

DETERMINAÇÃO DA DIFERENÇA ENTRE A VELOCIDADE FISIOLÓGICA E A VELOCIDADE PADRÃO DA MARCHA EM MULHERES ADULTAS JOVENS

Pereira MC¹, Carvalho AO¹, Gomes AP¹, Oliveira CS², Fregni FSM^{1,2}, Monteiro W³

1. Laboratório de Biodinâmica do Movimento Humano, Curso de Fisioterapia, Faculdade de Ciências da Saúde, Universidade do Vale do Paraíba.

2. Laboratório de Marcha e Equilíbrio, Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento, Universidade do Vale do Paraíba.

3. Docente do Curso de Fisioterapia, Faculdade de Pindamonhangaba - FAPI.

Resumo: O deslocamento do corpo humano, através do espaço, é realizado por meio de mudanças cíclicas da colocação dos pés no solo, denominado marcha. Através da sua avaliação, torna-se possível traçar métodos terapêuticos com base na análise quantitativa (cinemática e cinética) dos aspectos do movimento humano durante a realização desta tarefa. Portanto o objetivo deste trabalho foi analisar o efeito das diferentes velocidades (fisiológica vs. padrão) em 10 mulheres adultas jovens, nas variáveis derivadas da força vertical resultante de reação do solo (FVRRS) durante a marcha. Para isto foi utilizada uma esteira rolante instrumentada do sistema Gaitway™/Kistler Inc. Os resultados obtidos mostraram que dentre as variáveis analisadas apenas as variáveis cinéticas Primeiro Pico de Força, Segundo pico de Força não apresentaram diferenças significativas à análise realizada. Portanto podemos concluir que a deambulação em diferentes velocidades gerou alterações nas variáveis temporais e cinemáticas analisadas. Observou-se ainda que velocidades fisiológicas geram uma maior variabilidade nos dados apresentados pelos indivíduos analisados com relação à velocidade padrão. Sendo assim a utilização da velocidade fisiológica para determinação de comportamentos locomotores não é a ferramenta mais indicada, visto que eventuais alterações apresentadas se devem a diferença de velocidade dos indivíduos e não às eventuais alterações neuromusculoesqueléticas apresentadas por estes.

Palavras-chave: Velocidade da Marcha e Biomecânica.

Área do Conhecimento: Ciências da Saúde.

Introdução

O termo *marcha* é definido como a maneira de deslocar o corpo de um lugar para outro através do espaço, por meio da mudança cíclica da colocação dos pés ao solo, com o menor gasto energético, postura aceitável e estabilidade adequada. (PEREIRA et al. 1999) A avaliação do movimento humano é a “*mola mestra*” da ação terapêutica em várias condições patológicas. A partir desta avaliação os profissionais podem traçar objetivos e selecionar métodos terapêuticos fidedignos fundamentados em análises quantitativas das características do movimento humano. (ALENCAR et al. 1999)

Para a avaliação dos aspectos da marcha humana são utilizados desde métodos simples como análises qualitativas dos movimentos por meio de avaliações visuais das fases da marcha, até formas mais sofisticadas como quantificação dos vetores de força resultante de reação do solo a partir da utilização de uma esteira rolante instrumentada. (HAMILL; KNUTZEN, 1999). Portanto, informações cinemáticas e cinéticas geram modelos que determinam as características dos movimentos com relação aos aspectos

fisiológicos e patológicos durante o andar. Sendo assim a comunidade científica busca, a partir destes modelos, um entendimento comprobatório a respeito das características fisiológicas dos parâmetros da marcha humana. Dentre inúmeros focos de discussão destaca-se a determinação de valores de referência para a velocidade da marcha adotada por indivíduos em uma análise. Sabe-se que anualmente são publicados inúmeros trabalhos que analisam os aspectos da marcha em diferentes populações de indivíduos. Apenas no ano de 2005 foram registrados aproximadamente 127 artigos publicados na revista *Gait and Posture* (<http://www.sciencedirect.com/science/journal/09666362>). Entretanto quase todos os trabalhos apresentados demonstram a falta de padronização da velocidade da marcha. Esta falta de padronização pode, eventualmente, ser um gerador de alterações nas variáveis analisadas.

A partir destas considerações a proposta do presente estudo foi analisar o efeito das diferentes velocidades (fisiológica vs. padrão) e suas implicações nas variáveis derivadas da força vertical resultante de reação do solo em mulheres adultas jovens. A hipótese central investigada neste experimento foi fundamentada em conceitos

da Física (área da mecânica), que diz que o aumento da velocidade de movimento (linear ou angular) é inversamente proporcional ao tempo de realização do movimento. Ou seja, indivíduos que deambularem em velocidades fisiológicas maiores que a velocidade padrão estipulada, apresentarão suas variáveis temporais diminuídas significativamente.

Materiais e Métodos

Participaram do estudo 10 mulheres adultas jovens com idade variando entre 20 a 30 anos. Todas as mulheres analisadas foram selecionadas e encaminhadas por um médico responsável, a fim de descartar quaisquer alterações que comprometam a coleta de dados. Após exame clínico as mulheres foram encaminhadas para análise quantitativa da marcha.

Para realizar a coleta de dados referente à marcha foi utilizada uma Esteira Rolante Instrumentada do Sistema Gaitway™. Esta esteira possui sob seu carpete um sistema de plataformas com transdutores de força piezoelétricos da marca Kistler Inc.

Nesta esteira foi possível controlar a velocidade durante a marcha, bem como, coletar as variáveis derivadas da Força Vertical Resultante de Reação do Solo (FVRRS – *representa os valores de todas as forças atuantes no corpo que geram uma resultante no sentido vertical*).

O procedimento experimental durante a coleta dos dados constou primeiramente de uma fase de adaptação de 10 minutos. Após esse período, foram realizadas 5 aquisições de dados para cada condição analisada (velocidade fisiológica e padrão). A frequência de amostragem dos dados da esteira foi padronizada em 1000 Hz e o tempo para aquisição dos dados em 10 segundos. A velocidade selecionada para coleta da marcha, considerada padrão, foi de 3 km/h para todos os indivíduos (WATERS et al. 1988). Já a velocidade fisiológica foi selecionada a partir das seguintes considerações: Primeiro foi estipulado uma distância padrão de 15 metros, sendo a distância inicial ($s_{0=0}$) e a distância final ($s_{1=15}$). Em seguida, os indivíduos analisados foram orientados a percorrer esta distância por 3 vezes, a fim de se obter o tempo em que os indivíduos levariam para percorrer a distância total. Assim, foram quantificados o tempo inicial (t_0) e o final (t_1), e a partir destes dados calculou-se a velocidade média dita como *fisiológica* por meio da seguinte

$$\text{equação matemática: } Vm \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{s1 - s0}{t1 - t0}.$$

Para análise da marcha humana, foram quantificadas as variáveis derivadas da FVRRS, sendo estas as *variáveis cinemáticas, temporais e cinéticas*.

Além destas variáveis analisamos ainda a cadência dos indivíduos. Esta representa o número de passos por minuto expressa a partir da seguinte expressão matemática:

$$Cad = \frac{120}{\sum t_{ptotal}(min)} * tempodecoleta(min)$$

onde 120 corresponde a média padronizada para o número de passos de acordo com o estudo apresentado por Winter et al. (1984), e $\sum t_{ptotal}$ a somatória do tempo da passada total em minutos multiplicado pelo tempo total da coleta (também em minutos).

A normalização dos dados dos sujeitos foi realizada, considerando 3 variáveis. Os valores como primeiro pico de força e segundo pico de força (PPF e SPF) foram normalizados pelo peso corporal de cada indivíduo, assim como força no apoio médio (FAM). A taxa de aceitação de peso (TAP) e a taxa retirada de peso (TRP) foram normalizadas levando em consideração o peso corporal de cada sujeito dividido pela porcentagem temporal do ciclo da marcha no primeiro e segundo momento da curva de força sob o domínio temporal respectivamente. Já os valores relativos às variáveis temporais como, tempo do passo (TPO), tempo de contato (TC), tempo de duplo apoio (TDA) e tempo de apoio simples (TAS), tempo para o primeiro pico de força (TPPF) e tempo para o segundo pico de força (TSPF), foram normalizados pelo tempo que representa 100% dos eventos contidos em um ciclo da marcha. Portanto o tempo utilizado foi o tempo da passada (TPA) de cada indivíduo. Além, das variáveis citadas acima normalizadas, foram analisadas também TPA, razão entre o primeiro e o segundo pico de força (RPSPF) e cadência (CAD).

A partir dos valores médios das cinco aquisições de dados realizadas durante a marcha em plano horizontal, para cada indivíduo foi investigado os efeitos *intra-grupo* visando analisar as diferenças entre os diferentes tempos de adaptações dos sujeitos e *entre-grupos* visando determinar as alterações entre as variáveis apresentadas pelos indivíduos por meio do teste ANOVA (*fator duplo*). Para identificar onde estas possíveis diferenças possam ser representativas nas diferentes variáveis, utilizamos um *“post hoc”* teste, (*Tukey Test HSD*). A significância estatística será definida em $p \leq 0.05$.

Resultados

A média dos valores obtidos a partir da análise dos valores das variáveis: PPF, SPF, TAP, FAM, RPSPF, TRP, TDA, TAS, TC, TPPF, TSPF, CAD, TPA e TPO, durante a velocidade fisiológica e padrão, estão descritos na **Tabela 1**. Cabe ressaltar que durante todas as etapas do procedimento experimental, não houveram

quaisquer intercorrências (de natureza física ou emocional) em todas as mulheres analisadas, que pudessem comprometer os dados apresentados neste experimento.

Tabela 1: Valores referentes à análise estatística dos valores médios de dez indivíduos, para as variáveis derivadas da FVRRS, nas seguintes condições: i) marcha em velocidade fisiológica (V/Fisiol.) e ii) marcha em velocidade padrão (V/Pad.). * para valores significantes a análise de variância ANOVA (fator único).

Variáveis	V/Fisiol.		V/Pad.		V/Fisiol.		V/Pad.		ANOVA/Tukey-Kramer (p<0,05)		
	Md.		Md.		Dp.		Dp.		E	D	N/S
	E	D	E	D	E	D	E	D			
PPF	1.07	1.07	1.04	1.04	0.32	0.32	0.08	0.08	-	-	0.83
SPF	1.12	1.12	0.97	1.07	0.35	0.35	0.02	0.02	-	-	0.23
TAP	6.18	5.94	4.33	4.40	0.67	0.67	0.05	0.05	0.001*	0.01*	-
FAM	0.79	0.78	0.89	0.89	0.20	0.20	0.01	0.01	0.04*	0.041*	-
RPSP	0.93	0.95	0.97	0.98	0.41	0.41	0.04	0.04	-	-	0.45
TRP	10.53	10.37	8.92	8.87	2.15	2.15	0.27	0.27	0.001*	0.001*	-
TAS	0.39	0.38	0.44	0.45	0.03	0.03	0.03	0.03	0.021*	0.024*	-
TC	0.81	0.59	0.75	0.75	0.012	0.012	0.01	0.01	0.01*	0.001*	-
TPPF	0.15	0.14	0.24	0.22	0.06	0.06	0.02	0.02	0.01*	0.01*	-
TSPF	0.47	0.57	0.47	0.57	0.01	0.01	0.06	0.06	0.01*	0.01*	-
CAD	BI		BI		BI		BI		BI		
	114.42		93.26		12.21		5.05		0.007*		
TDA	0.22		0.32		0.02		0.008		0.04*		
TPA	1.07		1.28		0.09		0.06		0.001*		
TPO	0.63		0.63		0.05		0.01		0.03*		

[V/Fisiol.] = Velocidade Fisiológica de deambulação dos indivíduos.
 [V/Pad.] = Velocidade Padrão de deambulação dos indivíduos analisados.
 [Md.] = Média das coletas dos dados para cada indivíduo analisado.
 [Dp.] = Desvio padrão obtidos a partir dos dados médios apresentados por cada indivíduo.
 [N/S] = Para dados não significantes.
 [BI] = Para variáveis dependentes da utilização dos dois membros que geram apenas um resultado (Bilateral).

Variáveis Cinéticas

Das 6 variáveis cinéticas analisadas metade das variáveis demonstraram alterações significantes em seu comportamento. A TAP apresentou seus valores maiores (bilateralmente) na velocidade fisiológica quando comparado aos valores da velocidade padrão. Assim como esta variável, a TRP apresentou o mesmo comportamento. Já a FAM apresentou seus valores menores em velocidade fisiológica quando comprado aos valores apresentados em velocidades padrão. O **Gráfico 1** representa esquematicamente o comportamento apresentado pelas variáveis cinéticas analisadas.

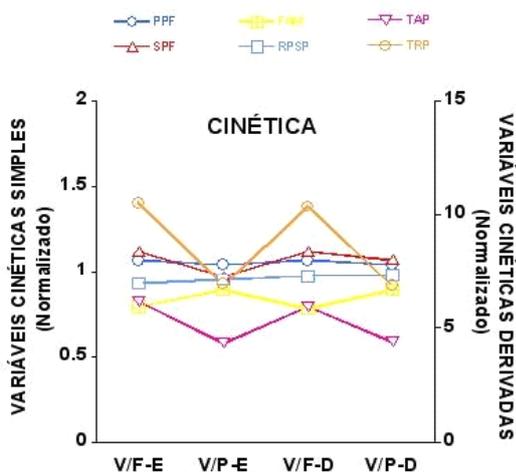


Gráfico 1: Representação esquemática dos valores médios obtidos a partir da análise das variáveis cinéticas simples (PPF, SPF, FAM, RPSP) e derivadas (TRP e TAP), em velocidades fisiológica e padrão (bilateralmente).

Variáveis Temporais

Os resultados apresentados pelas variáveis temporais revelaram que todas as variáveis analisadas apresentaram diferenças significantes, onde o TPA, TPO, TDA, TAS, TC, TPPF e TSPF, apresentaram seus valores diminuídos na velocidade fisiológica quando comparado aos valores apresentados pela velocidade padrão. O **Gráfico 2** representa esquematicamente o comportamento apresentado pelas variáveis temporais analisadas.

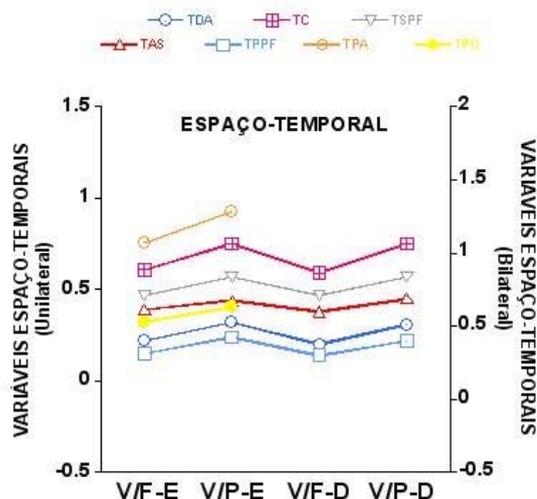


Gráfico 2: Representação esquemática dos valores médios obtidos a partir da análise das variáveis temporais unilaterais (TDA, TPA e TPO) e bilaterais (TAS, TC, TPPF, TSPF), em velocidades fisiológica e padrão.

Variável Cinemática

Já o resultado obtido a partir da análise da variável cadência (CAD), demonstrou que a mesma apresentou um acréscimo significativo em seus valores durante a realização da marcha em velocidade fisiológica. O **Gráfico 3** representa esquematicamente o comportamento apresentado pela variável analisada.

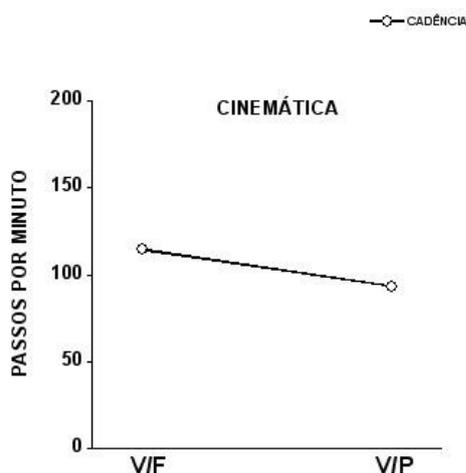


Gráfico 3: Representação esquemática dos valores médios obtidos a partir da análise da variável CAD em velocidades fisiológica e padrão.

Discussão

O presente estudo demonstrou grande variabilidade nos valores médios das variáveis durante a marcha em velocidade fisiológica em relação à padrão como proposto inicialmente em nossa hipótese central.

Investigação da Hipótese Central

Grande parte dos estudos encontrados mostra uma ausência em se padronizar a velocidade da marcha dos indivíduos analisados. Dentre inúmeros estudos podemos citar o realizado por Leiper; Craik (1991). Em seu trabalho estes autores analisaram 1815 indivíduos com idade acima de 70 anos, concluindo que o aumento da idade gera diminuição dos valores da velocidade da marcha apresentada por idosos, seguido da diminuição do tempo da passada e do passo, quando comparado com os valores apresentados por mulheres adultas jovens. Öberg et al. (1993) analisaram a mesma amostra de indivíduos se preocupando em determinar as características da velocidade da marcha em 233 indivíduos, com idade variando em 10 e 79 anos. Estes autores identificaram um aumento da cadência em idosos quando comparado aos valores apresentados por homens da mesma faixa etária. As análises apresentadas em nossa discussão sugerem que os efeitos do envelhecimento são mais evidenciados em mulheres do que em homens da mesma idade. Mais do que isso, que alterações como diminuição nas características temporais desta tarefa são as grandes alterações inerentes ao “processo fisiológico do envelhecimento” (ÖBERG et al. 1994). Na verdade as alterações encontradas nestes estudos têm mais haver com a falta de controle experimental do que com o processo de

envelhecimento. Quanto a isso não há dúvidas de que este processo interfira nas variáveis analisadas por estes autores. Entretanto a partir dos resultados obtidos em nosso trabalho fica claro que a ausência da padronização da velocidade da marcha nos estudos anteriores determina o “benefício da dúvida” em seus resultados. Sabemos que diferenças antropométricas como a estatura entre os indivíduos pode levar á alterações em variáveis como cadência. Podemos citar como exemplo uma análise entre dois indivíduos da mesma idade, que apresentam diferentes estaturas. Se esta análise fosse proferida, observaremos que o indivíduo com estatura superior tende a apresentar uma maior velocidade de sua marcha. Isto lhe possibilita percorrer a mesma distância que o indivíduo de menor estatura, mais rapidamente em menor tempo. O resultado disso seria um aumento da sua freqüência de passos por minuto (cadência) e uma diminuição dos seus valores temporais. Este simples exemplo demonstra a importância em se padronizar a velocidade da marcha antes de compararmos dados entre dois ou mais indivíduos com diferentes características antropométricas. Devemos nos lembrar ainda que em nossa análise, a média da velocidade fisiológica apresentada pelos indivíduos foi [Md. 4.2 Km/h] e o desvio padrão de [Dp.=0.4]. Sendo assim diferenças de aproximadamente 1.2 Km/h geram alterações em variáveis temporais e cinemáticas derivadas da FVRRS. Sabendo ainda que a variabilidade entre os valores médios, da velocidade fisiológica, dos indivíduos analisados, não foi grande, neste momento, o leitor pode se questionar a respeito da ausência de comparação das variáveis analisadas pelos indivíduos em diferentes velocidades. De fato esta análise não foi realizada. Primeiro por não ser o foco do estudo e segundo que “nem foi preciso!” A **Tabela 1** traz os valores dos [Dp.] das variáveis analisadas em velocidades fisiológicas e padrão. Ocorreu que mínimas variações de velocidade entre os indivíduos geraram grandes variabilidades nos dados de todas as variáveis analisadas. Portanto a velocidade fisiológica gera alterações ao ser comparada a velocidades padronizadas, bem como a velocidades fisiológicas entre os indivíduos.

Outro resultado importante está relacionado ao fato das alterações obtidas nas variáveis cinéticas TAP e TRP. Alterações encontradas nestas variáveis fundamentam-se na lógica da diminuição dos tempos (TPPF e TSPF) respectivamente e não nos componentes de força de reação (PPF e SPF). Sendo assim, podemos considerar que estas alterações, na verdade, não são alterações cinéticas “puras” ou verdadeiras. Pois não foram influenciadas pela força e sim pelo tempo referente às fases de aplicação destas forças.

Conclusão

Este estudo revela a necessidade em se padronizar a velocidade da marcha ao analisarmos indivíduos que apresentem diferentes características antropométricas. Vimos ainda que a diferença de 1.2 Km/h entre a velocidade fisiológica e a padrão, são suficientes para gerar alterações em variáveis temporais. Portanto para mérito de comparação de valores derivados da FVRRS (entre diferentes indivíduos), preconiza-se a utilização da velocidade fisiológica apenas quando se comparar valores de um indivíduo com ele mesmo.

Referências Bibliográficas

ALENCAR, J.F., MARINHO, L.F., LUCENA, B.A., GOMES, J., MEDEIROS, M.L. Análise cinemática da marcha em pacientes hemiparéticos tratados no serviço de fisioterapia da UFPB, 1999.

HAMILL, J; KNUTZEN, KM; Cinemática Linear. In: **Bases Biomecânicas do Movimento Humano**. 1ª edição; São Paulo: Manole Ltda, p228-367, 1999.

LEIPER, C.I.; CRAIK, R.L. Relationship between physical activity and temporal-distance characteristics of walking in elderly women. **Phys. Ther.** v.71, p.791-803, 1991.

ÖBERG, T.; KARSZINIA, A.; ÖBERG, K. Basic parameters: reference data for normal subjects, 10-79 years of age. **J. Rehabil. Res. Dev.** v.30, p.210-233, 1993.

ÖBERG, T.; KARSZINIA, A.; ÖBERG, K. Joint angle parameters in gait: reference data for normal subjects, 10-79 years of age. **J. Rehabil. Res. Dev.** v.31, p.199-213, 1994.

PEREIRA, L.S.M, BASQUES, F.V; MARRA, T.A. Avaliação da marcha em idosos. **O mundo da saúde**. São Paulo, Ano 23 v. 23 n. 4 Julho/Agosto, 1999.

WATERS, R.L. et al. Energy-speed relationship of walking: standard tables. **J. Orthop. Res.** v.6, p.215-222, 1988.

WINTER, D.A. Kinematic and kinetic patterns in human gait. Variability and compensating effects. **Hum. Mov. Sci.** v.3, p.51-76, 1984.

(<http://www.sciencedirect.com/science/journal/09666362>).