



# Amplitude e cadência do passo e componentes da aptidão muscular em idosos: um estudo correlacional multivariado\*

Paulo de Tarso Veras Farinatti e Leonardo Nobre Codeceira Lopes

## RESUMO

O estudo teve por objetivo verificar a associação de amplitude e cadência do passo com componentes da aptidão muscular (CAM) (flexibilidade, força e resistência muscular de membros inferiores), em 25 mulheres de 60 a 86 anos de idade (média =  $79 \pm 7$  anos), fisicamente independentes e cujas condições clínicas não contraindicassem a realização dos testes propostos. As seguintes variáveis foram estudadas: a) amplitude e cadência do passo (AMP e CAP); b) peso, estatura e altura sentada em um banco com medida padronizada (44cm); c) marcha estacionária de dois minutos (número de repetições) (RESISR); d) força máxima relativa de extensão de joelhos (carga/peso corporal) (FORCAR); e) flexibilidade de tornozelo e quadril (graus) (FLEXT e FLEXQ). A AMP e CAP foram comparadas com as variáveis dos CAM por meio de técnicas de correlação simples e multivariada. Os resultados indicaram que: a) AMP e CAP associaram-se significativamente com o conjunto das variáveis de força e flexibilidade, conforme sugerido pela boa correlação canônica ( $r_{can} = 0,79$ ;  $p < 0,05$ ); b) A AMP teve correlação mais forte com a força máxima e *endurance* de força que com a flexibilidade de membros inferiores; c) a associação conjunta das variáveis dos CAM (FLEXT, FLEXQ, FORCAR e RESISR) com as do passo (AMP e CAP) foi mais forte do que as correlações identificadas para cada variável tomada isoladamente. Com base nos resultados, foi possível propor uma equação para prever a eficiência da marcha a partir dos CAM:  $EMB = 7,53 - 0,26 (FLEXQ) + 0,29 (FLEXT) - 1,87 (FORCAR) - 0,05 (RESISR)$  e  $EMF = 7 (EMB) + 76$ , onde  $EMB =$  Escore de Marcha Bruto,  $EMF =$  Escore de Marcha Final ( $r^2 = 0,90$ ;  $SEE = 0,35$ ;  $p < 0,0001$ ).

## RESUMEN

**Amplitud y cadencia del paso y componentes de la capacidad muscular en personas de edad avanzada: un estudio correlativo multivariado**

Este estudio tiene por objetivo verificar la asociación entre la amplitud y cadencia del paso y los componentes de la capacidad muscular (CAM) (flexibilidad, fuerza y resistencia muscular de miembros inferiores), en 25 mujeres de 60 a 86 años de edad (promedio =  $79 \pm 7$  años), físicamente independientes y cuyas condiciones clínicas no impusieron restricciones a la realización de las pruebas sugeridas. Se estudiaron las siguientes variables: a) amplitud y cadencia del paso (AMP y CAP); b) peso, estatura y altura sentada en un banco con medida estandarizada (44cm); c) marcha estacionaria de dos minutos (número de repeticiones) (RESISR); d) fuerza máxima relativa de extensión de las rodillas (carga / peso corporal) (FORCAR); e) flexibilidad del tobillo y cuadril (grados) (FLEXT y FLEXQ). La AMP y CAP se compararon a las variables de los CAM por medio de técnicas de correlación simple y multivariada. Los

**Palavras-chave:** Envelhecimento. Aptidão física. Marcha. Autonomia funcional. Saúde.

**Palabras-clave:** Envejecimiento. Capacidad física. Marcha. Autonomía funcional. Salud.

resultados indicaron que: a) AMP y CAP se asociaron significativamente con el conjunto de las variables de fuerza y flexibilidad, según sugerido por la buena correlación canónica ( $r_{can} = 0,79$ ;  $p < 0,05$ ); b) la AMP tuvo una correlación más estricta con la fuerza máxima y el *endurance* de fuerza que con la flexibilidad de miembros inferiores; c) la asociación conjunta de las variables de los CAM (FLEXT, FLEXQ, FORCAR e RESISR) con las del paso (AMP y CAP) fue más estricta que las correlaciones identificadas para cada variable considerada aisladamente. Con base en los resultados, fue posible proponer una fórmula para prever la eficiencia de la marcha a partir de los CAM:  $EMB = 7,53 - 0,26 (FLEXQ) + 0,29 (FLEXT) - 1,87 (FORCAR) - 0,05 (RESISR)$  e  $EMF = 7 (EMB) + 76$ , donde  $EMB =$  Escore de Marcha Bruto,  $EMF =$  Escore de Marcha Final ( $r^2 = 0,90$ ;  $SEE = 0,35$ ;  $p < 0,0001$ ).

## INTRODUÇÃO

A capacidade que os idosos têm de manter-se independentes parece depender, em grande parte, da manutenção da flexibilidade, força e resistência musculares, características que em seu conjunto poderiam ser consideradas como componentes da aptidão muscular (CAM)<sup>(1-4)</sup>. Um exemplo da influência desses componentes sobre a aptidão físico-funcional no envelhecimento diz respeito à alteração no padrão normal da marcha. O processo de envelhecimento parece associar-se a modificações desfavoráveis na forma de andar, no aumento do tempo necessário para se percorrer uma certa distância, na necessidade de se utilizar apoio para o deslocamento<sup>(5-7)</sup>.

Parece existir, portanto, uma relação entre a manutenção da capacidade de marcha e o nível de independência funcional das pessoas idosas. Guyatt *et al.*<sup>(8)</sup>, por exemplo, constataram uma correlação positiva entre a distância percorrida em um teste de seis minutos de marcha e a habilidade para a execução de muitas atividades cotidianas em 43 indivíduos idosos tidos como frágeis. Certos autores sugerem que a marcha seja um bom – senão o melhor – indicador do risco de perda de autonomia com o envelhecimento<sup>(9-12)</sup>. Mesmo a auto-apreciação do estado funcional ou a intensidade do receio de sofrer quedas parecem estar associadas à manutenção de um modelo e velocidade eficaz de marcha<sup>(13-17)</sup>.

Nagasaki *et al.*<sup>(18)</sup>, por exemplo, em estudo que envolveu 1.134 sujeitos com mais de 65 anos de idade, constataram que a amplitude do passo tende a diminuir e a cadência a aumentar. Os autores apreciaram o que denominaram *razão de caminhada* (*walk ratio*), dividindo a amplitude do passo pela sua cadência, em velocidades de conforto e máxima. Os resultados indicaram que haveria um declínio dessa razão em quaisquer velocidades observadas, mas que a cadência tendia a ser ainda maior em velocidades elevadas, numa tentativa de compensar a limitação de amplitude. Lockhart *et al.*<sup>(19)</sup> relataram que, em comparação com indivíduos jovens, os idosos teriam uma fase mais curta de contato do calcanhar com o solo, amplitude de passada menor e, com

\* Laboratório de Atividade Física e Promoção da Saúde, Instituto de Educação Física e Desportos, Universidade do Estado do Rio de Janeiro.

Recebido em 26/5/04. 2ª versão recebida em 20/9/04. Aceito em 21/9/04.

**Endereço para correspondência:** Paulo de Tarso Veras Farinatti, Rua São Francisco Xavier, 524, sala 8.133-F, Maracanã – 20550-013 – Rio de Janeiro, RJ – Brasil. E-mail: farinatt@uerj.br

isso, menor aceleração horizontal do centro de massa. Comparando os sujeitos que caíam mais e menos ao caminharem em superfície escorregadia, chegaram à conclusão de que uma menor fase de contato do calcanhar com o solo estaria associada à maior frequência de quedas, independentemente da velocidade de deslocamento. Deduz-se que as alterações no padrão de marcha, associadas à perda de equilíbrio de forma geral, tendem a multiplicar a ocorrência de quedas em pessoas de idade avançada, cujas consequências podem ser graves<sup>(20-22)</sup>.

As razões para as modificações no padrão de marcha em idosos são multifatoriais – talvez por isso não estejam totalmente esclarecidas. Alguns estudos, porém, buscaram lançar luz sobre esta questão e muitos deles colocam a aptidão muscular no centro da discussão. Daniels e Worthingham<sup>(23)</sup>, por exemplo, incluíram a fraqueza muscular e a limitação do movimento articular entre os cinco principais fatores que poderiam causar deficiências na marcha. O mesmo foi feito por Hausdorff *et al.*<sup>(5)</sup>, analisando, em estudo randomizado controlado, a etiologia da instabilidade da marcha com o envelhecimento. A fraqueza muscular e a limitação do movimento articular estariam associadas a uma *fase mais ampla de apoio e passadas reduzidas* durante a marcha, bem como à dificuldade de equilíbrio. Enfim, Basse *et al.*<sup>(24)</sup> demonstraram, em pessoas muito idosas e institucionalizadas, que a necessidade de apoio para andar associava-se fortemente com uma potência reduzida de extensão dos joelhos. De fato, mais de 86% das variações de velocidade de marcha na amostra observada puderam ser explicadas pela perda de potência muscular de membros inferiores.

No tocante à flexibilidade, Williams e Bird<sup>(25)</sup> destacaram a importância da perda da flexibilidade, sugerindo que isso poderia se associar a alterações no padrão de marcha, tanto na amplitude do passo quanto no equilíbrio. Vandervoort *et al.*<sup>(26)</sup>, em estudo no qual analisaram o complexo articular do tornozelo, constataram que haveria uma diminuição da amplitude articular com o envelhecimento, bem como declínio da força máxima para a dorsiflexão, contribuindo para aumentar a dificuldade na marcha. Em seu modelo explicativo para a etiologia da instabilidade da marcha em idosos, Hausdorff *et al.*<sup>(5)</sup> também incluíram a diminuição da amplitude de movimentos como fator determinante independente.

O exame da literatura, contudo, revela as relações entre os componentes da aptidão muscular; a amplitude e cadência do passo não vêm sendo investigadas de forma integrada. Apesar de se reconhecer que força muscular e flexibilidade são componentes importantes da marcha, pode-se especular que seus valores tomados independentemente não sejam suficientes para explicar a forma pela qual interagem. Em outras palavras, a marcha é uma situação funcional para a qual concorrem força e flexibilidade simultaneamente – sua descrição isolada, portanto, fornece informações importantes, mas incompletas para uma melhor compreensão da sua contribuição real para a eficiência da deambulação. Em que pese esse fato, não foram localizados estudos que analisaram os componentes da marcha e a importância relativa de força e flexibilidade, consideradas simultaneamente. Sendo assim, o presente estudo visou correlacionar a amplitude e cadência do passo de mulheres idosas com os componentes da aptidão muscular dos membros inferiores, mais especificamente, força muscular, resistência muscular e flexibilidade articular.

## METODOLOGIA

Participaram do estudo 28 sujeitos fisicamente independentes, com idades entre 60 e 86 anos (média = 79 ± 7 anos), participantes do Projeto Idosos em Movimento: Mantendo a Autonomia, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Os procedimentos foram aprovados pelo Comitê de Ética da instituição. Todos os voluntários, tendo conhecimento das atividades que seriam realizadas, aceitaram participar do estudo em questão assinando termo de consentimento conforme previsto na resolução 196/96 do Conse-

lho Nacional da Saúde. Foram adotados como critérios de exclusão: a) quadro de infarto recente (menos de dois anos) e angina instável; b) resposta hipertensiva sistólica em teste máximo de esforço; c) resposta isquêmica em teste máximo de esforço; d) afecções neuropatológicas que comprometessem o padrão de marcha; e) deformidades osteoarticulares que contra-indicassem a realização dos testes. Por razões operacionais, os sujeitos foram divididos aleatoriamente em três grupos de cinco, sendo cada grupo chamado em um dia diferente para a realização dos testes, na seguinte ordem: amplitude e cadência do passo, teste de marcha estacionária, flexibilidade de quadril e tornozelo, força máxima de membros inferiores. Cada sessão de testes durou cerca de 30 a 45 minutos.

A amplitude e cadência do passo foram definidas por teste proposto por Nagasaki *et al.*<sup>(18)</sup>. Foram demarcados com fita adesiva traços no chão, distanciados dois metros entre si, até que se perfizesse um total de, no mínimo, 30 metros. O indivíduo posicionava-se com os calcanhares sobre a primeira linha traçada, partindo ao sinal com a máxima velocidade de marcha (não sendo permitido correr), até que percorresse um total de trinta e dois passos. A distância total percorrida (compreendida entre o primeiro traço e o ponto que o calcanhar do avaliado tocou ao final da execução do último passo) e o tempo gasto no percurso eram anotados. Também foram medidas a estatura e a altura sentada em um banco com medida padronizada (44cm), para o cálculo da amplitude e cadência corrigidas do passo. O teste foi aplicado três vezes, adotando-se como resultado final os valores associados à maior distância percorrida.

Para o cálculo da amplitude média do passo (AMP) dividiu-se a distância total percorrida (DTP) pelos trinta e dois passos executados pelo avaliado ( $AMP = DTP/32$ ). Já a cadência (CAD) consistia na relação entre o número total de passos executados pelo indivíduo e o tempo gasto (em segundos) para executar todo percurso ( $CAD = n^{\circ} \text{ passos/tempo}$ ). Uma vez que tanto a amplitude média quanto a cadência são influenciadas pela altura do indivíduo, particularmente pela altura de membros inferiores, ambas foram corrigidas no intuito de permitir uma comparação entre os resultados obtidos. As fórmulas para a correção são:  $AMP_{corr} = AMP / (Alt \text{ MI} / \text{Alt. méd. MI})$ ;  $CAD_{corr} = CAD \times (Alt. \text{ MI} / \text{Alt. méd. MI})^{1/2}$ , onde: Alt. MI = altura de membros inferiores e Alt. média MI = altura média de membros inferiores. A altura dos membros inferiores foi obtida diminuindo-se a altura do tronco da altura total (estatura) do indivíduo. Para se determinar a altura do tronco, era solicitado que o avaliado sentasse em um banco de altura padronizada, medindo-se a distância entre o chão e o vértex. Em seguida, subtraía-se dessa medida a altura do banco. A altura média de membros inferiores correspondia à média aritmética de todas as alturas de membros inferiores obtidas na amostra.

A resistência de membros inferiores foi estimada a partir do teste de marcha estacionária de dois minutos, conforme padronização proposta por Rikli e Jones<sup>(27)</sup>. O teste foi escolhido em virtude de sua relação com o nível de fadiga periférica (muscular), apesar de alguns adotarem-no como indicador da *endurance* cardiorrespiratória em sujeitos muito sedentários<sup>(28)</sup>. Inicialmente, era obtido o ponto médio da distância entre a patela e a crista ilíaca dos avaliados. Essa era a altura mínima em que os joelhos deveriam ser elevados durante o teste. Para controlar a altura correta dos joelhos, foram colocadas duas hastes lado a lado, amarradas por um elástico na altura determinada. Os joelhos deveriam tocar o elástico durante o teste. Ao comando, o sujeito iniciava o movimento com o membro inferior direito, simulando a marcha. A contagem ocorria toda vez que o joelho direito alcançava ou ultrapassava a altura mínima estabelecida. Caso o avaliado entrasse em fadiga e não conseguisse mais elevar o joelho até a altura mínima, devia-se interromper a contagem, sendo permitido que ele parasse a atividade e retornasse posteriormente, desde que ainda estivesse dentro dos dois minutos permitidos. Os sujeitos eram avisados quan-

do o teste atingia um minuto e quando faltavam 30 segundos para o final. O resultado final consistiu no número de vezes que o joelho direito alcançou a altura mínima nos dois minutos propostos. Foi permitido que o avaliado executasse algumas tentativas antes de iniciar realmente o teste, para familiarização. Ao final do teste, recomendava-se que andasse lentamente por alguns minutos a título de recuperação.

As medidas de flexibilidade de quadril e tornozelo foram feitas no plano sagital e no membro direito, com auxílio de um goniômetro universal do tipo protractor<sup>(29)</sup>. Para avaliação da articulação do quadril, o testado devia deitar-se sobre um banco acolchoado, em decúbito dorsal e com os joelhos estendidos. O avaliador colocava o goniômetro com o seu eixo central sobre o ponto trocântico, uma das hastes fixadas na parte lateral do tronco (sobre o prolongamento da linha axilar) e a outra na face externa da coxa em sua linha média, formando um ângulo de 180°. Em seguida, realizava-se a flexão do quadril com o joelho estendido, até o ponto máximo em que ocorria sensação de desconforto, registrando-se o ângulo formado entre o membro inferior e o banco. Se o avaliado começasse a dobrar o joelho, devia-se abaixar levemente o membro e fazer com que o indivíduo o estendesse completamente, levantando, então, novamente a perna. Para avaliação da articulação do tornozelo, o sujeito devia sentar-se, descalço, em um banco alto, de forma que seus pés não tocassem o chão e ficassem relaxados. O goniômetro foi posicionado com o seu eixo central sobre o ponto Sphirion, com uma das hastes fixa na parte externa da perna (sobre uma linha imaginária traçada do ponto Sphirion até o ponto tibial) e a outra, sobre uma linha traçada a partir do prolongamento do quarto metatarso (formando um ângulo de 90°). Foi realizado o movimento de flexão dorsal seguido de flexão plantar, somando-se os dois ângulos para obtenção do arco completo de movimento da articulação do tornozelo.

A força máxima para extensão de joelhos foi quantificada pelo teste de 1-RM no *leg-press*, conforme padronização proposta por Matsudo<sup>(28)</sup>. Como forma de preparação, foi permitido que o avaliado executasse uma série de cinco a dez repetições do exercício com uma carga equivalente a 40-60% de 1-RM (estimado ou percebido). Em seguida, procedia-se ao teste, que deveria envolver um máximo de seis tentativas. Os sujeitos foram desencorajados a realizar a manobra de Valsalva, devendo inspirar antes de realizar o movimento, expirar durante a fase positiva (concêntrica) e novamente inspirar quando o peso estivesse retornando à posição inicial (excêntrica). Adotou-se como resultado final do teste uma medida de força relativa, obtida pela razão entre a carga associada a 1-RM e o peso corporal do indivíduo.

A análise dos resultados compreendeu: a) estatística descritiva, para todas as variáveis; b) determinação do grau de associação interclasse entre as variáveis de força e flexibilidade e a amplitude e cadência do passo, tomadas isoladamente, pelo coeficiente de correlação de Pearson; c) cálculo de coeficiente de correlação múltipla entre amplitude e cadência do passo e a combinação das variáveis de força e de flexibilidade. Para tanto, amplitude e a cadência do passo foram adotadas, sucessivamente, como variáveis dependentes. Em cada um dos casos, as variáveis independentes foram, inicialmente, flexibilidade de tornozelo e quadril e, a seguir, força relativa e resistência relativa de membros inferiores; d) determinação do coeficiente de correlação canônico entre o conjunto de variáveis do passo (cadência e amplitude) e o conjunto de variáveis de flexibilidade e de força; e) cálculo dos escores canônicos para o conjunto das variáveis do passo, a partir da análise canônica. Esses escores foram considerados como indicadores do conjunto da eficiência da marcha. Posteriormente, foi calculada uma regressão múltipla seqüencial crescente (*forward stepwise*), com os escores canônicos representando a variável dependente e as demais (força e flexibilidade) representando as variáveis independentes. Em todos os casos, foi adotado um nível de significância de 5% para o erro do tipo I.

## RESULTADOS

A tabela 1 ilustra os resultados descritivos encontrados no que diz respeito aos parâmetros avaliados da amplitude média do passo corrigida (AMP), da cadência do passo corrigida (CAD), da flexibilidade das articulações do tornozelo (FLEXT) e quadril (FLEXQ) direito e, finalmente, da força (FORCAR) e resistência (RESISR) musculares. Foram utilizados, para o tratamento dos resultados, cálculos de correlação simples, correlação múltipla, análise canônica e regressão múltipla. Os resultados da análise estatística são apresentados nas tabelas 2, 3 e 4.

**TABELA 1**  
Valores referentes à mobilidade e aptidão muscular em sujeitos com mais de 60 anos (n = 25)

Variável	Média	Desvio padrão	Máximo	Mínimo
AMP (m)	0,70	0,09	0,86	0,52
CAD (passo/seg)	2,44	0,24	2,83	2,06
FLEXQ (graus)	73,2	13,3	90	38
FLEXT (graus)	48,6	7,1	63	34
FORCAR (carga/peso)	1,18	0,21	1,71	0,78
RESISR (rep)	90,3	14,2	126	64

**TABELA 2**  
Correlações simples e múltipla entre variáveis do passo (AMP + CAD) e componentes da aptidão muscular (n = 25)

Variável	FLEXQ (r)	FLEXT (r)	FORCAR (r)	RESISR (r)
AMP (simples)	0,28NS	0,12NS	0,36NS	0,66*
CAD (simples)	0,43NS	0,35NS	0,15NS	0,22NS
	FLEXQ + FLEXT		FORCAR + RESISR	
AMP (múltipla)	0,31NS		0,72*	
CAD (múltipla)	0,41NS		0,21NS	

**TABELA 3**  
Análise canônica entre as variáveis do passo (AMP + CAD) e medidas de flexibilidade (FLEXQ + FLEXT) e força (FORCAR + RESISR): r-canônico, variância e valores eigen (n = 25)

FLEXQ + FLEXT	r - canônico = 0,51 p = 0,48	
	Set esquerdo	Set direito
nº variáveis	2	2
variância extraída	100%	100%
Redundância geral	17,1%	19,8%
FORCAR + RESISR	r - canônico = 0,70 p = 0,04	
	Set esquerdo	Set direito
nº variáveis	2	2
variância extraída	100%	100%
Redundância geral	27,2%	29,4%
FLEXQ + FLEXT + FORCAR + RESISR	r - canônico = 0,79 p = 0,04	
	Set esquerdo	Set direito
nº variáveis	2	2
variância extraída	100%	46,9%
Redundância geral	40,2%	25,6%

**TABELA 4**  
Sumário dos resultados da regressão múltipla (escores canônicos x variáveis de força e flexibilidade) (n = 25)

Regressão múltipla	Variável dependente: escores canônicos (set direito) p < 0,0001 r = 0,95 r² = 0,90 erro padrão de estimação (SEE) = 0,35				
n = 25	Beta	SEE Beta	B	SEE B	P-level
Intercepto			7,5355	0,637538	0,00000
RESISR	-0,741416	0,74118	-0,05323	0,05322	0,00000
FORCAR	-0,381775	0,71832	-1,87035	0,351909	0,00033
FLEXQ	-0,340317	0,75803	-0,02645	0,005891	0,00022
FLEXT	0,204407	0,81256	0,02933	0,011660	0,02054

Os coeficientes de correlação de Pearson entre as variáveis amplitude e cadência do passo com a força, flexibilidade e resistência revelaram correlação significativa somente entre a amplitude e a resistência, com 66% de associação. Quando realizada uma análise por correlação múltipla entre a amplitude e a flexibilidade (FLEXQ + FLEXT), bem como entre a cadência e a flexibilidade (FLEXQ + FLEXT), não foram observados coeficientes significativos. Para as variáveis da força muscular (FORCAR + RESISR), por outro lado, a correlação foi significativa para a amplitude ( $p < 0,05$ ).

Os resultados para a análise canônica entre amplitude e cadência do passo e a flexibilidade (FLEXQ + FLEXT) e entre a amplitude e cadência do passo e as variáveis da força muscular (FORCAR + RESISR), são exibidos na tabela 3. Os coeficientes obtidos revelam aspectos interessantes: para as variáveis de flexibilidade (FLEXQ + FLEXT), o  $r$ -canônico ( $r_{can}$ ) não foi significativo ( $p = 0,48$ ), apesar de a associação não ter sido negligenciável ( $r_{can} = 0,51$ ). Para as variáveis da força (FORCAR + RESISR) a associação já foi forte o suficiente para detectar-se significância estatística ( $r_{can} = 0,70$ ,  $p = 0,04$ ). Quando foram correlacionadas todas as medidas dos CAM (FORCAR + RESISR e FLEXQ + FLEXT) com as variáveis do passo, porém, a associação revelou-se mais importante que com as medidas de força e flexibilidade tomadas isoladamente ( $r_{can} = 0,79$ ;  $p = 0,04$ ).

## DISCUSSÃO

O estudo teve como objetivo correlacionar a diminuição de amplitude e cadência do passo no idoso com o comportamento de componentes da aptidão muscular, mais especificamente força, resistência e flexibilidade de membros inferiores. Para tanto, lançou-se mão de estratégias de correlação simples e multivariada, bem como de regressão múltipla. Algumas limitações decorrem da adoção das técnicas estatísticas utilizadas, que devem ser notadas. Na verdade, a análise canônica é uma estratégia estatística multifatorial que, idealmente, deveria ser aplicada apenas em amostras com mais de 50 sujeitos<sup>(30)</sup>, já que sua potência precisa ser elevada para que significância estatística seja obtida. Stevens<sup>(31)</sup> sugere que essa quantidade de casos seja necessária para que associações razoavelmente importantes (da ordem de 0,70) sejam identificadas.

Como se pode observar na tabela 3, os coeficientes canônicos ( $r_{can}$ ) obtidos não foram reduzidos, situando-se entre 0,51 (no caso das variáveis da flexibilidade) e 0,79 (quando todas as variáveis foram analisadas em conjunto). No primeiro caso, deve-se considerar a possibilidade da não-significância estatística ter decorrido de erro do tipo II. O fato de o coeficiente de correlação obtido na regressão múltipla, entre os escores canônicos calculados para cada indivíduo e as variáveis da aptidão muscular, ter sido elevado ( $r = 0,95$ ) tende a reforçar essa opinião. De qualquer forma, pode-se afirmar que a associação isolada com as variáveis da força foi maior do que com as de flexibilidade, confirmando os resultados obtidos na correlação simples e múltipla. No entanto, quando se analisa o padrão de passo como um todo, correlacionando o conjunto de AMP e CAD com a aptidão muscular, a análise canônica revela algo que não pôde ser demonstrado pela análise de AMP e CAD isoladamente. O excelente  $r_{can}$  obtido para a relação entre as variáveis do passo e os quatro indicadores da aptidão muscular foi superior ao  $r_{can}$  obtido para flexibilidade e força tomados de maneira isolada. Isso sugere que, quando considerado o desempenho geral da marcha, a análise da interação da amplitude de movimentos nos membros inferiores (flexibilidade) com resistência e força relativas seria mais importante do que a observação de cada um destes componentes por si.

De certa forma, isso confirma o que é veiculado pela literatura, no sentido de que o aprimoramento dos componentes da aptidão muscular pode levar a um incremento do potencial de marcha. As evidências indicam que idosos caminham mais lentamente que

jovens<sup>(6,13,25,32)</sup>. Isso ocorreria, principalmente, em virtude de uma redução da amplitude das passadas, associada a um declínio da flexibilidade de quadril e tornozelos e da força dos músculos flexores do tornozelo e dos extensores e flexores do joelho<sup>(3,6,33,34)</sup>. Isso seria, de certa forma, compensado pelo aumento da cadência e do tempo da fase de apoio do passo<sup>(6,35-37)</sup>, ainda que com um contato mais curto do calcanhar com o solo<sup>(19)</sup>.

Alguns autores detectaram que o treinamento da força e flexibilidade poderia concorrer com uma melhora da velocidade da marcha e, portanto, da amplitude e cadência do passo, entre outros fatores limitadores da marcha<sup>(23,24,38-40)</sup>. Fiatarone *et al.*<sup>(41)</sup>, em estudo muito citado na literatura, constataram que a força muscular e velocidade de marcha em idosos com idade avançada (entre 87 e 90 anos) aprimoraram-se cerca de 113% e 12%, respectivamente, após um treinamento de resistência de 10 semanas com intensidade de 80% da força máxima. Na mesma linha, Ades *et al.*<sup>(42)</sup> demonstraram que três meses de treinamento com pesos resultou em incremento da capacidade submáxima de marcha (80% do pico de consumo de oxigênio) em indivíduos de 65 a 79 anos de idade. Aqueles que treinaram melhoraram seu tempo em nove minutos (de  $25 \pm 4$  min para  $34 \pm 9$  min), representando um ganho de cerca de 38%. Lord *et al.*<sup>(43)</sup> também identificaram melhorias significativas na velocidade habitual de marcha em idosos, após 22 semanas de treinamento envolvendo atividades de força, equilíbrio e flexibilidade.

Hausdorff *et al.*<sup>(5)</sup> publicaram extensa análise da gênese das instabilidades da marcha que foi feita junto a um grupo de 67 homens e mulheres com mais de 70 anos de idade. Além de investigar as limitações que poderiam estar na origem dos comprometimentos constatados, foi aplicado um programa de treinamento doméstico de seis meses, em delineamento randomizado controlado, visando o desenvolvimento da força muscular e do equilíbrio. Os autores chegaram à conclusão de que as razões para as mudanças no padrão de marcha são muitas, mas que incrementos gerais (mesmo que moderados), na função muscular de membros inferiores, podem contribuir decisivamente para reduzir a instabilidade deambulatoria. As modificações no padrão de marcha de pessoas idosas, de certa forma, também podem ser uma tentativa de compensar limitações fisiológico-funcionais.

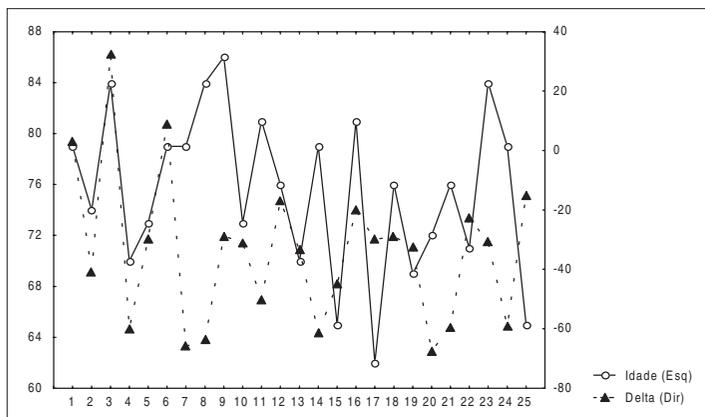
Nesse aspecto, Menz *et al.*<sup>(6)</sup> relataram que, em comparação com sujeitos mais jovens, os idosos adotam um padrão mais conservador de marcha, caracterizado por uma velocidade reduzida, menor amplitude de passo e maior variabilidade de freqüência, o que tende a se agravar em superfícies irregulares. Dentre os fatores que contribuem para a adoção desse padrão, os autores deram especial destaque à redução da força muscular dos membros inferiores. Ringsberg *et al.*<sup>(3)</sup>, por sua vez, constataram, em 230 mulheres com mais de 75 anos, que déficits de força nos movimentos de extensão e flexão do joelho e tornozelo estariam mais associados ao desempenho na marcha do que ao próprio equilíbrio estático ou dinâmico. Enfim, Judge *et al.*<sup>(34)</sup> chegaram a conclusões semelhantes às já descritas no que diz respeito ao padrão de marcha em idosos, mas relataram que o impacto dos movimentos de tornozelo (flexão e extensão), tanto por déficits de força quanto de flexibilidade, teriam maior influência na amplitude do passo do que os associados aos movimentos do joelho ou quadril.

De forma geral, portanto, é bem aceito que o declínio dos CAM tende a afetar desfavoravelmente a marcha, provocando uma diminuição da amplitude e/ou da cadência do passo. Assim, não é surpreendente que a análise de regressão múltipla tenha revelado boa correlação entre os componentes da aptidão muscular (FORCAR + FLEXQ + FLEXT + RESISR) e os escores fatoriais calculados a partir dos pesos canônicos atribuídos a AMP e CAD, no set esquerdo da equação da análise canônica. Os escores fatoriais podem ser vistos como indicadores da qualidade da marcha, uma vez oriundos das medidas de amplitude e cadência do passo (tabela 4). De fato, obteve-se uma equação cujo coeficiente de ajusta-

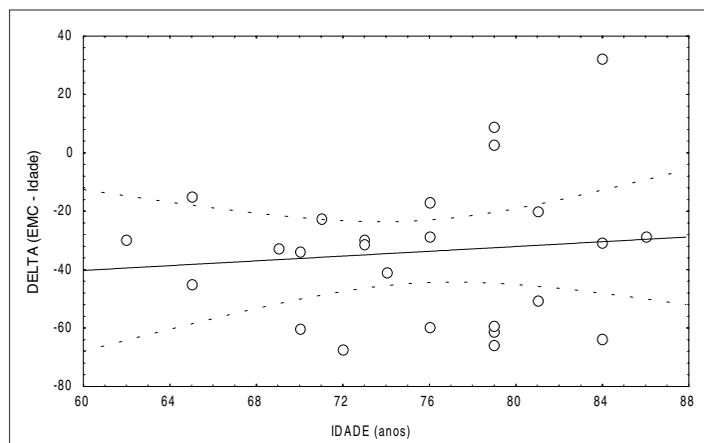
mento foi de 0,90, o erro padrão da estimativa situou-se dentro de limites aceitáveis (SEE = 0,35) e alto nível de significância ( $p < 0,0001$ ). Nesse sentido, se quiséssemos prever a eficiência da marcha a partir das variáveis de aptidão muscular aqui observadas, poder-se-ia trabalhar com uma equação do tipo:  $EMB = 7,53 - 0,26(FLEXQ) + 0,29(FLEXT) - 1,87(FORCAR) - 0,05(RESISR)$  e  $EMF = 7(EMB) + 76$ , onde,  $EMB =$  *escore de marcha bruto*,  $EMF =$  *escore de marcha final*.

Como se vê, o resultado final da equação foi transformado em escores proporcionais à média de idade e desvio padrão encontrado na amostra. O *escore de marcha bruto* (EMB) é de interpretação mais difícil, uma vez os escores fatoriais tendo como característica exibirem média 0 e desvio padrão igual a 1, semelhante ao que se vê nos escores Z. A estratégia adotada de transformação dos escores segue o mesmo princípio da Escala T, que corrige os valores preditos para uma média de 50 e um desvio padrão de 10 (para detalhes, ver Thomas, Nelson<sup>(44)</sup>). No entanto, preferiu-se utilizar a idade dos indivíduos como parâmetro de comparação, o que, além de eliminar valores negativos do resultado final da equação, facilita a interpretação. Um indivíduo cujo EMB esteja na média da amostra analisada terá um *escore de marcha final* (EMF) aproximadamente igual à média de idade obtida, e assim por diante. Estratégia semelhante foi adotada por Kim e Tanaka<sup>(45)</sup>, no desenvolvimento de índice de autonomia funcional.

Com isso, pode-se ter uma idéia do déficit em termos de marcha pela comparação com a idade cronológica. Um indivíduo com 65 anos de idade e um EMF de 35 provavelmente tem as variáveis do passo melhor preservadas que um outro de mesma idade, mas com EMF de 80. A figura 1 ilustra o procedimento de comparação, exibindo a idade cronológica dos 25 sujeitos e a diferença obtida entre o EMF e esses valores (delta = EMF-idade). Como se pode perceber, o delta é sistematicamente menor que zero, sugerindo uma tendência à menor eficiência da marcha em indivíduos idosos – isso, inclusive, poderia ser tomado como evidência da validade conteúdo da equação proposta. No entanto, as diferenças parecem manter-se mais ou menos constantes, independentemente dos valores da idade. Isso indica que sujeitos mais idosos tenderiam a exibir modificações progressivamente desfavoráveis nas variáveis do passo, o que resultaria na manutenção do delta entre idade cronológica e EMF. Essa possibilidade foi confirmada pelo traçado do gráfico das relações entre idade e delta, com cálculo do coeficiente de correlação entre estas variáveis. O coeficiente de Pearson não se revelou significativo ( $p = 0,61$ ). A figura 2, além disso, demonstra que a evolução do delta com a idade assemelha-se a uma reta paralela ao eixo das abscissas, com ligeira tendência a aumentar nas idades mais avançadas.



**Fig. 1** – Idade cronológica dos 25 sujeitos observados e diferença obtida entre o escore de marcha final (EMF) e estes valores (delta = EMF-idade cronológica)



**Fig. 2** – Evolução do delta (escore de marcha final-idade cronológica) com a idade ( $r = 0,11$ ;  $p = 0,61$ ). Linhas pontilhadas representam intervalo de confiança fixado em 95%.

O teste de amplitude e cadência do passo pode representar, portanto, uma forma rápida e simples de se verificar a fragilidade do idoso em uma atividade importante do cotidiano, no caso a marcha. Uma vez constatado que o idoso apresenta limitação em uma das variáveis, cabe, então, a realização de outros testes que analisem os componentes da aptidão muscular separadamente, como os que foram propostos neste estudo. Com isso, pode-se observar em que aspecto a limitação é maior, se na flexibilidade, força, resistência muscular ou em mais de uma qualidade física.

## CONCLUSÕES

Apesar do acúmulo de evidências sugerindo que a preservação dos CAM tende a contribuir com a manutenção de padrões de marcha adequados à vida autônoma em idosos, dificilmente são encontradas pesquisas que tenham analisado a aptidão muscular como um conjunto único de variáveis inter-relacionadas e sua associação com os componentes da marcha. O presente estudo teve por objetivo realizar uma análise correlacional da amplitude e cadência do passo, características essenciais da marcha humana, com os componentes da aptidão muscular (CAM), mais especificamente flexibilidade, força e resistência muscular em indivíduos com mais de sessenta anos de idade. Os resultados obtidos permitiram chegar às seguintes conclusões: a) as variáveis amplitude e cadência do passo estão associadas aos CAM, conforme evidenciado pelo r-canônico ( $r_{can} = 0,79$ ); b) a amplitude do passo parece ser mais influenciada pela força do que pela flexibilidade, mais notadamente pela resistência muscular; c) a inter-relação conjunta dos vários CAM (flexibilidade, resistência e força de membros inferiores) com a eficiência geral do passo parece ser mais importante do que a associação entre esta e cada um daqueles componentes, tomados isoladamente.

*Todos os autores declararam não haver qualquer potencial conflito de interesses referente a este artigo.*

## REFERÊNCIAS

1. Pendergast DR, Fisher NM, Calkins E. Cardiovascular, neuromuscular and metabolic alterations with age leading to frailty. *J Gerontol* 1993;48:61-7.
2. Phillips WT, Haskell WL. 'Muscular fitness' – Easing the burden of disability for elderly adults. *J Aging Phys Activity* 1995;3:261-89.
3. Ringsberg K, Gerdhem P, Johansson J, Obrant KJ. Is there a relationship between balance, gait performance and muscular strength in 75-year-old women? *Age Ageing* 1999;28:289-93.
4. Kell RT, Bell G, Quinney A. Musculoskeletal fitness, health outcomes and quality of life. *Sports Med* 2001;31:863-73.

5. Hausdorff JM, Nelson ME, Kaliton D, Layne JE, Bernstein MJ, Nuernberger A, Fiatarone Singh MA. Etiology and modification of gait instability in older adults: a randomized controlled trial of exercise. *J Appl Physiol* 2001;90:2117-29.
6. Menz HB, Lord SR, Fitzpatrick RC. Age-related differences in walking stability. *Age Ageing* 2003;32:137-42.
7. Shkuratova N, Morris ME, Huxham F. Effects of age on balance control during walking. *Arch Phys Med Rehabil* 2004;85:582-8.
8. Guyatt GH, Thompson PJ, Berman LB, Sullivan MJ, Townsend M, Jones NL, Pugsley JO. How should we measure function in patients with chronic heart and lung disease? *J Chron Dis* 1985;38:517-24.
9. Cunningham DA, Paterson DH, Himann JE, Rechnitzer PA. Determinants of independence in the elderly. *Can J Appl Physiol* 1993;18:243-54.
10. Guralnik JM, Ferrucci L, Simonsick EM, Salive ME, Wallace RB. Lower extremity function in persons over the age of 70 years as a predictor of subsequent disability. *N Engl J Med* 1995;332:556-61.
11. Sonn U, Frändin K, Grimby G. Instrumental activities of daily living related to impairments and functional limitations in 70 year-old and changes between 70 and 76 years of age. *Scand J Rehabil Med* 1995;27:119-28.
12. Woo J, Ho SC, Yu AL. Walking speed and stride length predicts 36 months dependency, mortality, and institutionalization in Chinese aged 70 and older. *J Am Geriatr Soc* 1999;47:1257-60.
13. Bosscher RJ, Van Der Aa H, Van Dasler M, Deeg DJH, Smit JH. Physical performance and physical self-efficacy in the elderly. *J Aging & Health* 1995;7:459-75.
14. Cress ME, Schechtman KB, Mulrow CD, Fiatarone MA, Gerety MB, Buchner DM. Relationship between physical performance and self-perceived physical function. *J Am Geriatr Soc* 1995;43:93-101.
15. Gama EV, Damian JE, Perez de Molino J, Lopez MR, Lopez Perez M, Gavira Iglesias FJ. Association of individual activities of daily living with self-rated health in older people. *Age Ageing* 2000;29:267-70.
16. Jylha M, Guralnik JM, Balfour J, Fried LP. Walking difficulty, walking speed, and age as predictors of self-rated health: the women's health and aging study. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 2001;56:M609-17.
17. Maki BE. Gait changes in older adults: predictors of falls or indicators of fear. *J Am Geriatr Soc* 1997;45:313-20.
18. Nagasaki H, Itoh H, Hashizume K, Furuna T, Maruyama H, Kinugasa T. Walking patterns and finger rhythm of older adults. *Percept Mot Skills* 1996;82:435-47.
19. Lockhart TE, Woldstad JC, Smith JL. Effects of age-related gait changes on the biomechanics of slips and falls. *Ergonomics* 2003;46:1136-60.
20. Daley MJ, Spinks WL. Exercise, mobility and aging. *Sports Med* 2000;29:1-12.
21. Muhlberg W, Sieber C. Sarcopenia and frailty in geriatric patients: implications for training and prevention. *Z Gerontol Geriatr* 2004;37:2-8.
22. Stel VS, Smit JH, Pluijm SM, Lips P. Consequences of falling in older men and women and risk factors for health service use and functional decline. *Age Ageing* 2004;33:58-65.
23. Daniels MAL, Worthingham C. Provas de função muscular: técnicas de exame manual. Rio de Janeiro: Guanabara, 1987.
24. Bassey EJ, Fiatarone MA, O'Neill EF, Jelly M, Evans WJ, Lipsitz LA. Leg extensor power and functional performance in very old men and women. *Clin Sci* 1992;82:321-7.
25. Williams K, Bird M. The aging mover: a preliminary report on constraint to action. *Int J Aging Hum Develop* 1992;34:241-55.
26. Vandervoort AA, Chesworth BM, Cunningham DA, Paterson DH, Rechnitzer PA, Kovall JJ. Age and sex effects on mobility of the human ankle. *J Gerontol Med Sci* 1992;47:M17-21.
27. Rikli RE, Jones CJ. Development and validation of a functional fitness test for community-residing older adults. *J Aging Phys Activity* 1999;7:129-61.
28. Matsudo SMM. Avaliação do idoso – física e funcional. Londrina: Midiograf, 2000.
29. Kendall FP, McCreary EK, Provance PG. Músculos: provas e funções. 4ª ed. São Paulo: Manole, 1995.
30. Morrow JR, Jackson AW, Disch JG, Mood DP. Measurement and evaluation in human performance. Champaign: Human Kinetics, 1995.
31. Stevens J. Applied multivariate statistics for the social sciences. Hillsdale: Erlbaum, 1986.
32. Brach JS, Berthold R, Craik R, VanSwearingen JM, Newman AB. Gait variability in community-dwelling older adults. *J Am Geriatr Soc* 2001;49:1646-50.
33. Bendall MJ, Bassey EJ, Pearson MB. Factors affecting walking speed of elderly people. *Age Ageing* 1989;18:327-32.
34. Judge JO, Davis RB 3rd, Ounpuu S. Step length reductions in advanced age: the role of ankle and hip kinetics. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 1996;51:M303-12.
35. Murray PM, Kory RC, Clarkson BH. Walking patterns in healthy old men. *J Gerontol* 1969;24:169-78.
36. Kaneko M, Morimoto Y, Kimura M, Fuchimoto K, Fuchimoto T. A kinematic analysis of walking and physical fitness testing in elderly women. *Can J Sport Sci* 1991;16:223-8.
37. Maruyama H, Kinugasa T. Walking patterns and finger rhythm of older adults. *Percept Motor Skills* 1996;82:435-47.
38. Sipilä S, Multanen J, Kallinen M, Era P, Suominen H. Effects of strength and endurance training on isometric muscle strength and walking speed in elderly women. *Acta Physiol Scand* 1996;156:457-64.
39. Buchner DM, Cress ME, de Lateur BJ, Esselman PC, Margherita AJ, Price R, et al. The effect of strength and endurance training on gait, balance, fall risk, and health services use in community-living older adults. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 1997;52:M218-24.
40. Kozakai R, Tsuzuku S, Yabe K, Ando F, Niino N, Shimokata H. Age-related changes in gait velocity and leg extension power in middle-aged and elderly people. *J Epidemiol* 2000;10(1 Suppl):S77-81.
41. Fiatarone MA, Marks EC, Ryan ND, Meredith C, Lipsitz LA, Evans WJ. High intensity strength training in nonagenarians: effects on skeletal muscle. *JAMA* 1990;263:3029-34.
42. Ades PA, Ballor DL, Ashikaga T, Utton JL, Nair KS. Weight training improves walking endurance in healthy elderly persons. *Ann Intern Med* 1996;124:568-72.
43. Lord SR, Lloyd DG, Nirui M, Raymond J, Williams P, Stewart RA. The effect of exercise on gait patterns in older women: a randomized controlled trial. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 1996;51:M64-70.
44. Thomas JR, Nelson JK. Research methods in physical activity. 4th ed. Champaign: Human Kinetics, 2001.
45. Kim SH, Tanaka K. The assessment of functional age using 'activities of daily living' performance tests: a study of Korean women. *J Aging Phys Activity* 1995; 3:39-53.