

Caracterização Cinética e Cinemática da Marcha de Indivíduos Adultos Obesos

H Sousa¹, R. Santos^{2,3}, J Vilas-Boas^{4,5}, M Vaz^{6,7}, S Abreu⁸, M Peduzzi⁹

¹ Estudante de Doutoramento da Faculdade de Desporto. Universidade do Porto.
Porto, Portugal

² Prof. Coordenador, Escola Superior de Tecnologia da Saúde do Instituto Politécnico do Porto,
Vila Nova de Gaia, Portugal

³ Director do Centro de Estudos de Movimento e Actividade Humana, Escola Superior de Tecnologia da
Saúde do Instituto Politécnico do Porto,
Vila Nova de Gaia, Portugal

⁴ Prof. Doutor, Faculdade de Desporto. Universidade do Porto.

⁵ Director do Laboratório de Biomecânica (LABEMEC) da FADE-UP, CIF²D

⁶ Prof. Doutor, Faculdade de Engenharia. Universidade do Porto
Porto, Portugal

⁷ INEGI Faculdade de Engenharia. Universidade do Porto
Porto, Portugal

⁸ Bolseiro de Investigação Laboratório de Biomecânica (LABMEC), Faculdade de Desporto- Universidade do
Porto

⁹ Bolseiro de Investigação Laboratório de Biomecânica (LABMEC), Faculdade de Desporto- Universidade do
Porto,
Porto, Portugal

RESUMO

O presente estudo apresenta a caracterização cinemática e cinética da marcha de indivíduos obesos. Envolveu instrumentos como Pedar-Novel, para recolha de dados da pressão plantar; Plataforma Bertec 4060-10, para dados de Força de Reacção ao Solo (FRS), Câmaras digitais Sony, 50Hz para ângulos do pé; IPAQ para dados de actividade física.

Foram seleccionados indivíduos com $IMC \geq 30 \text{Kg/m}^2$, para o grupo experimental e com $IMC \leq 30 \text{Kg/m}^2$ para o grupo controlo.

Os resultados mostraram pelos valores de FRS e respectivos tempos de ocorrência que indivíduos obesos, quando comparados com indivíduos eutróficos, exercem forças superiores ocasionando uma sobrecarga mecânica ao nível do sistema músculo-esquelético.

Palavras-chave: obesidade, marcha, FRS, actividade física

ABSTRACT

This study presents the characterization of gait kinematics and kinetics of obese individuals. Instruments involved as Novel Pedar to collect plantar pressure data; Platform BERTEC 4060-10, data for the Ground Reaction Force (GRF), Sony digital cameras, 50Hz angles to the foot; IPAQ data for physical activity.

We selected individuals with a $BMI \geq 30 \text{Kg/m}^2$ for the experimental group and a $BMI \leq 30 \text{Kg/m}^2$ for the control group. The results showed the values of GRF and their times of occurrence that obese individuals compared with normal individuals have superior forces causing a mechanical overload at the level of the musculoskeletal system.

Keywords: obesity, walking, GRF, Physical Activity

1. INTRODUÇÃO

Segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS), a obesidade é uma “Doença na qual o excesso de gordura corporal se acumulou a tal ponto que a saúde pode ser afectada” (WHO, 1998).

A obesidade pode ser definida como sendo uma “acumulação excessiva” do tecido adiposo, resultado do excesso de ingestão energética quando comparado com a quantidade de energia gasta no metabolismo basal e na sua vida de relação (Saldanha, 1999; Fisberg, 2006).

A obesidade afecta cerca de 15 a 17% da População Portuguesa. Portugal, a exemplo do que acontece em outros países da Europa, apresenta nos últimos anos um aumento significativo de indivíduos obesos (Campos, 2007).

A obesidade está relacionada com factores genéticos, balanço energético inadequado e estilos de vida. Vários estudos relacionam a diminuição dos níveis de actividade física como um dos factores primordiais para o aparecimento desta pandemia (Carmo, 2001, Faleiro, 2006).

Esta condição de saúde está relacionada com o aparecimento de algumas co-morbilidades como o aparecimento de Diabetes Mellitus tipo II, hipertensão, doenças cardiovasculares e problemas osteo-articulares (DeVita, 2003; WHO, 2000).

A obesidade está associada à sobrecarga mecânica no aparelho locomotor, às alterações funcionais do pé. A marcha é uma das actividades que se recomenda no tratamento da obesidade, contudo tal actividade pode ser crítica do ponto de vista biomecânico para estes indivíduos (Wearing, 2006).

As implicações persistentes da obesidade no sistema locomotor durante actividades como a marcha estão ainda pouco estudadas (Wearing, 2006).

No caso de indivíduos obesos, diferentes estudos apontam que o excesso de peso exerce influências no sistema postural, gerando forças anormais sobre o aparelho locomotor. Forças de impacto sobre os ossos e articulações são afectadas pelo peso corporal. A teoria biomecânica sugere que a obesidade leva ao aumento das pressões e das forças sobre as articulações, resultando em activação dos mecanismos de degradação da cartilagem articular (Calvete, 2004, Radominski, 1998).

Sabe-se que o transporte de uma sobrecarga consubstancia-se num stress biomecânico aumentado sobre os tecidos e sistemas do corpo humano, especialmente sobre os do sistema locomotor e da manutenção postural. Aqueles que estão sujeitos a sobrecarga de forma transitória, ou possivelmente intermitente, poderão encontrar soluções de compensação relativamente eficazes, mas mesmo assim não definitivas, para as situações particulares de carga (Dowling, 2001, Fabris, 2006, Hills, 2001).

O **objectivo** geral deste trabalho de investigação consiste, portanto, na caracterização cinemática e cinética da marcha de indivíduos obesos.

2. METODOLOGIA

A **amostra** é constituída por um grupo experimental (7 indivíduos adultos obesos, $IMC \geq 30$, de ambos os sexos); um grupo controlo (20 indivíduos adultos, $IMC \leq 30$, de sexo feminino).

2.1. Instrumentos

Para Força de Reacção ao Solo (FRS):

- Plataforma de Forças Bertec 4060-15
- Amplificador Bertec AM 2000
- BIOPAC
- Uma unidade de sincronização
- Um computador

Os sinais foram tratados recorrendo ao software Acqknowledge versão 3.9.0

Para Pressão Plantar: PEDAR (Firma Novel), constituído por:

- Palmilhas de vários tamanhos (de acordo com o do indivíduo)
- Caixa de sincronização, ligando as palmilhas a uma unidade de controlo de sincronização
- Unidade de interface (sincronização) entre as palmilhas e o computador.
- Transformador, para ligar a caixa de interface á rede eléctrica
- Cintas de velcro de forma a ajustar os cabos das palmilhas às pernas do sujeito em estudo

Para estudo dos ângulos entre a perna e pé

Câmaras de vídeo digital SONY (50 Hz): marcadores reflectores, colocados no tuberosidade tibial, calcâneo, 1º metatarso.

Para digitalização e o processamento 3D das imagens recolhidas, utilizou-se o software Divideo e Matlab.

International Physical Activity Questionnaire- Short Version (IPAQ- Versão Curta), questionário desenvolvido para medição da actividade física de uma população adulta. É constituído por 8 questões divididas por três categorias distintas de exercício físico: actividades de baixa intensidade, intensidade moderada e intensidade vigorosa. As respostas a cada questão são obtidas por a frequência, duração da actividade física, sendo estes valores submetidos a uma fórmula específica para calcular o coeficiente metabólico (METS-minutos). (Pardini, 2001)

2.2. Procedimentos

As recolhas foram realizadas no Laboratório de Biomecânica da Faculdade de Desporto- UP.

Antes de se iniciar a recolha, era explicado o objectivo do estudo e obtido o consentimento informado. Seguidamente os indivíduos preenchiam o questionário de IPAQ.

Após esclarecimento de qualquer dúvida, os indivíduos eram instrumentados com as palmilhas e os marcadores reflectores.

Seguidamente cada indivíduo experimentava passar ao longo da passarele (onde estava encastrada a plataforma), para que se adaptasse.

Após esta fase, cada indivíduo deslocou-se a uma velocidade auto-seleccionada ao longo de um estrado plano e liso.

Foram recolhidos dados referentes a três ensaios considerados válidos, de cada passagem sobre a plataforma (pé direito). Neste estudo foram realizadas medições de forças, tempos, pressões e ângulos associados á fase de apoio da marcha.

3. RESULTADOS

A FRS durante a marcha apresenta dois picos, o primeiro relacionado à fase de ataque ao solo (Fz1) e o segundo á fase de propulsão (Fz2).

Neste estudo foi possível observar que os indivíduos obesos apresentam valores superiores nas componentes de FRS quando comparados com indivíduos com peso normal. Os valores encontrados, nos obesos, para o primeiro pico de Fz1 ($2,2 \pm 0,08$) é estatisticamente significativo ($p = 0,00$), no entanto os valores do tempo de apoio não apresentam qualquer diferença significativa ($p = 0,60$). Deste achado é possível inferir que estes indivíduos na fase de ataque ao solo necessitam de realizar uma força superior, quando comparados com o grupo controlo. No respeitante á fase de propulsão encontram-se diferenças estatísticas tanto no que diz respeito ao valor de Fz2 ($1,23 \pm 0,08$) como ao tempo de apoio ($p = 0,01$ e $p = 0,01$, respectivamente).

A componente antero-posterior (Fy) apresentam também diferenças significativas entre os dois grupos, $p = 0,09$. Realçando que o grupo de indivíduos obesos demoram mais tempo na fase de travagem ($p = 0,00$).

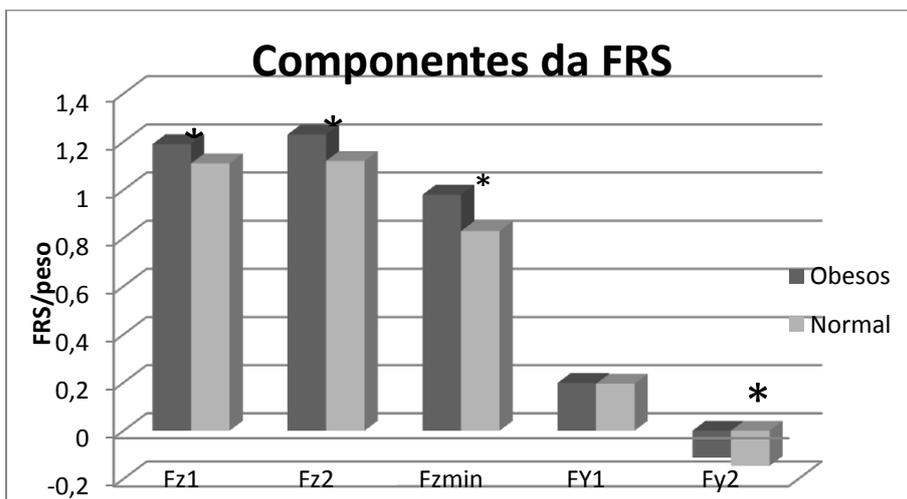


Gráfico 1. Valores da FRS relativamente á fase de apoio da marcha, valores normalizados ao peso corporal
* $p \leq 0,05$

Na amostra em estudo, quando avaliadas as pressões plantares, verificou-se que o pé dos indivíduos obesos apresentava valores mais altos no retopé na fase de ataque ao solo, enquanto na fase de propulsão essas pressões eram mais altas na zona do antepé (metatarsos e hálux).

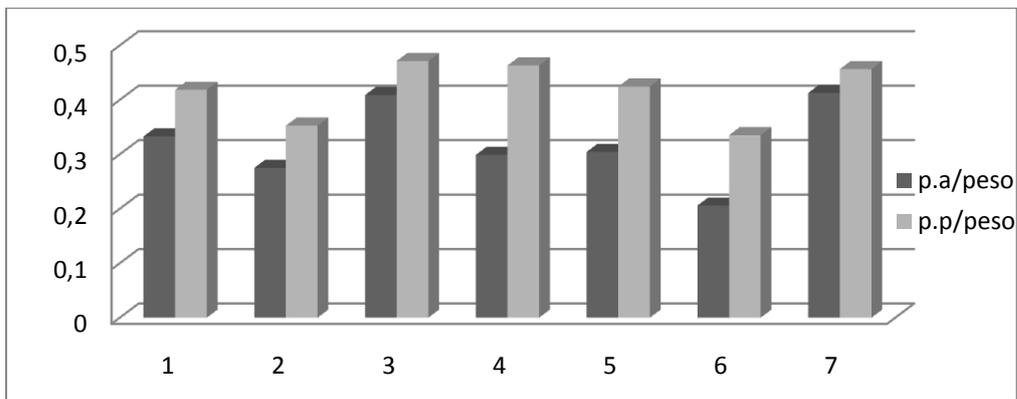


Gráfico 2. Valores de Pressão Plantar relativamente á fase de apoio da marcha, valores normalizados ao peso corporal

CINEMÁTICO

Ao nível cinemático foi analisado os valores do ângulo relativo entre a perna e o pé, descrito segundo Winter (Winter, 1991).

Os valores médios observados na fase de ataque ao solo são da ordem de 87° desvio padrão igual a 6.8. Na fase de propulsão os valores foram em média de 86.2° ; desvio padrão de 4.2.

Os resultados médios do **IPAQ** mostram que os indivíduos desta amostra podem ser considerados indivíduos com um nível de AF moderada (600MET) e o grupo controlo como A.F. intensa (3000 MET).

4. DISCUSSÃO / CONCLUSÃO

A marcha é uma das actividades que se recomenda no tratamento da obesidade podendo constituir de facto uma actividade difícil de executar se atendermos á sobrecarga que acarreta para o sistema musculoesquelético. Sabe-se que a obesidade é um dos factores que altera os padrões da marcha, devido ás adaptações necessárias para suportar a sobrecarga a que as articulações estão sujeitas (Calvete, 2004).

O estudo da FRS constitui uma das mais importantes grandezas para a análise biomecânica do movimento da marcha humana. Esta componente mostrou ter um padrão constante e repetitivo apesar da variabilidade que a actividade da marcha apresenta (Sacco, 2001).

Da análise dos dados da FRS e respectivos tempos de ocorrência foi possível observar que neste estudo os indivíduos obesos, quando comparados com indivíduos de peso normal, exercem forças de valor superior ocasionando uma sobrecarga mecânica ao nível do sistema músculo-esquelético.

Os valores normais para os picos de FRS, são da ordem de 10 a 20% do peso corporal e de F_y são de cerca de 20%, quando normalizado ao peso corporal (Winter, 1991).

Na amostra em estudo os resultados observados apontam que as componentes de FRS são superiores quando comparado ao grupo controle. Estes dados vêm de encontro aos encontrados em outros estudos que envolveram o transporte de cargas como mochilas e em grávidas. De facto o aumento do peso corporal ocasiona valores mais elevados nas componentes de FRS. (Winter, 1991 Lopes, 2000; Santos, 2005, Machado, L., 2010).

Relativamente ao tempo de apoio este não diferiu significativamente quando comparamos os dois grupos, não sendo mais elevados nos indivíduos com maior peso. Contudo este parâmetro não vem de encontro aos estudos realizados em crianças obesas, em que os tempos na fase de apoio tendem a ser a maiores do que os encontrados para crianças de peso normal (Mota e Link, 2001).

Uma das possíveis explicações para este achado poderá ser de que estes sujeitos adoptaram como estratégia a aplicação de valores mais elevados de força, tanto na fase de ataque ao solo, como na de propulsão compensando deste modo os valores do tempo de apoio.

O conhecimento da distribuição plantar é essencial para se detectar em que as zonas do pé a sobrecarga á maior (McPoil e Orlin, 2000; Dowling, 2004).

No respeitante aos valores de pressão plantar, em indivíduos obesos, nem sempre os vários estudos são consonantes. Se por um lado alguns referem que os valores das pressões plantares são mais elevados outros apontam que os valores são mais baixos. A justificação destes valores tem a ver com o achatamento do arco plantar ocasionando uma maior área para distribuição das pressões (Teh, 2005, Filippin, 2008).

Contudo na grande maioria dos estudos realizados verifica-se um aumento nos valores de pressão plantar em indivíduos obesos, quando comparados com indivíduos de peso normativo (Gravante, 2003, Hills, 2001). Diferentes investigações mostram que em indivíduos com sobrepeso as zonas do pé que estão mais sobrecarregadas são o retropé na fase de ataque ao solo e o antepé (cabeça dos metatarsos) na fase de propulsão. (Hills, 2001, Dreup, 2003). O mesmo foi verificado na amostra em estudo, em que os valores encontrados tanto no retropé como no mediopé são substancialmente mais elevados do que o grupo controle (Birtane, 2004).

No respeitante aos ângulos do tornozelo desenvolvidos por esta amostra observa-se que apresentam valores médios mais elevados do que indivíduos não obesos.

Estudos feitos com crianças que transportam mochilas e em grávidas evidenciam resultados semelhantes aos encontrados neste estudo (Rocha, 2008, Santos 2005).

No entanto a literatura refere que estes ângulos em indivíduos eutróficos são de 55° a 60° tanto na fase de ataque ao solo como da propulsão (Moriguchi, 2007).

Do presente estudo é possível concluir que a marcha dos indivíduos obesos apresenta características diferentes dos indivíduos não obesos.

5. REFERÊNCIAS

World Health Organization. (1998). Report of a WHO Consultation on Obesity. Defining type problem of overweight and obesity. Obesity, preventing and managing the global epidemic. Geneva.

Saldanha, H. (1999). Nutrição Clínica. Lousã. Lidel.

Fisberg RM, Bueno MB. (2006). Comparação de três critérios de classificação de sobrepeso e obesidade entre pré-escolares. Rev. Bras Saúde Matern Infant, 6:480-483.

Campos A, Gomes C. (2007) Inquérito Nacional de Saúde: obesidade cresce a ritmo acelerado. Público, 6.

Carmo, I. (2000). Prevalence of obesity in Portuguese population. *Int J Obesity*. 24 (suppl1): S19

Faleiro, JGV. (2006). Obesidade, Actividade Física e Estatuto Socioeconómico. Porto: Universidade do Porto

DeVita P, Hortobághyi. (2003). Obesity is not associated with increased knee joint torque and power during level walking. *Journal of Biomechanics*, 36:1355-1362.

WHO. (2000). Obesity: preventing and managing the global epidemic. Report of a WHO consultation. World Health Organization Technical Report, Serie 894, 1-253.

Wearing, S.C., Hennig, E.M. (2006). "The biomechanics of restricted movement in adult obesity." *Obes Rev*. 7(1): 13-24.

Calvete, S.A. (2004). "A relação entre alteração postural e lesões esportivas em crianças e adolescentes obesos" Motriz, Rio Claro, 10(2), 67-72

Radominski, S.C. (1998). "Obesidade e doenças músculo-esqueléticas" Ver. Bras. Reumatol. 38(5)

Birtane, M. Tuna, H. (2004). "The evaluation of plantar pressure distribution in obese and non-obese adults." *Clin Biomech (Bristol, Avon)* 19(10): 1055-9.

Dowling, A. M., J. R. Steele. (2001). "Does obesity influence foot structure and plantar pressure patterns in prepubescent children?" *Int J Obes Relat Metab Disord* 25(6): 845-52.

Fabris, S. M., A. C. Valezi. (2006). "Computerized baropodometry in obese patients." *Obes Surg* 16(12): 1574-8.

Hills, A. P., Hennig, E.M. (2001). "Plantar pressure differences between obese and non-obese adults: a biomechanical analysis." *Int J Obes Relat Metab Disord* **25**(11): 1674-9.

Pardini, R., Matsudo, S., Araújo, (2001). Validação do Questionário Internacional de Nível de Actividade Física (IPAQ-versão 6): estudo piloto em adultos jovens brasileiros. *Rev. Brasileira Ciência Mov* **9**, (3): 45-51.

Winter, D.A. (1991). *The Biomechanics and Motor Control of Human Gait*. Waterloo: University Waterloo Press.

Lopes, J.T.F. (2002). *O Transporte de Cargas em Mochilas Escolares e o Desenvolvimento Harmonioso das Crianças*. Faculdade de Ciências do Desporto e Educação Física. Porto, Universidade do Porto.

Santos, R.M. (2005). Caracterização da marcha da grávida desportista (2a 8 meses) Optimização de uma palmilha para adaptar o calçado "normal" à situação específica. Dissertação de Doutoramento, FADEUP

Machado, L., Castro, M., Abreu, S., Sousa, H., Gonçalves, P., Sousa, F., Santos, R., Pinto, V., Vaz, M., Vilas-Boas, J.P. (2010). ANALYSIS OF THE BACKPACK LOAD EFFECTS ON THE HUMAN GAIT. ISBS2010 Conference, Marquette, USA

Mota, C.B., Link, D.M. (2001). Análise cinemática do andar em crianças obesas. *Brazilian Journal of Biomechanics*, **2**:13-17.

McPoil, T.G., Cornwall, M.W. (2000). Plantar Pressure Assessment. *Physical Therapy*. **80**:399-409

Dowling, A. M., J. R. Steele. (2004). "What are the effects of obesity in children on plantar pressure distributions?" *Int J Obes Relat Metab Disord* **28**(11): 1514-9.

Teh, E., Teng, L.F., Acharya, R.U., Ha, T.P., Goh, E., Min, L.C. (2006) Static and frequency domain analysis of plantar pressure distribution in obese and non-obese subjects. *Journal of Bodywork and Movement, Therapies*, **10**, 127-133. www.intl.elsevierhealth.com/journals/jbmt.

Filippin NT, Sacco ICN, Barbosa VLP, Costa PHL. (2008). Estudo da distribuição das pressões plantares em crianças obesas: efeitos de um programa de intervenção. *Rev Bras Educ Fisi Esp*, **22**, 11.

Gravante, G., Russo, G., Pomara, F. (2003). Comparison of ground reaction forces between obese and control young adults during quiet standing on a baropodometric platform. *Clinical Biomechanics*, **18**, 780-782.

Dreup, B., Tilborn, D., Wetz, H. (2003). Effect of weight load and carrying conditions on plantar peak. *Orthopade*, **32**(3):207: 12.

Birtane, M., Tuna, H. (2004). "The evaluation of plantar pressure distribution in obese and non-obese adults." *Clin Biomech* **19**(10): 1055-9

Rocha, J., Barbosa, T.M. (2007). Estudo preliminar da cinemática da locomoção de crianças em idade escolar transportando mochilas às costas. 7º Congresso Nacional de Mecânica Experimental-CNME

Moriguchi, C.S., Sato, T., Coury, H.J. (2007). Ankle movements during normal gait evaluated by flexible electrogoniometer. *Rev. Bras. Fisiter.*, **11** ISSN 141-3555