados encontrados durante o PB foram encontrados para o ciclo completo (CC) do andar.

Em relação ao padrão de atividade eletromiográfica (EMG), a atividade foi similar para adultos e idosos na maioria dos músculos investigados. Porém, ela foi diferente entre o AT e o AA para a maioria desses músculos. O músculo gastrocnêmio medial apresentou valores similares para adultos e idosos entre os dois ambientes, porém o pico de atividade desse músculo ocorreu em instantes diferentes tanto entre os grupos quanto entre os ambientes. Os músculos cabeça curta do bíceps femoral, vasto lateral e cabeça longa do bí-

ceps femoral apresentaram picos mais definidos no AT do que em AA, e o músculo tensor da fáscia látea pareceu estar mais ativo durante o PA no AT do que em AA, e menos ativo durante o PB no AT do que em AA. Os músculos tibial anterior, eretor da espinha e reto do abdômen não apresentaram valores similares entre adultos e idosos. O músculo tibial anterior apresentou um pico de ativação na fase de contato inicial e permaneceu ativo durante o PB, quando adultos e idosos andaram no AT. Porém em AA esse músculo foi ativado durante o PB pelos adultos, enquanto foi ativado no PA e no PB pelos idosos. Por outro lado, o músculo eretor da espinha apresentou pico de ativação no final de PA pelos adultos e um pico de ativação na fase de contato inicial e final de PA pelos idosos. Quando ambos andaram em AT, esse músculo pareceu estar mais ativado no final do PA e durante o PB. Por fim, o reto do abdômen pareceu estar mais ativado na fase de contato inicial para os dois grupos. Os autores concluíram que as diferenças constatadas entre os dois ambientes podem ser atribuídas não somente às diferentes condições, como também, à velocidade adotada pelos dois grupos. Os resultados encontrados contribuem para um melhor entendimento do andar na água em termos de treinamento e reabilitação.

Assim como na marcha, têm-se realizados diversos estudos a respeito do equilíbrio da população idosa. Muitos desses estudos têm reportado que os idosos apresentam um aumento na oscilação corporal

tanto com os olhos abertos quanto com os olhos fechados e que esta seria uma das causas do aumento do número de quedas nessa população. Ferreira<sup>14</sup> *et al.* (2003) afirmam que permanecer em pé por longo tempo é uma tarefa da vida diária; exemplificam, ainda, o ficar em pé na fila de um banco para receber a aposentadoria ou ainda conversando com um amigo. O estudo realizado pelos mesmos autores investigou se os indivíduos idosos com ou sem alguma patologia, quando comparados aos adultos, usariam estratégias diferentes de controle postural (visto pelo número e amplitude das mudanças posturais) durante a postura natural por longo tempo. Foram avaliados adultos com  $24 \pm 3$  anos, idosos  $65 \pm 4$  anos e idosos patológicos (3 com artrose no joelho, 2 com problemas auditivos e 2 com labirintite), com idade de  $69 \pm 4$  anos de massa e estatura similares. O experimento do estudo foi composto de três tarefas: postura ereta em um minuto, 31 minutos na postura natural e mais um minuto o mais estático possível. Segundo os autores, para permanecer em pé durante longo tempo é necessário realizar mudanças posturais para evitar fadiga. Verificou-se que, independentemente da idade e da presença de patologias, os indivíduos realizaram mudanças posturais similares. Apesar de os grupos apresentarem pequena variação no número e na amplitude dessas mudanças, em geral essa variação foi significativamente diferente. Interessante que, embora nenhuma indicação de fadiga no controle postural durante a tarefa de postura natural por 30 minutos tenha sido observada segundo

as variáveis investigadas, foi observado que os indivíduos apresentaram uma oscilação postural aumentada durante a postura quieta após a tarefa de postura natural, principalmente para os idosos patológicos.

Tendo em vista que as diferenças no controle postural em idosos podem decorrer de alterações no relacionamento entre informação sensorial e ação motora, Polastri, Barela e Barela<sup>24</sup> (2003) realizaram um estudo cujo objetivo foi verificar o acoplamento entre informação visual e a oscilação corporal de idosos referente à manutenção da posição em pé. Foram avaliados dez idosos e dez adultos jovens. As conclusões indicaram que a oscilação postural em idosos é induzida quanto a informação visual contínua, proveniente de uma sala móvel, é fornecida. O acoplamento entre essa informação visual e a oscilação corporal em idosos parece ser similar ao acoplamento verificado em adultos jovens. Apesar disso, idosos parecem ter maior dificuldade em discriminar a informação visual conflitante com outras informações sensoriais. A dificuldade pode estar relacionada a problemas para integrar as informações sensoriais provenientes de diferentes sistemas sensoriais.

Freitas Júnior e Barela<sup>15</sup> (2003) analisaram a postura ereta não perturbada de jovens, adultos e idosos. O estudo objetivou verificar as oscilações posturais de jovens, adultos e idosos durante a manutenção da postura ereta estática com e sem a utilização da informação visual, para determinar em que fase do ciclo vital começariam a

ocorrer mudanças no controle postural. Para tanto foram avaliados 12 homens e 16 mulheres, divididos em quatro grupos: dez adultos com idade média de  $22,84 \pm 2,14$  anos; seis adultos na fase de transição para a meia-idade, com idade média de  $43,26 \pm 1,42$  anos; sete adultos de meia-idade, com idades de  $52,76 \pm 1,16$  anos e cinco idosos com idades de  $62,75 \pm 1,62$  anos. Resumidamente, os autores concluem que houve aumento marcante nas condições posturais, na direção ântero-posterior, somente após os 60 anos, mas, já a partir dos 40 anos, pode ser verificada uma tendência linear de aumento das oscilações posturais com a idade, pois todos os participantes do estudo oscilaram mais após a retirada da informação visual e o aumento das oscilações com os olhos fechados foi proporcionalmente semelhante para todos os grupos.

Oliveira<sup>23</sup> *et al.* (2004) realizaram uma avaliação biomecânica do equilíbrio em duas idosas com 66 anos de idade. Com os resultados apresentados no estudo, pôde-se verificar a similaridade com estudos encontrados na literatura, demonstrando a dificuldade dessa população na manutenção do equilíbrio, principalmente na posição em pé, com os pés unidos e olhos fechados. Pode-se inferir que a oscilação do centro de pressão dessa população ocorre principalmente no eixo ântero-posterior, dificultando a manutenção do equilíbrio, principalmente em situações em que os pés estejam unidos.

Warth, Teixeira e Mota<sup>27</sup> (2005) verificaram o deslocamento médio-lateral de 31

indivíduos idosos de ambos os sexos. Os autores justificam o trabalho pela prevalência de distúrbios relacionados ao equilíbrio na população em questão, que, segundo os autores, constituem sérios fatores de risco, como quedas e perda da independência. Com base nos resultados, concluiu-se que os valores do deslocamento médio-lateral se mostraram similares tanto com os olhos abertos quanto com os olhos fechados.

Bacarin<sup>5</sup> *et al.* (2005) avaliaram o equilíbrio funcional e algumas variáveis antropométricas corporais, relacionando com faixa etária e tempo de prática de atividade de uma população idosa ativa. Procurou-se relacionar essas variáveis a fim de investigar as influências de algumas variáveis no tipo de pé da população estudada. Fizeram parte do grupo de estudos 45 idosos que não apresentavam problemas com equilíbrio e com marcha. O grupo de estudo foi dividido em três subgrupos, de acordo com a idade: 61 a 65 anos de idade; 66 a 70 anos de idade; 71 a 81 anos de idade. De acordo com o índice de massa corporal, foram divididos em dois subgrupos:  $<25 \text{ kg/m}^2$  e  $>25 \text{ kg/m}^2$ . Foram também divididos de acordo com o tempo de prática de atividade física: 3 a 12 meses; 13 a 36 meses; 37 a 60 meses e 61 a 120 meses. Os autores concluíram que o IMC parece ter influência no tipo de pé, sendo que pés planos podem ser relacionados ao alto IMC e pés cavos ao baixo IMC. A faixa etária e o tempo de prática de atividade física não têm relação com equilíbrio apresentado por essa população. Eles concluí-

ram que são necessários outros estudos com outros idosos, principalmente com aqueles que não possuem o hábito de praticar atividade física regularmente, ou ainda utilizar outro meio de avaliar o equilíbrio funcional, para buscar um meio de prever risco de quedas.

Com o envelhecimento, a capacidade de gerar força dos músculos esqueléticos é reduzida. Como resultado, muitas pessoas idosas apresentam dificuldades em realizar suas atividades da vida diária. Aveiro<sup>4</sup> *et al.* (2005) verificaram o efeito do treinamento de força de resistência e equilíbrio em mulheres portadoras de osteoporose. Segundo os autores, devido à falta de protocolos bem definidos sobre a intensidade e frequência de exercícios físicos para reduzir os múltiplos fatores de risco de quedas, o estudo propôs aplicar e analisar os efeitos de um programa de treinamento na força muscular dos dorsiflexores e flexores plantares e no equilíbrio em mulheres com diagnóstico densitométrico de osteoporose. Foram avaliadas 12 idosas com idade de  $68,7 \pm 2,7$  anos e os resultados apresentados permitem concluir que o programa de treinamento proposto a mulheres portadoras de osteoporose foi eficiente para o fortalecimento dos músculos flexores plantares e dorsiflexores do tornozelo e melhora do equilíbrio.

Melo<sup>16</sup> *et al.* (2004) verificaram o nível de força isocinética de mulheres idosas com idades de  $59,75 \pm 8,01$  anos praticantes de

atividades moderadas e não-praticantes de treinamento de força. O grupo estudado apresentou maiores níveis de força no membro inferior direito, tanto na extensão quanto na flexão de joelhos. Portanto, pode-se considerar que esses indivíduos necessitam de um trabalho, com ímpeto de buscar equilíbrio na manifestação de força muscular, proporcionando maior equilíbrio dos lados direito e esquerdo dos membros inferiores.

## CONCLUSÃO

Todos esses trabalhos retratam estudos que os biomecânicos vêm realizando com a população idosa. Dentro da Biomecânica existem certamente mais instrumentos que podem avaliar novas situações ou até mesmo as mesmas situações citadas nos estudos já realizados com novos enfoques. Sabe-se que o envelhecimento é composto por declínios e perdas e certamente a biomecânica poderá somar os seus conhecimentos para desvendar os “mitos” do processo de envelhecimento.

Pode-se afirmar que através da biomecânica existe possibilidade das mais diversas avaliações. Obviamente, tem-se que contar com a aparelhagem própria e métodos adequados para as avaliações. Comprovou-se que estudos estão sendo feitos com o público da terceira idade, tanto nacionalmente com internacionalmente. Esperam-se novos trabalhos desta ciência forte e que ainda está em expansão atualmente.

## NOTAS

- <sup>a</sup> Gabriel Ivan Pranke - E-mail: pranke.cefd@gmail.com
- <sup>b</sup> Clarissa Stefani Teixeira - E-mail: clastefani@gmail.com
- <sup>c</sup> Carlos Bolli Mota - E-mail: bollimota@gmail.com

## REFERÊNCIAS

1. Amadio AC. Fundamentos da biomecânica do esporte: considerações sobre a análise cinética e aspectos neuromusculares do movimento. [tese] São Paulo: Universidade de São Paulo; 1989.
2. Amadio AC, Duarte M. Fundamentos biomecânicos para a análise do movimento. São Paulo: Laboratório de Biomecânica/EEFUSP; 1996. 162 p.
3. André HI, Machado M, Veloso A, Carnide F, Santos Rocha R. Análise biomecânica da locomoção de mulheres idosas ativas em planos desnivelados de deslocamento. Anais 11. Congresso Brasileiro de Biomecânica; 2005, João Pessoa. João Pessoa: Sociedade Brasileira de Biomecânica, 2005.
4. Aveiro MC, Navega, MT, Granito, RN, Driusso, P, Oishi J. Efeito do treinamento de resistência e equilíbrio em mulheres portadoras de osteoporose. Anais 11. Congresso Brasileiro de Biomecânica; 2005, João Pessoa. João Pessoa: Sociedade Brasileira de Biomecânica, 2005.
5. Bacarin TA, Watari R, Canettieri M, Souza L, Pereira CS, Oliveira MF, Sacco IN. Relação entre características antropométricas e de equilíbrio funcional em uma população de idosos ativos. Anais 11. Congresso Brasileiro de Biomecânica; 2005, João Pessoa. João Pessoa: Sociedade Brasileira de Biomecânica, 2005.

6. Barela AMF, Duarte M. Aspectos biomecânicos do andar de adultos e idosos nos ambientes terrestre e aquático. Anais 11. Congresso Brasileiro de Biomecânica; 2005, João Pessoa. João Pessoa: Sociedade Brasileira de Biomecânica, 2005.
7. Cozzani M, Castro EM. Estratégias adaptativas durante o andar de idosos institucionalizados. Anais 10. Congresso Brasileiro de Biomecânica; 2003, Belo Horizonte. Belo Horizonte: Sociedade Brasileira de Biomecânica, 2003. p. 7 – 10.
8. Crum B. Boletim de Educação Física. Acta 4. Congresso da SPEF Sociedade Portuguesa, 7/8, 1993, Lisboa. Lisboa: Sociedade Portuguesa de Educação Física, 1993.
9. Degani AM, Barela JA. Parâmetros espaço-temporais e angulares do andar de indivíduos idosos em ambiente aquático. Anais 10. Congresso Brasileiro de Biomecânica; 2003, Belo Horizonte. Belo Horizonte: Sociedade Brasileira de Biomecânica, 2003. p. 152-57.
10. Degani AM, Barela JA. Coordenação inter e intra-membros inferiores durante o andar de indivíduos idosos em ambiente aquático. Anais 10. Congresso Brasileiro de Biomecânica; 2003, Belo Horizonte. Belo Horizonte: Sociedade Brasileira de Biomecânica, 2003. p. 158-62.
11. Donskoi D, Zatsiorsky V. Biomecânica de los ejercicios físicos. Moscou: Raduga, 1988.
12. Estrázulas JA, Peres R, Santos DM, Stolt LROG, Melo SIL. Características biomecânicas da marcha em crianças, adultos e idosos. Revista Lecturas: EF e Deportes 2005; 88.
13. Estrázulas JA, Santos DM, Andrade MC, Melo SIL. Comparação de características dinâmicas e espaço-temporais da marcha do idoso em diferentes velocidades. Anais 11. Congresso Brasileiro de Biomecânica; 2005, João Pessoa. João Pessoa: Sociedade Brasileira de Biomecânica, 2005.
14. Ferreira S, Wieczorek SA, Marchetti P, Duarte M. Alterações posturais durante a postura natural em idosos. Anais 10. Congresso Brasileiro de Biomecânica; 2003, Belo Horizonte. Belo Horizonte: Sociedade Brasileira de Biomecânica, 2003. p. 45 -9.
15. Freitas Júnior P, Barela JA. Análise da postura ereta não perturbada de jovens adultos e idosos. Anais 10. Congresso Brasileiro de Biomecânica; 2003, Belo Horizonte. Belo Horizonte: Sociedade Brasileira de Biomecânica, 2003. p. 36 - 9.
16. Melo W, Rocha M, Silva A, Bona C, Tourinho Filho H. Nível de força isocinética de mulheres idosos. Anais 5. Mercomovimento; 2004, Santa Maria. Santa Maria: UFSM, 2004. p. 100.
17. Melo SIL, Shappo EW, Faquin A, Gatti RGO. Características da marcha do idoso considerando a prática de atividade física e histórico de quedas. Anais 10. Congresso Brasileiro de Biomecânica; 2003, Belo Horizonte. Belo Horizonte: Sociedade Brasileira de Biomecânica, 2003. p. 74 -7.
18. Melo SIL, Faquin A, Carnevalli CC. Implicações da massa corporal nas características dinâmicas da marcha em idosos. Anais... 4. Congresso Brasileiro de Atividade Física e Saúde. atividade física, saúde & bem-estar: na escola, na empresa e na comunidade, 2003, Florianópolis. Florianópolis: UDESC, 2003. p. 33.
19. Moraes R, Castro, E M. Andar para frente e andar para trás em indivíduos idosos. Revista Paulista de Educação Física 2001; 15(2):169 - 85.



20. Mota CB, Link DM, Carpes FP, Ribeiro JK, Estrázulas JA, Brust C, Oliveira R, Teixeira CS, Santos JO, Silva R. Aspectos cinemáticos da marcha em idosos participantes de um programa de ginástica postural. Anais 10. Congresso Brasileiro de Biomecânica; 2003, Belo Horizonte. Belo Horizonte: Sociedade Brasileira de Biomecânica, 2003. p. 11 -4.
21. Nasser JP. Biomecânica do esporte/ Educação Física. Origens e tendências no Brasil. In: Ferreria Neto A. As ciências do esporte no Brasil. 1. ed. Campinas: Autores Associados;1995. p. 71 - 9.
22. Nigg B, Herzog W. Biomechanics of the musculo-skeletal system. Chichester: Jonh Wiley & Sons;1995. 578 p.
23. Oliveira EM, Estrázulas JA, Cruz A, Gomes R, Petry R, Guth, V, Andrade MC, Melo SIL. Avaliação biomecânica do equilíbrio do idoso. Anais 5. Mercomovimento; 2004, Santa Maria. Santa Maria: UFSM, 2004. p. 69.
24. Polastri PF, Barela AMF, Barela JA. Controle postural em idosos: relacionamento entre informação visual e oscilação corporal. Anais 10. Congresso Brasileiro de Biomecânica; 2003, Belo Horizonte. Belo Horizonte: Sociedade Brasileira de Biomecânica, 2003. p. 132 - 37.
25. Teixeira CS, Link DM, Ribeiro JK, Costa VP, Mota CB. Aspectos biomecânicos do caminhar em idosos. Anais 17. Jornada Acadêmica Integrada, 2002, Santa Maria. Santa Maria: UFSM; 2002.
26. Teixeira CS, Warth LC, Mota CB. Características angulares da marcha de um indivíduo idoso. Manual de resumos 5. Jornada Nacional De Atividades Físicas, 2005, Cachoeira do Sul. Cachoeira do Sul: ULBRA; 2005. p. 14.
27. Warth LC, Teixeira CS, Mota CB. Deslocamento médio-lateral do centro de força de idosos durante o equilíbrio. Anais 31. Encontro Nacional de Profissionais de Educação Física, 15. Congresso Científico Latino Americano de Educação Física, 7. Encontro Nacional De Pedagogia/ Enapef, 2005, Capão da Canoa. Capão da Canoa: APEF; 2005. p. 73.
28. Warth LC, Teixeira CS, Mota CB. Análise da força de reação do solo durante a marcha de um indivíduo idoso. Manual de resumos 5. Jornada Nacional De Atividades Físicas, 2005, Cachoeira do Sul. Cachoeira do Sul: ULBRA; 2005. p. 13.

Recebido para publicação em: 26/4/2006

Accepto em: 31/05/2006

