



**Marcha do Obeso: Avaliação a Três Velocidades Distintas das
Forças e Pressões Plantares Antes e Após Cirurgia Bariátrica.**

Mafalda Sofia Nogueira Cortez
Setembro, 2012

Cortez, M. (2012). Marcha do Obeso: Avaliação a Três Velocidades Distintas das Forças e Pressões Plantares Antes e Após Cirurgia Bariátrica. Porto: Dissertação de Mestrado apresentada à Faculdade de Desporto da Universidade do Porto.

PALAVRAS-CHAVE: OBESIDADE, CIRURGIA BARIÁTRICA, BIOMECÂNICA DA MARCHA, DINAMOMETRIA.

“Deus quer, o homem sonha, a obra nasce”

Fernando Pessoa, Mensagem

Dedicatória

***AOS MEUS PAIS... TINA E MIGUEL
À MINHA MANA...INÊS***

Pelo amor incondicional!

Agradecimentos

A realização deste trabalho só foi possível graças à ajuda e colaboração de um conjunto de pessoas a quem quero deixar expresso o meu sincero agradecimento.

Gostaria de começar por agradecer ao Professor Doutor Leandro Machado, orientador deste trabalho, por todas as sugestões, esclarecimentos, críticas e ajudas. Durante todo o trabalho procurou sempre dar indicações do caminho a seguir, predispondo e incutindo, logo desde o início, uma ambição pela qualidade. Um especial obrigado por todo o apoio emocional e incentivo. Foi um privilégio para mim ter um orientador tão profissional, competente e Humano.

Ao Professor Doutor Davide Carvalho, coorientador deste trabalho, pelas oportunidades dadas, pela sua disponibilidade e ajuda e pelos seus ensinamentos ao longo deste tempo que tanto contribuíram para aumentar o meu conhecimento acerca do tema em questão. Obrigado pelas palavras de conforto e pelo incentivo para seguir em frente.

Ao Marcelo e à Sofia por todo o conhecimento transmitido, pelo apoio, auxílio e paciência ao longo deste processo. Obrigado por estarem sempre disponíveis, com o seu abraço e com o seu sorriso. O vosso apoio foi fundamental para levar este desafio a “bom porto”.

Ao Professor Doutor João Paulo Vilas-Boas por permitir a utilização do laboratório para a recolha de dados e por me incentivar a participar nos projetos do laboratório, fazendo-me “crescer”.

A todos os professores e funcionários do Gabinete de Biomecânica da FADE-UP. Um especial agradecimento à Professora Doutora Filipa Sousa e à Mestre Denise Soares pela disponibilidade e boa disposição.

Ao Professor Doutor Rubim Santos pela disponibilização do sistema de palmilhas Pedar e pelo auxílio no tratamento de alguns dados.

À Professora Doutora Paula Freitas, à Doutora Maria João Matos, e a toda a equipa, por toda ajuda prestada e pela disponibilidade na recolha dos dados. Obrigado pela forma gratuita com que me receberam na vossa equipa.

Ao Hospital S. João que me permitiu contactar os seus doentes a fim de concretizar a recolha de dados. A todos os doentes que integram a amostra pela sua total disponibilidade. Sem eles a realização deste trabalho não teria sido possível.

Ao Mestre Paulo Roriz, professor de biomecânica da licenciatura, com quem assimilei o gosto pela área da biomecânica. O tema do meu mestrado, foi surgindo a partir das variadas conversas que tivemos.

Ao meu amigo Rodrigo pela cooperação na elaboração gráfica e pelo apoio que sempre propiciou ao longo deste percurso.

Às minhas amigas e companheiras de casa Lídia e Margarida e à minha grande amiga Susaninha por todo o apoio, incentivo e carinho diário. São a minha “pequena família” de Figueira de Castelo Rodrigo.

A todos os meus amigos, pelo incentivo e pela força com que me apoiaram nos momentos mais complicados.

À minha família escutista...por tudo!

A todos aqueles que, mesmo não tendo sido aqui mencionados me ajudaram na concretização desta etapa.

Aos meus padrinhos por estarem sempre presentes na minha vida e pelo apoio incondicional que me têm oferecido gratuitamente.

À minha irmã Inês, por estar ao meu lado e por “aquele acreditar” em mim de um modo incondicional. É uma das minhas pedras basilares.

Um agradecimento muito especial aos meus pais por toda a compreensão, paciência, confiança e apoio incondicional com que sempre fui presenteada nos melhores e nos piores momentos, por todas aquelas palavras meigas e doces que nunca me deixaram desistir. Ao longo deste percurso, foram o meu alicerce.

Um agradecimento particular a ti, meu pai, por estares sempre disponível, pela ajuda na recolha, por acreditares em mim, por não me deixares “cair” e pela grandiosidade do teu amor.

Um agradecimento muito especial à minha querida mãe que mesmo no momento mais difícil da sua vida foi altruísta apoiando-me incondicionalmente, não me deixando desistir. Até ao final da sua vida acreditou em mim e demonstrou um amor infinito, por todos os que a rodeavam. Por ser uma força da natureza, exemplo que me deu forças para levar este projeto até ao fim. Mesmo não estando cá trago-a comigo no coração e sei que eu estou no dela, daí a “concretização” de tudo o que fiz, faço e sou.

Índice Geral

Dedicatória	I
Agradecimentos	III
Índice Geral	VII
Índice de Quadros	IX
Índice de Figuras	XI
Resumo	XV
Abstract	XVII
Lista de Abreviaturas e Símbolos	XIX
1. Introdução Geral e Estrutura da Dissertação	1
1.1. Introdução	3
1.2. Estrutura da Dissertação	5
1.3. Referências Bibliográficas	6
2. Revisão da Literatura	9
2.1. Obesidade	11
2.1.1. Classificação	11
2.1.2. Causas	12
2.1.3. Consequências	13
2.2. Tratamento Cirúrgico da Obesidade	14

2.3. Análise Biomecânica da Marcha	16
2.3.1. O Ciclo da Marcha	18
2.3.2. Análise Cinética do Ciclo da Marcha	22
2.4. Referências Bibliográficas	26
3. Marcha do obeso antes e após cirurgia bariátrica: Efeito da velocidade.	31
Mafalda Cortez, Marcelo P.Castro, Sofia Abreu, Maria João Matos, Paula Freitas, Leandro Machado, Davide Carvalho.	
4. Marcha do obeso: resultados da avaliação das forças de reação do solo e pressão plantar antes e após cirurgia bariátrica.	51
Mafalda Cortez, Marcelo P.Castro, Sofia Abreu, Maria João Matos, Paula Freitas, Leandro Machado, Davide Carvalho.	
5. Síntese e Considerações Finais	69
Anexos	XXI

Índice de Quadros

Capítulo 2

Quadro 2.1 – Risco de doença em relação ao peso e perímetro da cintura normais.	12
--	----

Capítulo 3

Quadro 3.1 – Média e desvio padrão das componentes vertical e ântero-posterior da força normalizada ao peso corporal (N/BW) e da força (N) absoluta antes e após a operação..	39
--	----

Quadro 3.2 – Média e desvio padrão do máximo de pressão plantar nas 10 regiões do pé.	41
--	----

Quadro 3.3 – Média e desvio padrão da área de contato plantar nas 10 regiões do pé.	43
--	----

Capítulo 4

Quadro 4.1 – Média e desvio padrão das componentes vertical e ântero-posterior da força de reacção do solo normalizada (N/BW) e absoluta (N) antes e após a perda de peso. ...	59
--	----

Índice de Figuras

Capítulo 2

Figura 2.1 – Bypass gástrico Roux-en Y.	15
Figura 2.2 – Áreas da análise biomecânica do movimento humano (adaptada de Baumann,1995,cit. por Amadio & Duarte,1996).	17
Figura 2.3 – Fases que compreendem um ciclo de marcha e respectivas percentagens (Adaptado de Vaughan, 1999).	20
Figura 2.4 – Percentagem da divisão da marcha nas suas fases (Adaptado de Cailliet, 1997).	21
Figura 2.5 – Plataforma de forças Bertec, unidade de amplificação e conversor A/D, PC.	22
Figura 2.6 – Sistema de cabos, conectores e palmilhas do Sistema Pedar da Novel.	22
Figura 2.7 – Linhas de força obtidas pela plataforma de forças durante a marcha: componentes vertical (F_z), ântero-posterior (F_y) e médio-lateral (F_x) (Viladot, 2003).	23
Figura 2.8 – Curva padrão da componente vertical da FRS, durante o apoio do pé no solo.	24
Figura 2.9 – Curva padrão da componente ântero-posterior da FRS durante o apoio do pé no solo.	24

Capítulo 3

Figura 3.1 – Divisão do pé em dez regiões: halux, outros dedos, antepé medial (APmed), antepé central (APcent), antepé lateral (APlat), mediopé medial (MPmed), mediopé lateral (MPlat), retropé medial (RPmed), retropé central (RPcent) e retropé lateral (RPlat). 38

Figura 3.2 – Comparação entre as pressões de cada região nas velocidades lenta (L), autosseleccionada (A) e rápida (R) antes da cirurgia bariátrica. 42

Figura 3.3 – Comparação entre as pressões de cada região nas velocidades lenta (L), autosseleccionada (A) e rápida (R) após a cirurgia bariátrica. 42

Capítulo 4

Figura 4.1 – Divisão do pé em dez regiões: hálux, outros dedos, antepé medial (APmed), antepé central (APcent), antepé lateral (APlat), mediopé medial (MPmed), mediopé lateral (MPlat), retropé medial (RPmed), retropé central (RPcent) e retropé lateral (RPlat). 58

Figura 4.2 – Comparação dos valores médios do pico de pressão em cada região antes e após a cirurgia a uma velocidade lenta (70 passos/minutos). As diferenças estatisticamente significativas estão assinaladas com *. 60

Figura 4.3 – Comparação dos valores médios do pico de pressão em cada região antes e após a cirurgia a uma velocidade autosseleccionada. As diferenças estatisticamente significativas estão assinaladas com *. 60

Figura 4.4 – Comparação dos valores médios do pico de pressão em cada região antes e após a cirurgia a uma velocidade rápida (120 passos/minutos). As diferenças estatisticamente significativas estão assinaladas com *. 61

Figura 4.5 – Comparação dos valores médios das áreas de contacto em cada região antes e após a cirurgia a uma velocidade lenta (70 passos/minutos). As diferenças estatisticamente significativas estão assinaladas com *.	61
Figura 4.6 – Comparação dos valores médios das áreas de contacto em cada região antes e após a cirurgia a uma velocidade autosseleccionada. As diferenças estatisticamente significativas estão assinaladas com *.	62
Figura 4.7 – Comparação dos valores médios das áreas de contato em cada região antes e após a cirurgia a uma velocidade rápida (120 passos/minutos). As diferenças estatisticamente significativas estão assinaladas com *.	62

Resumo

A obesidade é um problema emergente de saúde pública com implicações sérias na qualidade de vida e no desenvolvimento de comorbidades, provocando distúrbios no aparelho locomotor, com implicações na marcha. O objetivo do nosso trabalho foi analisar o efeito da velocidade da marcha e da perda de peso consequência de cirurgia bariátrica nas componentes da força de reação do solo e nas pressões plantares e áreas de contacto em dez regiões do pé. Seleccionamos 14 indivíduos com uma média de idades $37,4 \pm 7,6$ anos e IMC médio de $47,0 \pm 3,1 \text{ kg/m}^2$. Determinaram-se as características da dinâmica da marcha a três velocidades distintas no pré-operatório e seis a oito semanas após a operação. Para analisarmos as componentes da força de reação do solo usamos uma plataforma de forças e para a distribuição da pressão plantar, foi utilizado um sistema de palmilhas transdutoras de pressão. Observou-se uma redução de peso de 13,2%. Na análise dinamométrica, encontraram-se diferenças significativas ($p < 0,05$) nas diversas velocidades em algumas variáveis da força normalizada (F_{z1} , F_{zvale} e F_{z2}), dos valores absolutos da força (F_{z1} , F_{zvale} , F_{z2} e pico de aceleração), da pressão plantar (AP_{cent} e MP_{med}) e das áreas de contato (“outros dedos”, AP_{med} , AP_{cent} , MP_{med} , RP_{med} , RP_{cent} e RP_{lat}). Comparando as velocidades, na análise inicial das componentes da força normalizada encontramos diferenças em F_{zvale} , F_{z2} , força no pico de travagem e no pico de aceleração, e nos valores absolutos em F_{zvale} , força nos picos de travagem e de aceleração. Após a perda de peso encontramos diferenças nas componentes da força. No que respeita aos picos de pressão, foram encontradas diferenças nas regiões dos “outros dedos”, antepé central e lateral e nas três zonas do retopé. Concluiu-se que a velocidade tem uma influência moderada no padrão de marcha e que a perda de peso tem implicações biomecânicas no padrão de marcha. Os nossos resultados sugerem que a perda de peso poderá levar à diminuição do abatimento do arco longitudinal.

PALAVRAS-CHAVE: OBESIDADE, CIRURGIA BARIÁTRICA, BIOMECÂNICA DA MARCHA, DINAMOMETRIA.

Abstract

Obesity is an emerging public health issue with serious implications on the quality of life and in the development of comorbidities, causing disturbances in the locomotor system, with implications in gait. The aim of our work was to analyze the effect of speed and weight loss caused by bariatric surgery in the components of ground reaction force, plantar pressure and contact areas in ten regions of the foot. We select 14 individuals with a mean age $37,4 \pm 7,6$ years old and average BMI $47,0 \pm 3,1 \text{ kg/m}^2$. One aimed to determine the characteristics of the gait dynamics at the three distinct speeds preoperatively, and six to eight weeks after the operation. For analyzing the components of force we used a force platform and to evaluate the plantar pressure distribution was used a system of pressure insoles. It was observed a weight reduction of 13,2%. At the dynamic analysis were found statistically significant differences ($p < 0,05$) at various speeds on some variables of normalized force (Fz_1 , $Fz_{v\text{ale}}$ and Fz_2), absolute values of force (Fz_1 , $Fz_{v\text{ale}}$, Fz_2 and propulsive impulse), plantar pressure (AP_{cent} and MP_{med}) and of contact areas ("other fingers", AP_{med} , AP_{cent} , MP_{med} , RP_{med} , RP_{cent} and RP_{lat}). Comparing the speeds, in the initial analysis of the components of the normalized force were found differences in $Fz_{v\text{ale}}$, Fz_2 and braking and propulsive impulses, and in absolute values in $Fz_{v\text{ale}}$, and braking and propulsive impulses. After weight loss were found statistically significant differences between speeds in the components of force. With regard to pressure peaks, we found differences between velocities in the regions of the "other toes", central and lateral forefoot and in the three zones of the back-foot. It was concluded that the speed factor has a moderate effect on gait pattern of obese and that the weight loss 6 to 8 weeks after surgery has also biomechanical implications on gait pattern. Our results suggest that the weight loss may lead to decreased dejection longitudinal arch.

KEYWORDS: OBESITY, BARIATRIC SURGERY, BIOMECHANICS OF GAIT, HAND GRIP.

Lista de Abreviaturas e Símbolos

Abreviaturas:

OMS – Organização Mundial de Saúde
IASO – International Association for the Study of Obesity
IMC – Índice de Massa Corporal
FRS – Força de Reação do Solo
SPSS – Statistical Package for the Social Sciences
CM – Ciclo de Marcha
Fz – Componente vertical da força
Fy – Componente ântero-posterior da força
Fz₁ – Força vertical no primeiro pico
Fz₂ – Força vertical no segundo pico
Fz_{vale} – Força vertical no vale
AP – Antepé
AP_{med} – Antepé medial
AP_{cent} – Antepé central
AP_{lat} – Antepé lateral
MP – Mediopé
MP_{med} – Mediopé medial
MP_{lat} – Mediopé lateral
RP – Retropé
RP_{med} – Retropé medial
RP_{cent} – Retropé central
RP_{lat} – Retropé lateral
kg – Quilograma
m – Metro
kg/m² – quilograma por metro quadrado
N – Newton

kPa – kiloPascal

L – velocidade lenta

A – Velocidade autosseleccionada

R – Velocidade rápida

Símbolos:

> - Maior

< - Menor

= - Igual

ρ - Ró

α - Alpha

CAPITULO 1

Introdução Geral e Estrutura da Dissertação

1.1. INTRODUÇÃO

A obesidade é considerada um problema crescente de saúde pública a nível mundial, tendo um impacto negativo na qualidade de vida do doente. Esta doença é intitulada como a grande epidemia do século XXI, sendo considerada pela Organização Mundial de Saúde – OMS – (2012) o quinto maior fator de risco de morte. A obesidade é definida como uma acumulação excessiva de gordura no nosso organismo e contribui largamente para o desenvolvimento de uma variedade de doenças como diabetes mellitus tipo 2, doenças cardiovasculares, certos cancros, doenças músculo-esqueléticas entre outras (Buchwald et al., 2004; Cole et al., 2000; OMS, 2012). A obesidade apresenta-se assim como um dos maiores desafios de saúde pública deste século.

As enormes repercussões desta doença a nível individual, social e emocional (Monteforte & Turkelson, 2000), têm contribuído para uma crescente procura no sentido da resolução deste problema. Um dos principais fatores apontados para a existência da epidemia de obesidade prende-se com o desequilíbrio energético, ou seja, uma elevada ingestão calórica associada a baixos níveis de atividade física (OMS, 2012). No entanto, na opinião de Wilding (1997), esta doença também pode estar ligada a fatores hereditários, perturbações metabólicas e endócrinas. Por tal motivo, muitos autores consideram que os tratamentos tradicionais como dietas, atividade física e fármacos, não serão a melhor solução a longo prazo para doentes com um grau de obesidade excessivo. A cirurgia (cirurgia bariátrica) aparece como uma alternativa para este tipo de doentes (Buchwald et al., 2004; Cummings et al., 2004; Monteforte & Turkelson, 2000). Os resultados obtidos mostram um elevado impacto na melhoria destas comorbilidades e na qualidade de vida do doente (Buchwald et al., 2004; Cummings et al., 2004; Monteforte & Turkelson, 2000).

O excesso de peso provoca cargas muito elevadas nos membros inferiores, levando muitas vezes os obesos a alterarem o seu padrão de marcha e/ou a referirem dores nas extremidades inferiores (Browning & Kram, 2007). Na sequência desta questão, torna-se urgente o estudo dos padrões de

marcha para a detecção e auxílio na resolução de patologias e alterações do aparelho locomotor (Amadio & Barbanti, 2000; Andrade et al., 2004; Yavuzer, 2009).

A análise da marcha pode ser efetuada, complementarmente, através da antropometria, cinemetria, dinamometria e eletromiografia (Amadio, 1989 e Baumann, 1995 cit. por Amadio & Duarte, 1996). O estudo das pressões plantares e das forças de reação do solo fornecem dados importantes na percepção do impacto que a obesidade tem no sistema locomotor.

O objetivo do presente estudo foi verificar se a perda de peso ocorrida 6 a 8 semanas após cirurgia bariátrica, constitui um fator diferenciador no padrão de marcha e se a marcha a diferentes velocidades (lenta, autosselecionada e rápida) exerce alguma influência nesse padrão. Para esse efeito foram selecionados doentes na consulta multidisciplinar do Hospital de S. João, com obesidade mórbida e candidatos a cirurgia bariátrica. Efetuaram-se dois momentos de avaliação onde se determinaram as características da dinâmica da marcha: um inicial antes da cirurgia e outro entre 6 a 8 semanas após o tratamento, isto é, após a perda de peso. Para analisarmos as componentes verticais (F_z) e ântero-posterior (F_y) da força de reação do solo usamos uma plataforma de forças Bertec com uma frequência de amostragem de 1000Hz e para avaliar a distribuição da pressão plantar, foi utilizado o sistema de palmilhas transdutoras de pressão PEDAR, da Novel. Foram efetuadas 3 passagens válidas no corredor de marcha, com apoio do membro inferior direito na plataforma de forças, a três velocidades distintas (autosselecionada, lenta e rápida), perfazendo um total de 9 passagens.

1.2. ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

A presente dissertação foi elaborada segundo as normas e orientações de redação e apresentação da Faculdade de Desporto da Universidade do Porto. A estrutura escolhida foi o modelo Escandinavo.

Este trabalho encontra-se dividido em cinco grandes capítulos que procuram responder da melhor forma à nossa problemática.

O capítulo 1 contém uma introdução geral ao tema através de um breve enquadramento teórico, bem como a pertinência do estudo e os seus principais objetivos.

O capítulo 2 apresenta uma revisão da literatura, explanando o “estado de arte” e tendências de evolução da área de investigação em questão.

O terceiro e quartos capítulos, apresentam os artigos resultantes dos estudos desenvolvidos. O primeiro verifica o efeito da velocidade na marcha do obeso. O segundo avalia o efeito da perda de peso na marcha do obeso 6 a 8 semana após a cirurgia bariátrica.

O capítulo 5 apresenta as considerações finais sustentadas pelas conclusões provenientes dos dois estudos.

No fim de cada capítulo são apresentadas as respetivas referências bibliográficas.

Por fim apresentam-se os anexos.

1.3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Amadio, A. C., & Duarte, M. (1996). *Fundamentos biomecânicos para análise do movimento*. Universidade de São Paulo: Laboratório de Biomecânica - EEFUSP.
- Amadio, A. C., & Barbanti, V. J. (2000). *A biodinâmica do movimento humano e suas relações interdisciplinares*. São Paulo: Estação Liberdade.
- Andrade, L. M., Araújo, A. G. N., & Barros, R. M. L. (2004). Análise de marcha: protocolo experimental para posicionamento e orientação dos segmentos do corpo humano baseado em sistemas de marcas técnicas. *Revista Brasileira de Biomecânica*, 5(8), 33-40.
- Browning, R. C., & Kram, R. (1997). Effects of Obesity on the Biomechanics of Walking at Different Speeds. *Medicine & Science In Sports & Exercise* 39(9), 1632-1641.
- Buchwald, H., Avidor, Y., Braunwald, E., Jensen, M. D., Pories, W., Fahrbach, K., & Schoelles, K. (2004). Bariatric Surgery: A Systematic Review and Meta-analysis. *The Journal of American Medical Association*, 292(14), 1724-1737.
- Cole, T. J., Bellizzi, M. C., Flegal, K. M., & Dietz, W. H. (2000). Establishing a standard definition for child overweight and obesity worldwide: international survey. *British Medical Journal*, 320, 1-6.
- Cummings, D. E., Overduin, J., & Foster-Schubert, K. E. (2004). Gastric Bypass for Obesity: Mechanisms of Weight Loss and Diabetes Resolution. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism* 89(6), 2608–2615.
- Monteforte, M. J., & Turkelson, C. M. (2000). Bariatric Surgery for Morbid Obesity. *Obesity Surgery*, 10, 391-401.

OMS, (2012). Obesity and overweight. Fact sheet N°311, Consult. julho 2012, disponível em <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs311/en/>

Wilding, J. (1997). Obesity treatment. *British Medical Journal*, 315, 997-1000.

Yavuzer, G. (2009). Three-dimensional quantitative gait analysis. *Ata Orthopaedica et Traumatologica Turcica*, 43(2), 94-101.

CAPITULO 2

Revisão da Literatura

2.1. OBESIDADE

Atualmente, o estudo da obesidade tem despertado um crescente interesse, principalmente por estar associada a diversos problemas de saúde pública.

A obesidade é um problema que se tem vindo a agravar desde há algumas décadas, sendo a sua prevalência muitas vezes consequência da conjugação de uma alimentação errada com atividade física inadequada (Browning et al., 2009; OMS, 2012).

A OMS (2012) define obesidade como a acumulação excessiva de gordura (Segal & Fandiño, 2002), verificando-se um desequilíbrio energético entre as calorias ingeridas e as calorias despendidas. Esta é uma doença crónica, considerada pela OMS como a Epidemia do século XXI (Teles et al., 2008). O elevado grau de gordura acumulado nestes doentes, afeta de forma nefasta a saúde (Ulijaszek & Lofink, 2006), aumentando a tensão exercida sobre as articulações e o risco de quedas e fraturas (Colné et al., 2008).

2.1.1. Classificação

No que concerne à classificação da composição corporal de um indivíduo, existem diversas técnicas para o fazer, sendo o índice de massa corporal (IMC) o mais utilizado (Dalton et al., 2003; International Association for the Study of Obesity – IASO –, 2012; OMS, 2012). Segundo Dalton et al. (2003) e IASO (2012) este facto deve-se aos baixos custos e simplicidade na sua utilização. O seu cálculo é efetuado através da razão entre a massa corporal e a estatura ao quadrado (kg/m^2). Desta forma define-se:

Excesso de peso: de 25,0 a 29,9 kg/m^2

Obesidade:

- classe 1: de 30 a 34,9 kg/m^2 ;
- classe 2: de 35 a 39,9 kg/m^2 ;
- classe 3: superior a 40 kg/m^2 .

Apesar do IMC ser uma excelente forma para avaliar a prevalência de obesidade numa população, deve ser utilizado com alguma precaução quando pretendemos avaliar os riscos para a saúde. A distribuição da gordura corporal, em especial na região abdominal possui uma forte associação com doenças cardiovasculares e diabetes mellitus tipo 2, sendo portanto um preditor mais fiável para detetar riscos para a saúde (Dalton et al., 2003; IASO, 2012). O perímetro da cintura (PC), talvez a mais simples de todas estas determinações, proporciona uma avaliação precisa da massa gorda visceral que se demonstrou ser um fator chave para a doença cardiovascular. Um PC > 88 cm na mulher e > 102 cm no homem reflete um significativo aumento de risco de desenvolver muitas das comorbilidades associadas à obesidade (quadro 2.1) (Lean et al., 1998).

Quadro 2.1 – Risco de doença em relação ao peso e perímetro da cintura normais.

Categoria	IMC	Risco de doença em relação ao peso e perímetro da cintura normais	
		Homens ≤102 cm Mulheres ≤ 88 cm	Homens > 102 cm Mulheres > 88 cm
Peso Insuficiente	< 18,5	-	-
Normal	18,5 – 24,9	-	-
Excesso de peso	25,0 – 29,9	Aumentado	Alto
Obesidade	30,0 – 34,9	Alto	Muito alto
	35,0 – 39,9	Muito alto	Muito alto
Obesidade Extrema	≥40	Altíssimo	Altíssimo

2.1.2. Causas

Como já foi anteriormente referenciado, as causas desta doença estão essencialmente associadas a fatores que causam desequilíbrios entre o número de calorias ingeridas e gastas. Segundo a OMS (2012) estes desequilíbrios devem-se ao aumento do sedentarismo resultante talvez de

uma mudança nas formas de trabalho, nos modos de transporte e na crescente urbanização e ao elevado consumo de alimentos ricos em gorduras, sal e açúcares, e pobres em fibras, vitaminas, minerais e outros micronutrientes.

Porém, nem todos os indivíduos que apresentam este estilo de vida são obesos. Wilding (1997) atribui a causa desta discrepância aos fatores hereditários. Poderemos ainda atribuir as causas da obesidade a perturbações metabólicas, endócrinas e comportamentais.

2.1.3. Consequências

Os riscos do excesso de peso para a saúde aumentam com o IMC. Buchwald et al. (2004) e a OMS (2012) destacam algumas doenças como as cardiovasculares, insulino-resistência, diabetes mellitus tipo 2, dislipidemia, certas formas de cancro, esteatose hepática, refluxo gastro-esofágico, apneia obstrutiva do sono, síndrome de ovário poliquístico, problemas musculoesqueléticos, nomeadamente a osteoartrite, entre outros. Destacam-se ainda os problemas emocionais e sociais derivados da obesidade. Alguns estudos sugerem que o impacto desta doença tem um espectro espantosamente amplo, sendo afetados todos os domínios de qualidade de vida.

Alguns estudos efetuados em indivíduos idosos indicam que o excesso de peso está largamente associado ao risco de quedas (Himes & Reynolds, 2011), talvez devido à tendência da adiposidade em mover o centro de massa para a frente, afetando desta forma a estabilidade postural (Corbeil et al., 2001).

Contrariamente a uma marcha normal em que os sujeitos colocam um pé à frente do outro, quando observamos a marcha de um doente obeso classe 3 constatamos que a sua marcha é muito diferente, colocando os pés lado-a-lado (Ling et al., 2012). Carneiro et al. (2009) referem que a “obesidade está associada à redução da força muscular, a dificuldades de controlo postural e a alterações no comportamento biomecânico dos membros inferiores durante a marcha”. Os autores destacam a importância de estudar o efeito do exercício

físico nas capacidades físicas responsáveis pelo controlo da estabilidade dinâmica da marcha, como por exemplo a força muscular.

Browning e Kram (2007) mencionam que o doente obeso refere com frequência queixas álgicas nas extremidades inferiores e que a obesidade se associa a uma elevada incidência de osteoartrite provavelmente em consequência de distúrbios da marcha.

Na opinião de Souza et al. (2005) as alterações na marcha estão provavelmente relacionadas com a necessidade de estabilização pois o excesso de peso reduz a eficácia da marcha. Naturalmente, o excesso de peso provoca uma menor amplitude dos movimentos, dispneia, desconforto, fadiga precoce, diminuição da capacidade de absorção dos impactos e consequente degradação articular (Souza et al., 2005).

2.2. TRATAMENTO CIRÚRGICO DA OBESIDADE

Buchwald et al. (2004), Cummings et al. (2004) e Monteforte e Turkelson (2000) mencionam que as terapias com dieta e exercício físico não se têm apresentado como as mais eficazes no tratamento a longo prazo da obesidade mórbida, verificando-se um investimento nos tratamentos cirúrgicos da obesidade. A cirurgia bariátrica torna-se assim o tratamento de eleição para este tipo de doentes (Attila et al., 2009). A cirurgia bariátrica é um conjunto de procedimentos – restritivos ou malabsortivos – realizado em doentes com obesidade mórbida ($IMC >40 \text{ kg/m}^2$ ou $IMC >35 \text{ kg/m}^2$ com comorbilidades), com o objetivo de auxiliar na perda de peso (Monteforte & Turkelson, 2000).

Cummings et al. (2004) descrevem diversos estudos que apontam grandes melhorias das comorbilidades associadas à obesidade, tanto a nível orgânico (diabetes, hipertensão, dislipidemias, entre outras) como emocional, verificando-se uma melhoria considerável da qualidade de vida e a redução da mortalidade global. Também Buchwald et al. (2004) referem na sua meta-análise que esta cirurgia inverte, elimina ou minimiza significativamente os problemas de hiperlipidemia, diabetes, hipertensão e apneia obstrutiva do

sono, salientando que mais de três quartos dos doentes com diabetes mellitus tipo 2, apresentaram uma resolução total do problema. Teasdale et al. (2007) investigaram o efeito da perda de peso no controlo do equilíbrio em doentes com obesidade moderada e obesidade mórbida do sexo masculino. Os seus resultados apontam para uma diminuição da velocidade de migração do centro de pressão plantar e para um aumento da estabilidade linearmente associadas à magnitude da perda de peso.

Embora estes procedimentos não estejam isentos de risco, comparativamente com os riscos associados à obesidade nos doentes com obesidade mórbida, a avaliação risco/benefício é claramente favorável à intervenção (Cumming et al., 2004). De facto, com a evolução da técnica cirúrgica, a cirurgia bariátrica moderna é cada vez mais segura. Uma das técnicas em que se considera existir um maior equilíbrio eficácia/risco é o bypass gástrico Roux-en Y (figura 2.1) (Cumming et al., 2004).

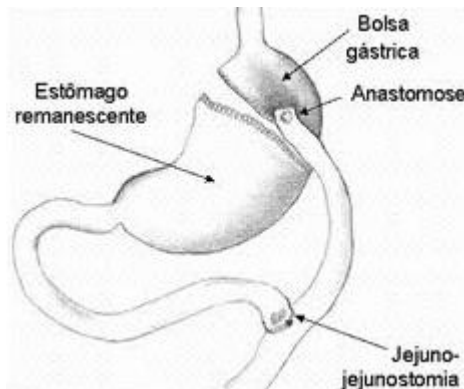


Figura 2.1 - Bypass gástrico Roux-en Y.

Os dois mecanismos essenciais para a perda de peso após a cirurgia prendem-se com a má absorção intestinal e a restrição gástrica, sendo os tipos de operação classificados com base nestas consequências (Buchwald et al., 2004). Pode-se assim utilizar uma definição com base na anatomia, sendo os procedimentos de má absorção aqueles que permitem ultrapassar uma parte do intestino delgado, reduzindo a absorção dos nutrientes, os de restrição os que estão associados a intervenções que reduzem o tamanho do estômago e os combinados aqueles que intervêm nestes dois órgãos simultaneamente

(Monteforte & Turkelson, 2000). Definem-se assim diversos procedimentos cirúrgicos como a gastrobandooplastia (incluindo as bandas ajustáveis e não ajustáveis), bypass gástrico (existem diversos, mas o principal é o Roux-en-Y), gastroplastia, derivação biliopancreática também conhecida como duodenal switch (inclui uma variedade de modificações), entre outras (Buchwald et al., 2004; Monteforte & Turkelson, 2000).

2.3. ANÁLISE BIOMECÂNICA DA MARCHA

A biomecânica é a ciência que estuda as condições de repouso ou de movimento dos corpos vivos sob a ação de forças que atuam sobre esses corpos (Adrian & Cooper, 1995; Hall, 2000; Hay, 1981), e portanto, analisa os movimentos do corpo humano (Amadio & Duarte, 1996)

Oliveira (2003) refere que a marcha resulta da conjugação do equilíbrio com a locomoção, estando o primeiro associado à manutenção da postura ereta e à coordenação dos movimentos sucessivos que permitem a realização da marcha e o segundo relaciona-se com a capacidade de iniciar e manter o movimento a uma determinada cadência. Para que se processe uma progressão do centro de massa, tem de haver uma conjugação de todas as funções do aparelho locomotor com as estruturas neurológicas (Amadio & Duarte, 1996).

Para analisar todas as áreas do movimento, esta ciência apoia-se em quatro métodos (figura 2.2): antropometria, cinemetria, dinamometria e eletromiografia (Amadio, 1989 e Baumann, 1995 cit por Amadio & Duarte, 1996; Medved, 2001).

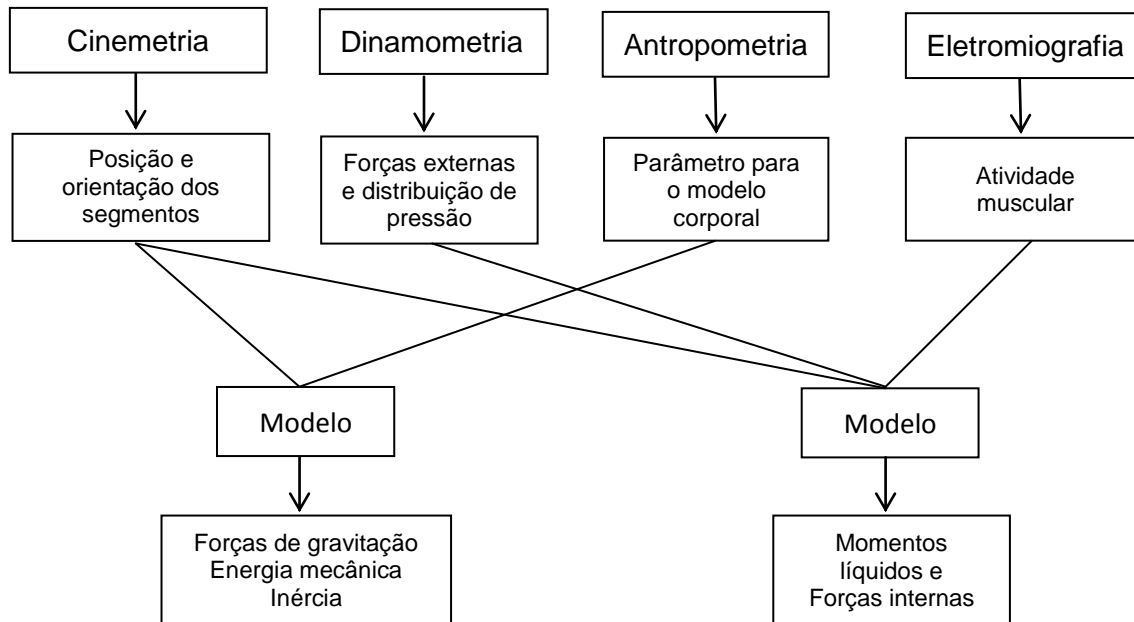


Figura 2.2 - Áreas da análise biomecânica do movimento humano (adaptada de Baumann,1995,cit. por Amadio & Duarte,1996).

Através da antropometria pretende-se obter um modelo biomecânico da estrutura analisada que possa ser utilizado para representar o corpo humano nas suas mais variadas situações. Para tal, este método procura determinar as características e propriedades do aparelho locomotor, como as dimensões dos segmentos corporais, a distribuição de massa, os braços de alavanca musculares e as posições articulares, entre outras características (Amadio & Duarte,1996).

A cinemetria consiste num conjunto de procedimentos essencialmente óticos, que pretendem adquirir dados cinemáticos a partir de imagens durante a execução de um determinado movimento (Amadio & Duarte, 1996). Este tanto é considerado um método de análises qualitativas, como quantitativas. A análise é considerada qualitativa quando se observa e descreve o movimento a partir dos dados visuais. Quando se estudam os parâmetros cinemáticos como a posição, velocidade, aceleração, posição angular, velocidade angular e aceleração angular, a análise passa a ser quantitativa (Amadio & Duarte, 1996). Este método preocupa-se apenas com a descrição dos movimentos do corpo e não com as causas que levaram a esses movimentos (Amadio & Duarte, 1996).

Contrariamente ao método anterior, a dinamometria preocupa-se com as causas do movimento, tendo como objetivo determinar as forças que geram um determinado movimento. Este método engloba todos os tipos de medição de força e distribuição de pressão plantar (Amadio & Duarte, 1996).

Por fim, a eletromiografia (EMG) estuda a função muscular através do registro de atividade elétrica do músculo (Amadio & Duarte, 1996).

A avaliação da marcha é cada vez mais importante na detecção de perturbações e alterações do aparelho locomotor (Amadio & Barbanti, 2000; Yavuzer, 2009). Para um correto diagnóstico é crucial um conhecimento profundo do padrão de marcha normal, para assim podermos estabelecer comparações distinguindo um desempenho normal de um patológico (Amadio & Barbanti, 2000). Este conhecimento revela-se um auxílio fundamental na tomada de decisões relativamente a indicações para procedimentos cirúrgicos, fisioterapêuticos ou medicamentosos, ou na prescrição de órteses (Andrade et al., 2004; Yavuzer, 2009).

2.3.1. O Ciclo da Marcha

A locomoção humana é efetuada através de uma série de desequilíbrios controlados, resultantes da sincronização entre o sistema nervoso e o sistema músculo-esquelético (Vaughan, 1999; Winter 1991). Cailliet (1997) refere que a marcha “exige completa e livre amplitude de movimento de todas as articulações envolvidas, atividade neuromuscular coordenada e adequada e conservação de energia”. O objetivo da marcha é transportar o corpo como um todo de um lado para o outro de forma segura e eficaz. Esta é caracterizada pela alternância entre movimentos propulsivos e retropulsivos das extremidades inferiores e por possuir uma cadência (Cailliet,1997; Norkin & Levangie, 1992; Winter,1991,2005). Uma marcha normal depende então do sistema nervoso central e periférico, dos músculos esqueléticos e dos sistemas visual, proprioceptivo, cognitivo e cardiovascular. Qualquer distúrbio num dos parâmetros referenciados poderá provocar alterações no padrão de marcha

(Yavuzer, 2009). De facto, os seres humanos quando caminham utilizam vários movimentos com o objetivo de manterem o centro de gravidade num mesmo plano horizontal ao longo da marcha. Esses movimentos, também designados como “determinantes da marcha”, aumentam a eficácia, diminuem o gasto energético e tornam a marcha mais graciosa (Cailliet, 1997).

O pé é uma estrutura fundamental para a marcha humana (Viladot, 2003). Basmajian (cit. por Viladot 2003) diz que “o pé, ao contrário da mão, sacrifica todas as suas funções para se concentrar em dois objetivos fundamentais: suportar o peso do corpo e caminhar.”

Na anatomia do pé podemos encontrar a abóbada plantar, estrutura que nos permite manter a posição ereta e caminhar de forma harmoniosa com as duas pernas, deixando os membros superiores livres. Esta tem forma de meia concha aberta pela parte interna e é constituída por arcadas plantares longitudinais e transversais (Viladot, 2003).

Bartlett (2007), Norkin & Levangie (1992) e Vaughan (1999) definem o ciclo da marcha (CM) como o período compreendido entre o primeiro contacto do pé com o solo e o ponto em que esse mesmo pé contacta novamente o solo. Cailliet (1997) compara a marcha a uma roda que se desloca sobre o solo e as pernas aos raios dessa roda. Para darem início à marcha, os sujeitos inclinam o tronco para a frente, posicionando-o à frente do centro de gravidade. Seguidamente o peso do corpo é colocado no pé de apoio através de um deslocamento lateral do mesmo. Uma vez que há mudança do centro de gravidade, a outra perna (perna de balanço), deve ser trazida para a frente do corpo e do centro de gravidade para evitar uma queda (Cailliet, 1997).

O CM é dividido em duas fases (Figura 2.3 e 2.4): fase de apoio, que corresponde à fase em que o pé do membro inferior em análise está em contacto com o solo, e a fase de balanço ou oscilação, que corresponde ao período em que o membro inferior se encontra fletido pelo joelho e avança para atingir o solo à frente do sujeito (Bartlett, 2007; Norkin & Levangie, 1992; Vaughan, 1999).

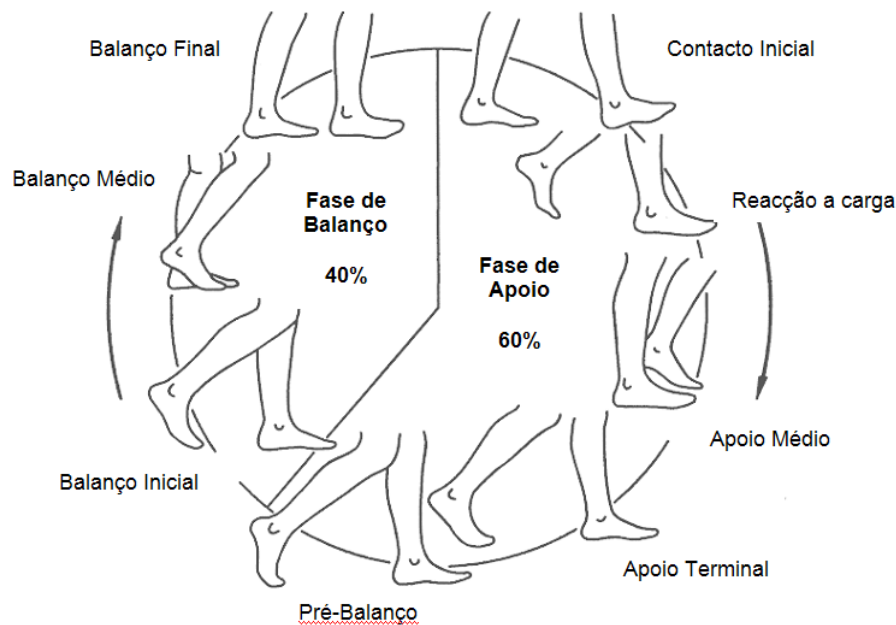


Figura 2.3 - Fases que compreendem um ciclo de marcha e respetivas percentagens (Adaptado de Vaughan, 1999).

A fase de apoio representa geralmente 60% do ciclo de marcha, podendo ser subdividida em três subfases:

- **Fase de duplo apoio inicial**, que representa 10% do ciclo de marcha. Inicia-se com o contato do pé com o solo e termina quando o pé do membro contralateral inicia a fase de balanço;

- **Fase de apoio simples**, que representa 40% do ciclo da marcha. Esta fase tem início no apoio médio, quando o pé do membro contralateral se eleva e continua até que o peso do corpo esteja alinhado sobre o antepé. Segue-se o apoio terminal, que se inicia com a elevação do calcanhar até o pé do membro inferior conta-lateral voltar a tocar no solo;

- **Fase de duplo apoio terminal** representa 10% do ciclo de marcha. Esta é também conhecida como a fase de pré-balanço. Inicia-se com o contato inicial do membro oposto e termina com despreendimento ipsilateral dos dedos.

A fase de balanço ou oscilação representa 40% do ciclo da marcha, podendo ser subdividida em três subfases:

- **Fase de balanço inicial (60 a 73% do CM).** Esta fase inicia-se com a elevação do pé do solo e termina quando o pé de balanço está oposto ao pé de apoio;
- **Fase de balanço médio (73 a 87% do CM).** Inicia-se quando o membro de apoio está oposto ao membro de balanço e termina quando o membro de balanço está anterior ao de apoio e a tibia está vertical. Neste instante o quadril e o joelho têm flexões iguais;
- **Fase de balanço terminal (87 a 100% do CM).** O início desta fase ocorre com a passagem da tibia pela vertical e conclui-se quando o pé toca o solo.

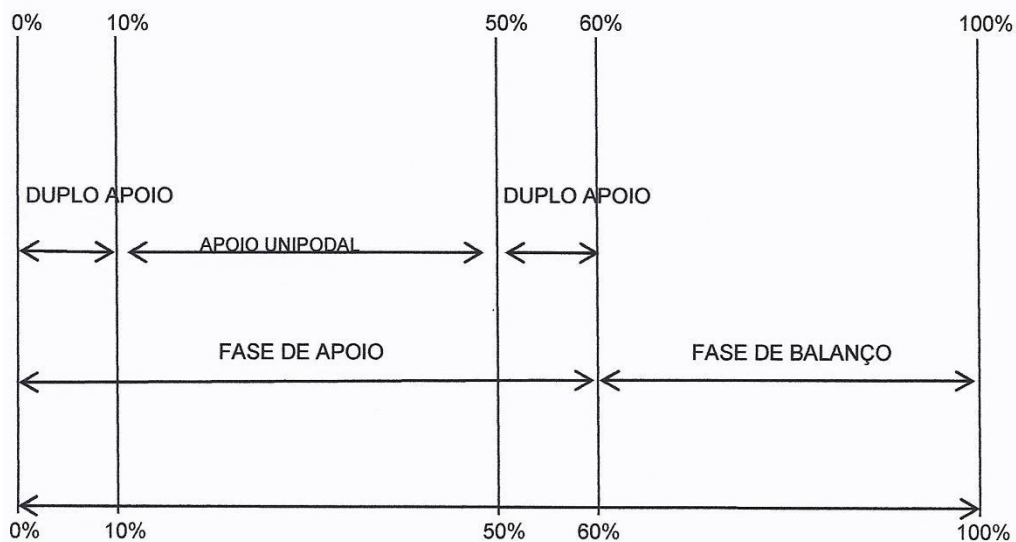


Figura 2.4 – Percentagem da divisão da marcha nas suas fases (Adaptado de Cailliet, 1997).

Durante o CM, o centro de gravidade desloca-se entre dois extremos no seu eixo vertical. O pico alto ocorre a meio da fase de apoio, quando o membro inferior estendido verticalmente sustenta o peso do corpo. O pico baixo situa-se no momento em que o calcanhar toca no solo, a perna de trás está com os dedos virados para fora e ambos os membros inferiores sustentam o peso (Cailliet, 1997). O CM desloca-se também lateralmente no plano horizontal, descrevendo uma curva sinusoidal, semelhante em forma à verificada no deslocamento vertical (Gard, 2004; Norkin & Levangie, 1992).

A duração do CM varia de acordo com a velocidade, de modo que o tempo de apoio total e o tempo de balanço diminuem à medida que a velocidade aumenta (Cailliet, 1997).

2.3.2. Análise Cinética do Ciclo da Marcha

A cinética consiste no estudo das forças internas e externas que causam o movimento humano. As forças internas estão relacionadas com a atividade muscular e articular, enquanto as forças externas estão ligadas à força de reação do solo (FRS), gravidade e inércia (Norkin & Levangie, 1992).

Como já foi referenciado anteriormente, a dinamometria engloba todos os tipos de medição de força e distribuição de pressão plantar (Amadio & Duarte, 1996). Para a análise da marcha são muitas vezes utilizadas as plataformas de forças e transdutores de pressão (Figuras 2.5 e 2.6).



Figura 2.5 - Plataforma de forças Bertec, unidade de amplificação e conversor A/D, PC.



Figura 2.6 - Sistema de cabos, conectores e palmilhas do Sistema Pedar da Novel.

As plataformas de forças permitem medir a FRS durante a marcha, ou seja, a magnitude da força gerada quando o pé contacta o solo (Cailliet, 1997; Medved, 2001; Norkin & Levangie, 1992;), realizando a descrição temporal das suas componentes vertical (F_z), ântero-posterior (F_y) e médio-lateral (F_x) (Cailliet, 1997; Hall, 2000; Viladot, 2003). Na figura 2.7 podemos observar as curvas da força obtidas pela plataforma de forças durante a marcha.

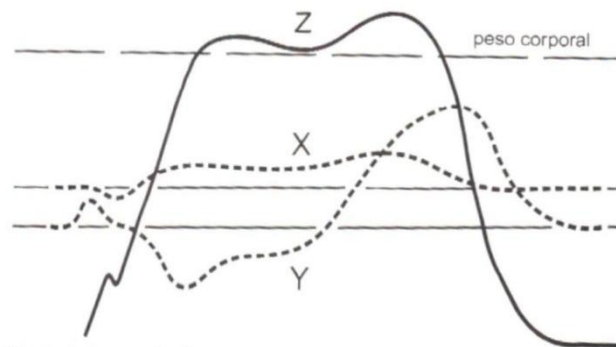


Figura 2.7 – Linhas de força obtidas pela plataforma de forças durante a marcha: componentes vertical (F_z), ântero-posterior (F_y) e médio-lateral (F_x) (Viladot, 2003).

A FRS representa a força que o solo exerce no pé e é igual em magnitude e direção mas oposta em sentido relativamente à força que o pé exerce sobre o solo (Norkin & Levangie, 1992).

Analisando a componente vertical da FRS, verificamos que apresenta uma curva bimodal (figura 2.8), onde encontramos dois picos, que normalmente apresentam valores de cerca de 1.3 vezes o peso corporal (Amadio & Duarte, 1996). Segundo Plas et al. (1983), a magnitude da força corresponde a cerca de 120% do peso corporal de um indivíduo que se desloque a uma velocidade confortável. Os picos são:

- pico passivo, que está relacionado com a receção do pé no solo;
- pico ativo, que está ligado à fase de propulsão do antepé (Amadio & Duarte, 1996; Plas et al., 1983).

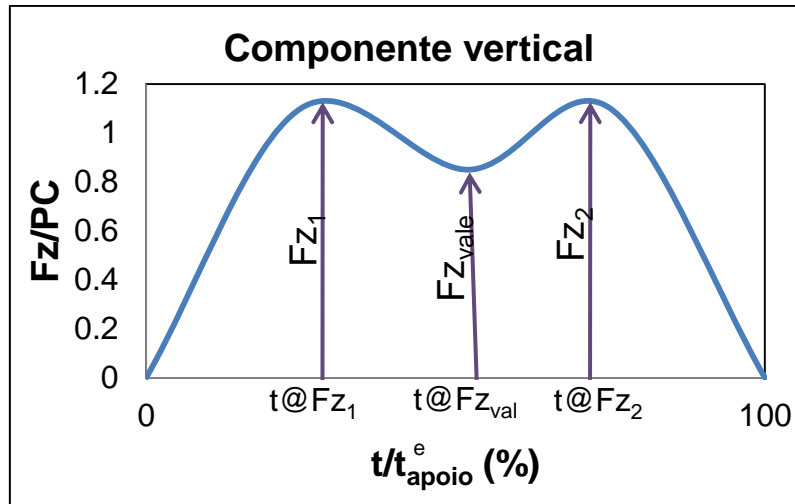


Figura 2.8 - Curva padrão da componente vertical da FRS, durante o apoio do pé no solo.

Entre estes picos existe uma deflexão da curva, cujo valor é menor que o do peso corporal. Nesta fase o membro inferior contralateral encontra-se na fase de balanço (Amadio & Duarte, 1996).

Na curva bimodal por vezes existe uma reentrância logo após o ataque do calcanhar que corresponde à absorção inicial do choque. Varia consoante o tipo de pé (mais ou menos maleáveis) e calçado (Plas et al., 1983).

Na figura 2.9 podemos analisar a componente ântero-posterior (F_y) da FRS.

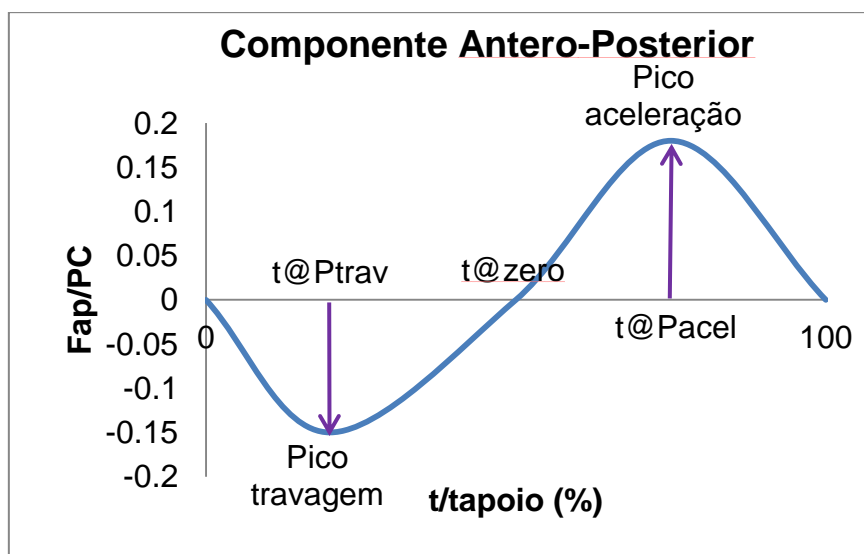


Figura 2.9 - Curva padrão da componente ântero-posterior da FRS durante o apoio do pé no solo.

Segundo Amadio & Duarte (1996), esta componente apresenta picos de força que atingem cerca de 20% do peso corporal. A primeira metade da curva corresponde ao contacto do calcanhar no solo (pico de travagem) e a segunda metade corresponde à fase de propulsão (pico de aceleração).

Por fim a componente médio-lateral (F_x) representa o valor e direção das forças aplicadas no plano médio-lateral, ou seja, correspondem aos movimentos de pronação e supinação. Das três componentes, esta é a que apresenta os menores valores de força, atingindo no máximo 10% do peso corporal. Habitualmente, o primeiro pico (negativo) corresponde ao pico de pronação do pé e o outro pico relaciona-se com as forças de supinação (Amadio & Duarte, 1996). Estes autores mencionam ainda que em muitos desportos o pico de pronação apresenta uma magnitude alta, podendo ser a causa das lesões por sobrecarga.

Orlin e McPoil (2000) mencionam que alguns dos aspetos negativos do uso da plataforma de forças prendem-se com o elevado número de passos necessários para recolher os dados e com o facto dos indivíduos alterarem o padrão de marcha para que os seus passos coincidam com a plataforma. Para colmatar esta falha, sugere o uso de palmilhas transdutores de pressão.

Os transdutores de pressão são utilizados não só para medir as pressões plantares como as forças. Desta forma, a partir destes sistemas de medição podem-se obter a magnitude das pressões, a distribuição dessas pressões e as áreas de contato (Orlin & McPoil, 2000; Petersen, 1982). Atualmente, os sistemas de medição plantar podem apresentar-se sob a forma de tapete ou palmilha (DeLisa, 1998).

Orlin e McPoil (2000) apontam como desvantagens para o uso de palmilhas a existência de um menor número de sensores, o que leva a uma menor resolução, e o facto de a maioria destes dispositivos apenas aceder à componente vertical da FRS.

2.4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adrian, M., & Cooper, J. (1995). *Biomechanics of human movement* (2 ed.). Boston: McGraw-Hill.
- Amadio, A. C., & Duarte, M. (1996). *Fundamentos biomecânicos para análise do movimento*. Universidade de São Paulo: Laboratório de Biomecânica - EEFUSP.
- Amadio, A. C., & Barbanti, V. J. (2000). *A biodinâmica do movimento humano e suas relações interdisciplinares*. São Paulo: Estação Liberdade.
- Andrade, L. M., Araújo, A. G. N., & Barros, R. M. L. (2004). Análise de marcha: protocolo experimental para posicionamento e orientação dos segmentos do corpo humano baseado em sistemas de marcas técnicas. *Revista Brasileira de Biomecânica*, 5(8), 33-40.
- Attila Csendes J, Patricio Burdiles P, Karin Papapietro V, & L., A. M. B. (2009). Comparación del tratamiento médico y quirúrgico en pacientes con obesidad grado III (obesidad mórbida). *Rev Méd Chile*, 137, 559-566.
- Bartlett, R. (2007). *Introduction to Sports Biomechanics: Analysing Human Movement Patterns* (2 ed.). New York: Taylor & Francis e-Library.
- Browning, R. C., & Kram, R. (2007). Effects of Obesity on the Biomechanics of Walking at Different Speeds. *Medicine & Science In Sports & Exercise* 39(9), 1632-1641.
- Browning, R. C., McGowan, C. P., & Kram, R. (2009). Obesity does not increase external mechanical work per kilogram body mass during walking. *Journal of Biomechanics*, 42, 2273-2278

- Buchwald, H., Avidor, Y., Braunwald, E., Jensen, M. D., Pories, W., Fahrbach, K., & Schoelles, K. (2004). Bariatric Surgery: A Systematic Review and Meta-analysis. *The Journal of American Medical Association*, 292(14), 1724-1737.
- Cailliet, R. (1997). *Dor no pé e no tornozelo* (J. Vissoky, Trad. 3 ed.). Porto Alegre: Artemed.
- Carneiro, J. A., Silva, M. S., & Vieira, M. F. (2009). Efeitos do Método Pilates e do Treinamento com Pesos na Cinemática da Marcha de Mulheres Obesas. *Brazilian Journal of Biomechanics*, 18, 33-43.
- Corbeil, P., Simoneau, M., Rancourt, D., Tremblay, A., & Teasdale, N. (2001). Increased Risk for Falling Associated with Obesity: Mathematical Modeling of Postural Control. *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*, 9(2), 126-136.
- Colné, P., Frelut, M. L., Pérès, G., & Thoumie, P. (2008). Postural control in obese adolescents assessed by limits of stability and gait initiation. *Gait & Posture*, 28, 164-169.
- Cummings, D. E., Overduin, J., & Foster-Schubert, K. E. (2004). Gastric Bypass for Obesity: Mechanisms of Weight Loss and Diabetes Resolution. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 89(6), 2608–2615.
- Dalton, M., Cameron, A. J., Zimmet, P. Z., Shaw, J. E., Jolley, D., Dunstan, D. W., & Welborn, T. A. (2003). Waist circumference, waist–hip ratio and body mass index and their correlation with cardiovascular disease risk factors in Australian adults. *Journal of Internal Medicine*, 254, 555-563.

- DeLisa, J. (1998). *Gait Analysis In The Science Of Rehabilitation*. Baltimore, MD, USA: Department of Veterans Affairs - Veterans Health Administration.
- Gard, S. A., Miff, S. C., & Kuo, A. D. (2004). Comparison of kinematic and kinetic methods for computing the vertical motion of the body center of mass during walking. *Human Movement Science*, 22, 597-610.
- Hall, S. J. (2000). *Biomecânica básica*. (3ª ed). Rio de Janeiro: Guanabara Koogan.
- Hay, J. G. (1981). *Biomecânica das técnicas Desportivas* (S. C. Corrêa, et al., Trad. 2ª ed.). Rio de Janeiro: Ed. Interamericana.
- Himes, C. L., & Reynolds, S. L. (2011). Effect of Obesity on Falls, Injury, and Disability. *Journal of the American Geriatrics Society*, 2-6.
- International Association for the Study of Obesity (2012). About Obesity. Consult julho 2012, disponível em <http://www.iaso.org/policy/aboutobesity/>
- Lean, M. E. J., Han, T. S., & Seidell, J. C. (1998). Impairment of health and quality of life in people with large waist circumference. *THE LANCET*, 351, 853-856.
- Ling, C., Kelechi, T., Mueller, M., Brotherton, S., & Smith, S. (2012). Gait and Function in Class III Obesity. *Journal of Obesity*. <http://www.hindawi.com/journals/jobes/2012/257468/>,doi:10.1155/2012/257468

- Medved, V. (2001). *Measurement of Human Locomotion*. EUA: Library of Congress.
- Monteforte, M. J., & M.Turkelson, C. (2000). Bariatric Surgery for Morbid Obesity. *Obesity Surgery*, 10, 391-401.
- Norkin, C., & Levangie, K. (1992). *Joint structure and function. A comprehensive analysis*. (2 ed.). EUA: Library of Congress.
- Oliveira, L. M. (2003). *Análise dinamométrica da marcha de indivíduos com neuropatia diabética: Relações com o nível de atividade física habitual*. Porto: Dissertação de Mestrado apresentada a Faculdade de Ciências do Desporto e Educação Física da Universidade do Porto
- OMS, (2012). Obesity and overweight. Fact sheet N°311, Consult. julho 2012, disponível em <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs311/en/>
- Orlin, M. N., & McPoil, T. G. (2000). Plantar Pressure Assessment. *Physical Therapy*, 80, 399–409.
- Petersen, K. E. (1982). Silicon as a Mechanical Material. *Proceedings of the IEEE*, 70(5), 420-457.
- Plas, F., Viel, E., & Blanc, Y. (1983). *La Marche Humaine : Kinésiologie dymanique, biomécanique et pathomécanique* (3 ed.). Paris: Masson.
- Segal, A., & Fandiño, J. (2002). Bariatric surgery indications and contraindications. *Rev Bras Psiquiatr*, 24 (Supl III),, 68-72.
- Souza, S. A., Faintuch, J., Valezi, A. C., Sant'Anna, A. F., Gama-Rodrigues, J. J., Fonseca, I. C., Souza, R. B., & Senhorini, R. C. (2005). Gait Cinematic Analysis in Morbidly Obese Patients. *Obesity Surgery*, 15, 1238-1242.

- Teasdale, N., Hue, O., Marcotte, J., Berrigan, F., Simoneau, M., Dore, J., Marceau, P., Marceau, S., & Tremblay, A. (2007). Reducing weight increases postural stability in obese and morbid obese men. *International Journal of Obesity*, 31, 153-160.
- Teles, A. G., Reis, J. P. L., & Dias, T. (2008). *Obesidade, Prevenção e Terapêutica* (1 ed.). Lisboa: Editorial Presença.
- Ulijaszek, S., & Lofink, H. (2006). Obesity in Biocultural Perspective. *Annu. Rev. Anthropol*, 35, 337-360.
- Vaughan, C. L., Davis, B. L., & O'Connor, J. C. (1999). *Dynamics of Human Gait*. Cape Town, South Africa: Kiboho Publishers.
- Viladot, A. (2003). Quinze lições sobre patologia do pé (I. E. D. O. Bastos, Trad. 2 ed.). Rio de Janeiro: Revinter Ltda.
- Winter, D. A. (1991). *Biomechanics and motor control of human gait: normal, elderly and pathological* (2 ed. Vol.). Waterloo: Waterloo Biomechanics.
- Winter, D. A. (2005). *Biomechanics and motor control of human movement* (3 ed.). Hoboken, New Jersey: Wiley.
- Wilding, J. (1997). Obesity treatment. *British Medical Journal*, 315, 997-1000.
- Yavuzer, G. (2009). Three-dimensional quantitative gait analysis. *Ata Orthopaedica et Traumatologica Turcica*, 43(2), 94-101.

Marcha do obeso antes e após cirurgia bariátrica: Efeito da velocidade.

Mafalda Cortez¹, Marcelo P.Castro^{1,2,3}, Sofia Abreu¹, Maria João Matos^{4,5}, Paula Freitas^{4,5}, Leandro Machado^{1,2,3}, Davide Carvalho^{4,5}

¹Laboratório de Biomecânica, Faculdade de Desporto, Universidade do Porto

²Laboratório de Biomecânica da Universidade do Porto (LABIOMEPE)

³CIFI2D, Faculdade de Desporto, Universidade do Porto

⁴Serviço de Endocrinologia, Diabetes e Metabolismo do Centro Hospitalar de S. João

⁵Faculdade de Medicina do Porto da Universidade do Porto

A submeter para publicação

RESUMO

O padrão de marcha pode ser influenciado por diversos fatores como a obesidade e a velocidade de caminhada. **Objetivos:** Verificar se a velocidade é um fator diferenciador da marcha do obeso antes e após cirurgia. **Amostra e métodos:** Selecionamos 14 indivíduos (12 do sexo feminino e 2 do sexo masculino) com uma média de idades $37,4 \pm 7,6$ anos, massa corporal de $121,6 \pm 17,5$ kg, estatura média de $1,62 \pm 0,09$ m e IMC médio de $47,0 \pm 3,1$ kg/m², com obesidade mórbida, candidatos a cirurgia bariátrica. Determinaram-se as características da dinâmica da marcha a três velocidades distintas no pré-operatório e seis a oito semanas após a operação. Para analisarmos as componentes vertical (Fz) e ântero-posterior (Fy) da força de reação do solo usamos uma plataforma de forças e para avaliar a distribuição da pressão plantar, foi utilizado um sistema de palmilhas transdutoras de pressão. **Resultados:** Na análise inicial das componentes da força normalizada encontramos diferenças estatisticamente significativas entre velocidades em $F_{z_{vale}}$, F_{z_2} , força nos picos de travagem e de aceleração. Nos valores absolutos foram encontradas diferenças em $F_{z_{vale}}$, força nos picos de travagem e de aceleração. Após a perda de peso encontramos diferenças estatisticamente significativas entre velocidades nas componentes vertical e ântero-posterior da força. No que respeita aos picos de pressão, tanto na avaliação inicial como após a perda de peso foram encontradas diferenças estatisticamente significativas entre velocidades nas regiões “outros dedos”, antepé central e lateral e nas três zonas do retropé. Nas áreas de contacto não foi encontrada qualquer diferença significativa entre as velocidades. **Conclusões:** A velocidade da marcha parece ter uma influência moderada nas forças e pressões plantares.

Palavras-chave: Obesidade, Biomecânica da Marcha, Velocidade da Marcha, Pressão Plantar, Força de Reação do Solo, Cirurgia Bariátrica, Perda de Peso.

ABSTRACT

The gait pattern can be influenced by various factors such as obesity and walking speed. **Objectives:** To check if the speed is a differentiating factor of the gait of obese people before and after surgery. **Sample and methods:** We select 14 individuals (12 female and 2 male) with a mean age of $37,4 \pm 7,6$ years old, body mass of $121,6 \pm 17,5$ kg, height of $1,62 \pm 0,09$ m and BMI of $47,0 \pm 3,1$ kg/m², with morbid obesity, all bariatric surgery candidates. We determined the characteristics of gait dynamics for three distinct speeds before and six to eight weeks after the operation. To analyze the vertical (Fz) and anteroposterior (Fy) components of the ground force reaction we used a force platform and to evaluate the plantar pressure distribution we used a pressure insoles system. **Results:** In the initial analysis of the components of the normalized force we found statistical significant differences between speeds in Fz_{valley}, Fz₂ and braking and propulsive peaks. In absolute values differences were found in Fz_{valley}, and braking and propulsive peaks. After weight loss we found statistically significant differences between speeds in the vertical and anteroposterior components of force. Regarding pressure peaks, the evaluation found statistically significant differences between velocities in the regions of “other toes”, central and lateral forefoot and in the three zones of the rearfoot. The contact areas did not show any significant difference. **Conclusions:** The gait speed seems to have a moderate influence on forces and plantar pressures.

Keywords: Obesity, Biomechanics of Gait, Gait Speed, Plantar Pressure, Ground Forces Reaction, Bariatric Surgery, Weight Loss.

1. INTRODUÇÃO

A obesidade é um problema que se tem vindo a agravar desde há umas décadas, sendo a sua prevalência muitas vezes consequência da conjugação de alimentação errada com atividade física inadequada (Browning et al., 2009; Bult et al., 2008; Organização Mundial de Saúde [OMS], 2012).

Esta pode prejudicar gravemente a saúde, contribuindo de forma significativa para duas das principais causas de morte: as doenças cardiovasculares e as doenças oncológicas. Para além destas enfermidades, destacam-se os problemas musculo-esqueléticos, nomeadamente a osteoartrite (Buchwald et al., 2004; OMS, 2012). O estudo do sistema locomotor apresenta-se como uma ferramenta fundamental e com uma importância crescente na área da saúde (Bejek et al., 2006). Por uma questão de eficácia, a marcha é dividida em ciclos e fases que facilitam a comparação das suas características entre indivíduos com particularidades próprias e a comparação de diferentes velocidades da caminhada (Mills et al., 2007). Os instrumentos para a sua análise têm vindo a evoluir ao longo dos tempos sendo atualmente frequentes e específicos os estudos vídeo tridimensionais da marcha (Tulchin et al., 2009). Porém, estes estudos são normalmente efetuados com velocidades autosseleccionadas sem controlo, o que pode, na opinião de Tulchin et al. (2009), comprometer a comparação dos parâmetros da marcha.

No nosso estudo pretendemos verificar se a velocidade é uma fator diferenciador nos parâmetros de força, pressão plantar e área de contacto plantar na marcha do obeso antes e após perda de peso.

2. MÉTODOS

2.1. Amostra

Na consulta multidisciplinar do tratamento cirúrgico da obesidade do Centro Hospitalar de São João (HSJ) – Faculdade de Medicina do Porto foram selecionados 14 indivíduos (12 do sexo feminino e 2 do sexo masculino), com uma média de idades $37,4 \pm 7,6$ anos, massa corporal de $121,6 \pm 17,5$ kg, estatura média de $1,62 \pm 0,09$ m e índice de massa corporal (IMC) médio de $47,0 \pm 3,1$ kg/m², com o diagnóstico de obesidade mórbida candidatos a cirurgia bariátrica.

Como critério de exclusão consideramos a existência de alteração morfofuncional ou amputação do membro inferior, o uso de bengala, a existência de doença vascular periférica ou qualquer tipo de lesão plantar, a diminuição da acuidade visual, claudicação intermitente, história de doenças do aparelho locomotor e de abuso de álcool e outras drogas, que comprometessem a marcha independente. Consideramos como critério de inclusão idade entre 18 e 55 anos e IMC > 35 kg/m².

O estudo foi aprovado pela Comissão de Ética para a Saúde do Hospital de S. João – EPE e todos os sujeitos assinaram livremente um termo de consentimento informado.

2.2. Instrumentos e Protocolo

Para analisarmos as componentes vertical - primeiro pico de força (Fz_1), força no vale (Fz_{vale}) e, segundo pico de força (Fz_2) - e ântero-posterior - pico de travagem e, pico de aceleração - da força de reação do solo utilizamos uma plataforma de forças Bertec com uma frequência de amostragem de 1000Hz.

Para avaliar a distribuição da pressão plantar de cada indivíduo, durante o ciclo de marcha, foi utilizado o sistema de palmilhas transdutoras de pressão

PEDAR, da Novel. As palmilhas apresentam uma espessura de 1,5 mm e são constituídas por 99 sensores capacitivos, com uma frequência de amostragem de 100 Hz.

Os participantes foram avaliados em dois momentos: um inicial antes da cirurgia e outro entre 6 a 8 semanas após o tratamento, isto é, após a perda de peso.

Após a determinação da estatura e massa corporal foi calculado o IMC. Todos os participantes familiarizaram-se com o processo de caminhar sobre a plataforma. Foram efetuadas 3 passagens válidas no corredor de marcha (7 m), com apoio do membro inferior direito na plataforma de forças, a três velocidades distintas (autosseleccionada, lenta e rápida), perfazendo um total de 9 passagens. Com o intuito de uniformizar as velocidades foi utilizado um metrônomo, sendo a marcha lenta padronizada a 70 passos/minuto e a rápida a 120 passos/minuto. O calçado e roupa utilizados foram uniformizados.

2.3. Análise dos dados

O tratamento e análise das curvas de força e das pressões plantares foram realizados através de duas rotinas desenvolvidas em ambiente MATLAB especificamente para esse fim. Foi utilizada a média das três repetições de cada indivíduo.

Tendo em vista obter uma descrição detalhada das pressões do pé durante a marcha, foram analisados os picos de pressão e as respectivas áreas de contato. A divisão do pé baseou-se em estudos anteriores realizados por Cavanagh e Ulbrecht (1994) e Gurney et al. (2008), estando a fronteira entre o retropé (RP) e médiopé (MP) localizada a 73% do comprimento do pé medido no sentido dos dedos para o calcanhar. A fronteira entre o MP e o antepé (AP) localiza-se a 45% do comprimento do pé. Posteriormente dividiu-se cada uma das regiões conforme a figura 3.1.

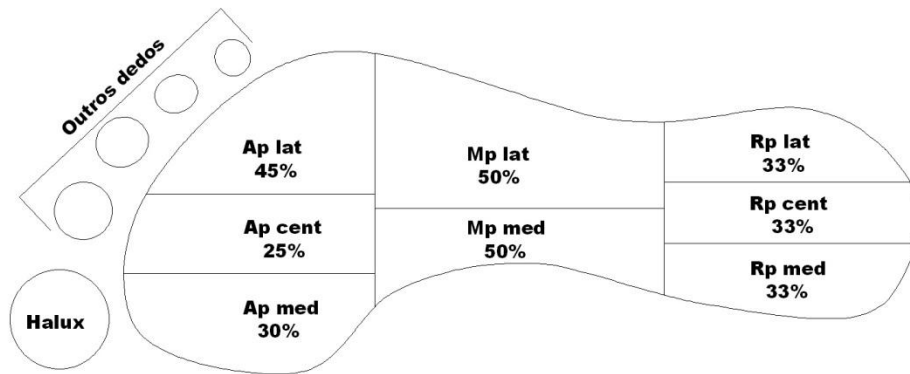


Figura 3.1 – Divisão do pé em dez regiões: halux, outros dedos, antepé medial (AP_{med}), antepé central (AP_{cent}), antepé lateral (AP_{lat}), mediopé medial (MP_{med}), mediopé lateral (MP_{lat}), retopé medial (RP_{med}), retopé central (RP_{cent}) e retopé lateral (RP_{lat}).

O tratamento e análise estatística foram efetuados recorrendo ao software SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) versão 20.0. Dada a dimensão da amostra, optou-se pela utilização de testes não-paramétricos. Para comparar as variáveis da marcha nas diferentes velocidades (lenta, autosseleccionada e rápida), aplicou-se o teste de Friedman, considerando o nível de significância de $\alpha=0,05$. Nas variáveis em que as diferenças encontradas foram estatisticamente significativas, foi utilizado um teste post-hoc para verificar onde se encontravam as diferenças, optando-se pelo teste de Wilcoxon. Para evitar erros tipo 1 nas comparações múltiplas, foi utilizado um ajuste de Bonferroni sobre os resultados, ou seja, dividiu-se o nível de significância pelo número de testes executados obtendo-se $\alpha=0,017$.

3. RESULTADOS

Observou-se uma redução de peso de aproximadamente 13,2% (antes $121,6 \pm 17,5$ kg; após $105,5 \pm 16,6$ kg, $p < 0,05$), e conseqüentemente, uma redução significativa do IMC (antes $47,0 \pm 3,1$ kg/m²; após $40,6 \pm 3,4$ kg/m², $p < 0,05$).

Quadro 3.1- Média e desvio padrão das componentes vertical e ântero-posterior da força normalizada ao peso corporal (N/BW) e da força (N) absoluta antes e após a operação.

Força	Velocidade da marcha	Antes da perda de peso		Após a perda de peso	
		Força normalizada (N/BW)	Força absoluta (N)	Força normalizada (N/BW)	Força absoluta (N)
Fz ₁	Lenta	0,99±0,03	1181,50±165,89	1,01±0,03	1045,69±161,64
	Auto	1,00±0,05	1133,16±197,10	0,99±0,04 [#]	995,04±185,55 [#]
	Rápida	1,03±0,05	1201,08±214,16	1,03±0,05 [*]	1068,57±176,41 [*]
Fz _{vale}	Lenta	0,91±0,03 ^{#*}	1085,63±166,30 ^{#*}	0,91±0,02 ^{#*}	944,56±157,79 ^{#*}
	Auto	0,83±0,04 ^{+##}	944,68±196,07 ⁺	0,86±0,03 ^{+##}	865,66±170,49 ^{+##}
	Rápida	0,78±0,03 ^{+*}	911,85±160,39 ⁺	0,78±0,05 ^{+*}	805,15±141,85 ^{+*}
Fz ₂	Lenta	1,01±0,03 [#]	1202,09±161,04	1,02±0,02 ^{#*}	1052,10±173,73 [#]
	Auto	1,03±0,04	1174,36±239,13	1,06±0,04	1069,37±206,05
	Rápida	1,05±0,05 ⁺	1214,41±195,98	1,07±0,03 ⁺	1108,70±175,95 ⁺
Pico de travagem	Lenta	-0,13±0,02 ^{#*}	-151,56±41,35 ^{#*}	-0,13±0,03 ^{#*}	-134,46±55,43 ^{#*}
	Auto	-0,15±0,03 ^{+##}	-168,62±57,49 ⁺	-0,16±0,04 ^{+##}	-165,75±53,53 ^{+##}
	Rápida	-0,18±0,03 ^{+*}	-218,17±68,49 ⁺	-0,19±0,03 ^{+*}	-203,55±56,61 ^{+*}
Pico de aceleração	Lenta	0,14±0,03 ^{#*}	168,08±53,27 [#]	0,14±0,02 ^{#*}	141,36±38,31 ^{#*}
	Auto	0,17±0,04 ^{+##}	190,58±63,92	0,17±0,03 ⁺	170,10±44,88 ^{+##}
	Rápida	0,19±0,03 ^{+*}	217,35±60,09 ⁺	0,19±0,04 ⁺	195,88±53,48 ^{+*}

*Apresenta p<0,05 com a velocidade lenta

*Apresenta p<0,05 com a velocidade autosselecionada

Apresenta p<0,05 com a velocidade rápida

O quadro 3.1 mostra os valores obtidos para as diferentes velocidades (lenta, autosselecionada e rápida) das variáveis Fz₁, Fz_{vale}, Fz₂, pico de travagem e pico de aceleração e o nível de significância das comparações múltiplas entre as velocidades. Para todas estas variáveis são apresentados os valores normalizados pelo peso corporal, bem como os valores da força absoluta.

Analisando os valores da avaliação inicial, verificamos que as diferenças existentes nos valores normalizados para as diversas velocidades de marcha, apenas não são significativas em Fz₁. No que respeita a Fz_{vale}, constatamos que a força normalizada diminuiu significativamente com o aumento da velocidade, ao contrário do pico de travagem que aumentou. Estudando os

seus valores absolutos apercebemo-nos que para algumas velocidades Fz_{Vale} e o pico de travagem deixaram de ter diferenças significativas. Relativamente a Fz_2 encontramos uma diminuição significativa de 3,8% da velocidade rápida para a velocidade lenta. Observando os valores absolutos, verificamos que apesar do teste de Friedman apontar a existência de diferenças estatisticamente significativas entre as velocidades, quando aplicado o teste post-hoc de Wilcoxon, estas não são encontradas. No que concerne ao pico de aceleração a força é significativamente diferente para todas as velocidades, havendo, tal como em Fz_2 , um aumento da força com o aumento de velocidade. Quando transpomos esta comparação para os valores absolutos apenas encontramos diferenças significativas entre as velocidades lenta e rápida.

Quando analisamos os resultados depois da perda de peso, em Fz_1 verifica-se uma diminuição significativa de 3,9% na força normalizada da velocidade rápida para a velocidade autoseleccionada. Quando comparamos os seus valores absolutos, essa diminuição é de 6,9%. No que respeita a Fz_{Vale} , verificamos que tanto a força normalizada como a absoluta diminuíram significativamente com o aumento da velocidade, ao contrário do pico de travagem que aumentou. Relativamente a Fz_2 , para além da força normalizada diminuir significativamente 4,7% ao comparar a velocidade rápida com a velocidade lenta, as diferenças entre a velocidade autosseleccionada e lenta passam também a ser estatisticamente significativas, havendo uma diminuição de 3,8%. Observando os valores absolutos, apenas encontramos uma diminuição significativa da força de 5,1% da velocidade rápida para a lenta. No que concerne ao pico de aceleração as diferenças da força normalizada apenas não são significativas entre a velocidade autosseleccionada e a rápida. Quando nos referimos aos valores absolutos, encontramos diferenças significativas entre todas as velocidades.

Quadro 3.2 - Média e desvio padrão do máximo de pressão plantar nas 10 regiões do pé.

Região do pé	Velocidade da marcha	Antes da perda de peso (kPa)	Após a perda de peso (kPa)
Halux	Lenta	326,56±121,20	367,99±102,98
	Auto	359,71±129,09	374,58±109,54
	Rápida	363,22±126,35	409,58±107,61
Outros dedos	Lenta	125,41±57,92 ^{#*}	137,87±75,58 [#]
	Auto	150,59±78,55 ⁺	140,16±54,87
	Rápida	164,18±99,27 ⁺	170,65±92,98 ⁺
AP _{med}	Lenta	299,81±75,57	317,62±100,95
	Auto	352,94±95,05	334,74±111,57
	Rápida	329,29±70,51	350,90±115,94
P _{cent}	Lenta	330,27±65,51 ^{#*}	337,03±99,81 [#]
	Auto	368,58±80,15 ⁺	367,59±81,96 [#]
	Rápida	382,83±73,60 ⁺	394,30±97,10 ^{+*}
AP _{lat}	Lenta	349,58±104,14 [#]	352,68±109,74 ^{#*}
	Auto	360,31±113,75	391,91±93,13 ⁺
	Rápida	404,87±98,85 ⁺	421,20±116,91 ⁺
MP _{med}	Lenta	100,92±16,22	79,27±36,92
	Auto	98,64±24,89	78,91±42,86
	Rápida	103,22±28,04	79,01±38,48
MP _{lat}	Lenta	169,35±41,04	157,02±43,76
	Auto	151,77±37,51	151,66±43,63
	Rápida	174,17±38,95	158,03±60,24
RP _{med}	Lenta	249,20±49,72 ^{#*}	255,30±54,58 [#]
	Auto	286,84±70,32 ⁺	270,55±44,82 [#]
	Rápida	300,37±60,52 ⁺	310,67±63,52 ^{+*}
RP _{cent}	Lenta	313,83±73,37 [#]	314,61±84,26 ^{#*}
	Auto	338,60±97,31 [#]	334,41±73,08 ^{+*}
	Rápida	372,21±76,00 ^{+*}	377,98±87,39 ^{+*}
RP _{lat}	Lenta	262,59±71,59	251,84±79,28 [#]
	Auto	295,18±80,28 [#]	291,16±112,95
	Rápida	248,74±70,01 [*]	302,80±112,27 ⁺

⁺ Apresenta p<0,05 com a velocidade lenta

^{*} Apresenta p<0,05 com a velocidade autosselecionada

[#] Apresenta p<0,05 com a velocidade rápida

Para o estudo dos picos de pressão e das áreas de contato utilizamos os valores absolutos. No quadro 3.2 e nas figuras 3.2 e 3.3 podemos observar e comparar os valores dos picos de pressão nas diferentes regiões a velocidades distintas (lenta, autosseleccionada e rápida).

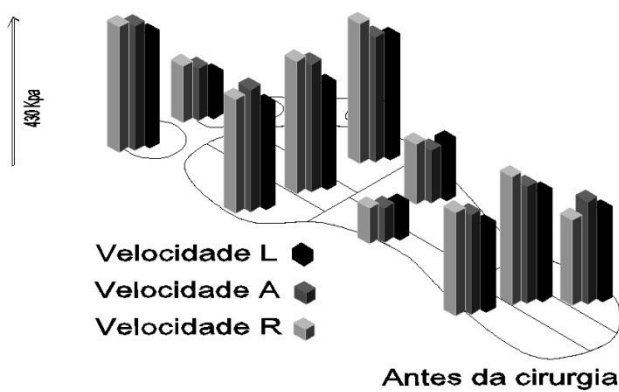


Figura 3.2 - Comparação entre as pressões de cada região nas velocidades lenta (L), autosseleccionada (A) e rápida (R) antes da cirurgia bariátrica.

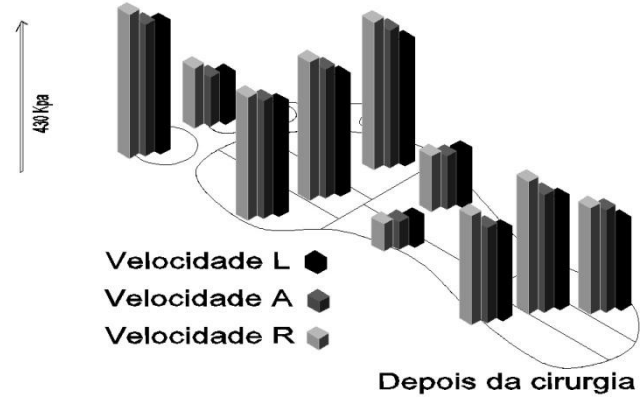


Figura 3.3 - Comparação entre as pressões de cada região nas velocidades lenta (L), autosseleccionada (A) e rápida (R) após a cirurgia bariátrica.

Ao analisar os picos de pressão, constatamos que não existem diferenças significativas entre as velocidades nas zonas do halux, antepé medial, mediopé medial e mediopé lateral.

Na avaliação inicial da região dos “outros dedos”, antepé central, antepé lateral, retropé medial e retropé central, verificamos que existem diferenças significativas de pressão entre algumas velocidades e que o aumento da velocidade leva a um aumento da pressão. No retropé lateral as diferenças de pressão significativas encontram-se entre as velocidades autosseleccionada e rápida verificando-se, contrariamente às zonas anteriores, uma diminuição significativa da pressão com o aumento da velocidade.

Após a perda de peso, nos “outros dedos” apenas encontramos um aumento da pressão entre as velocidades lenta e rápida ($p=0,004$). No que concerne às zonas antepé central, antepé lateral, retropé medial e retropé central, verificamos que existem diferenças significativas de pressão entre algumas velocidades e que o aumento da velocidade leva a um aumento da pressão. Observamos a presença de diferenças significativas de pressão entre velocidades tanto antes como após a cirurgia. Em todas elas a pressão cresce com o aumento da velocidade. No retropé lateral apenas encontramos

aumentos significativos de pressão entre as velocidades lenta e rápida, Também neste caso a pressão aumentou com o aumento da velocidade.

No que respeita à área de contacto (quadro 3.3), apenas antes da perda de peso existe uma tendência para haver diferenças entre as velocidades nas regiões do halux e do mediopé medial, mas estas não são estatisticamente significativas.

Quadro 3.3 - Média e desvio padrão da área de contato plantar nas 10 regiões do pé.

Região do pé	Velocidade da marcha	Antes da perda de peso (cm)	Após a perda de peso (cm)
Halux	Lenta	10,59±1,46	10,15±1,73
	Auto	10,08±2,11	10,28±1,78
	Rápida	10,68±1,75	10,38±1,61
Outros dedos	Lenta	10,58±2,43	9,41±3,22
	Auto	10,84±2,61	10,00±3,12
	Rápida	11,07±2,33	10,00±2,93
AP _{med}	Lenta	11,94±0,87	11,06±0,62
	Auto	11,65±1,17	11,25±0,72
	Rápida	11,85±0,69	11,10±0,72
AP _{cent}	Lenta	12,66±2,01	11,62±0,86
	Auto	12,31±1,87	11,66±0,90
	Rápida	12,21±0,84	11,66±0,90
AP _{lat}	Lenta	16,99±3,74	16,64±2,41
	Auto	16,86±3,55	16,86±2,04
	Rápida	17,63±1,92	16,77±2,27
MP _{med}	Lenta	11,82±4,61	8,08±4,39
	Auto	10,59±5,31	7,03±4,88
	Rápida	9,72±3,67	7,15±4,82
MP _{lat}	Lenta	23,47±2,10	22,99±3,41
	Auto	22,63±3,82	22,65±4,16
	Rápida	24,15±2,94	22,61±3,57
RP _{med}	Lenta	10,36±0,64	9,36±1,61
	Auto	10,08±1,12	9,25±1,57
	Rápida	10,14±1,02	9,33±1,63

RP _{cent}	Lenta	18,17±1,25	16,49±2,55
	Auto	17,72±1,93	16,49±2,55
	Rápida	17,84±1,62	16,49±2,55
RP _{lat}	Lenta	10,38±1,04	8,79±1,81
	Auto	9,90±1,43	8,80±1,68
	Rápida	10,19±1,18	8,71±1,62

4. DISCUSSÃO

Browning e Kram (2007) compararam 10 doentes obesos (IMC de $37.0 \pm 6.0 \text{ kg/m}^2$) com 10 sujeitos não obesos com idades que variavam entre 25,6 e 31,8 anos. Concluíram que, em ambos os grupos, o Fz_1 normalizado pelo peso corporal é significativamente menor para velocidades mais lentas, e que estas teriam menos influência em Fz_2 . Pelo contrário, o nosso estudo não qualquer diferença significativa devida à velocidade em Fz_1 antes da perda de peso. Quando analisamos os resultados normalizados de Fz_2 já encontramos uma diminuição significativa da força de 3,8% da velocidade rápida para a lenta. A velocidade autosseleccionada não apresentou diferenças significativas em relação a nenhuma das outras duas. Ao contrário do estudo anteriormente referenciado, quando normalizamos os valores pelo peso corporal antes da perda de peso, verificamos que a velocidade exerceu maior influência em Fz_2 que em Fz_1 . Isto talvez se deva ao facto da nossa amostra apresentar um IMC cerca de 21,3% superior à amostra desse estudo.

Quando comparamos com os resultados depois da perda de peso, verificamos que em Fz_1 estes vão de encontro ao estudo anteriormente referenciado, uma vez que a força diminuiu cerca de 6,9% da velocidade rápida para a autosseleccionada. Em Fz_2 a perda de peso aumentou a diminuição entre as velocidades rápida e lenta, passando de uma diminuição de 3,8% para 4,7%. Passa a existir ainda uma diminuição significativa de 3,8% entre as velocidades autosseleccionada e lenta. Relativamente ao pico de travagem, este apresentou magnitudes menores a velocidades mais lentas, concordando com o estudo de Browning e Kram (2007).

Comparando as forças absolutas antes da perda de peso, tanto no primeiro pico da componente vertical como no segundo não foram encontradas diferenças significativas. Prosseguindo para os resultados após a perda de peso, tanto os valores normalizados como a força absoluta estão de acordo com a bibliografia no que respeita à importância da velocidade nestas duas variáveis. O primeiro pico de força diminuiu 3,9% da velocidade rápida para a autosseleccionada, enquanto o segundo pico de força diminuiu 3,8% da velocidade autosseleccionada para a lenta. Quando observamos os valores absolutos, essa percentagem aumenta, sendo a diminuição de 6,9% da velocidade rápida para a autosseleccionada em Fz_1 e 5,1% da velocidade rápida para a lenta em Fz_2 . Chung e Wang (2010) estudaram as mudanças dos parâmetros da marcha a diversas percentagens da velocidade autosseleccionada para sujeitos não obesos e os valores foram normalizados pelo peso. Neste estudo Fz_1 aumentou com o incremento da velocidade (tal como aconteceu nos nossos resultados depois da perda de peso) ao contrário de Fz_{Vale} que diminuiu. Comparativamente com o nosso estudo, também Fz_{Vale} diminuiu sempre que a velocidade aumentou. A percentagem de decréscimo de Fz_{Vale} variou com a velocidade. No estudo de Chiu e Wang (2007) os resultados foram consistentes com os descritos, tendo o decréscimo da velocidade levado a uma diminuição de Fz_1 e a um aumento de Fz_{Vale} . Browning e Kram (2007) sugerem pela análise dos seus resultados que, velocidades mais lentas podem diminuir o risco de patologias em adultos obesos.

Na comparação das diferentes investigações relativas aos picos de pressão, temos de ter em conta as diferentes divisões do pé e o facto da maioria desses estudos ser efetuado em sujeitos não obesos.

No nosso estudo, verificamos que, de uma forma geral, há tendência para a pressão aumentar com a velocidade. Estes resultados são corroborados pelos estudos efetuados por Taylor et al. (2004) e Zhu et al. (1995). Porém há algumas exceções, tanto antes como após a perda de peso em MP_{med} e MP_{lat} , e antes da perda de peso em AP_{med} e RP_{lat} . Verifica-se assim uma diminuição da pressão plantar da velocidade lenta para a autosseleccionada antes da perda

de peso em MP_{med} e MP_{lat} e depois da perda de peso no último. Antes da perda de peso em MP_{med} a maior pressão surge na velocidade mais lenta, e a menor na velocidade autosselecionada. Em AP_{med} e RP_{lat} a pressão diminuiu da velocidade autosselecionada para a rápida. Das exceções anteriormente mencionadas, as diferenças apenas foram significativas em RP_{lat} . Tal como observámos no nosso estudo, também Taylor et al. (2004) chegaram à conclusão que o aumento da velocidade não afeta as regiões do pé da mesma forma.

No seu estudo, Taylor et al. (2004), estudaram a marcha a diferentes velocidades de uma população jovem de não obesos. O pé foi dividido de forma distinta do nosso estudo. Ao analisar os picos de pressão das diversas regiões, encontraram diferenças significativas no calcanhar medial e lateral, no antepé central, hálux, 2º dedo e 3º ao 5º dedo. Comparando com os nossos resultados, as diferenças entre as pressões plantares nas várias velocidades apenas não são estatisticamente significativas na região do hálux e em AP_{lat} . Os autores anteriormente mencionados, dividiram a região do retopé em duas partes enquanto no nosso estudo esta região foi dividida em três partes. Efetuando a analogia, em todo o retopé de ambos os estudos foram encontradas diferenças significativas nas diversas velocidades.

Menz e Morris (2006) e Taylor et al. (2004) constataram nos seus estudos que a velocidade talvez não seja um fator de grande influência nas forças e pressões plantares. Porém, contrariamente a estes, os nossos resultados indicam que a velocidade poderá ter alguma influência nas forças e pressões plantares, não tendo qualquer influência nas áreas de contacto.

5. CONCLUSÃO

Concluimos que no obeso, avaliando as componentes vertical e ântero-posterior da força de reação do solo, na avaliação pré-operatória encontramos diferenças entre velocidades em Fz_{vale} , Fz_2 , força nos picos de travagem e de aceleração. Nos valores absolutos, foram encontradas diferenças significativas

entre velocidades em $F_{z_{vale}}$, força nos picos de travagem e de aceleração. Com a diminuição de peso, as diferenças estatisticamente significativas entre velocidades foram encontradas nas componentes vertical e ântero-posterior da força. Com exceção de $F_{z_{vale}}$, a magnitude da força aumentou com o aumento de velocidade.

No que respeita aos picos de pressão, na avaliação foram encontradas diferenças estatisticamente significativas entre velocidades nas regiões “outros dedos”, antepé central e lateral e nas três zonas do retropé. Com exceção do retropé lateral na avaliação inicial, nas restantes zonas a pressão aumentou com o incremento da velocidade.

Nas áreas de contacto do pé com a palmilha não foi encontrada qualquer diferença significativa entre a marcha a diferentes velocidades.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bejek, Z., Paroczai, R., Illyés, Á., & Kiss, R. M. (2006). The influence of walking speed on gait parameters in healthy people and in patients with osteoarthritis. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 14, 612-622.
- Browning, R. C., & Kram, R. (2007). Effects of Obesity on the Biomechanics of Walking at Different Speeds. *Medicine & Science In Sports & Exercise* 39(9), 1632-1641.
- Browning, R. C., McGowan, C. P., & Kram, R. (2009). Obesity does not increase external mechanical work per kilogram body mass during walking. *Journal of Biomechanics*, 42, 2273-2278
- Buchwald, H., Avidor, Y., Braunwald, E., Jensen, M. D., Pories, W., Fahrbach, K., & Schoelles, K. (2004). Bariatric Surgery: A Systematic Review and Meta-analysis. *The Journal of American Medical Association*, 292(14), 1724-1737.
- Bult, M. I. J. F., Dalen, T. v., & F Muller, A. (2008). Surgical treatment of obesity. *European Journal of Endocrinology*, 158, 135-145.
- Cavanagh, P. R., & Ulbrecht, J. S. (1994). Clinical plantar pressure measurement in diabetes: rationale and methodology. *The Foot*, 4(3), 123-135.
- Chiu, M.C., & Wang, M.J. (2007). The effect of gait speed and gender on perceived exertion, muscle activity, joint motion of lower extremity, ground reaction force and heart rate during normal walking *Gait & Posture*, 25, 385-392.
- Chung, M.J., & Wang, M.J.J. (2010). The change of gait parameters during walking at different percentage of preferred walking speed for healthy adults aged 20–60 years. *Gait & Posture*, 31, 131-135.
- Gurney, J. K., Kersting, U. G., & Rosenbaum, D. (2008). Between-day reliability of repeated plantar pressure distribution measurements in a normal population. *Gait & Posture*, 27, 706-709.
- Menz, H. B., & Morris, M. E. (2006). Clinical determinants of plantar forces and pressures during walking in older people. *Gait & Posture*, 24, 229-236.

- Mills, P. M., Barrett, R. S., & Morrison, S. (2007). Agreement between footswitch and ground reaction force techniques for identifying gait events: Intersession repeatability and the effect of walking speed. *Gait & Posture*, 26, 323-326.
- OMS, (2012). Obesity and overweight. Fact sheet N°311, Consult. julho 2012, disponível em <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs311/en/>
- Taylor, A. J., Menz, H. B., & Keenan, A.-M. (2004). The influence of walking speed on plantar pressure measurements using the two-step gait protocol. *The Foot*, 14, 49-55.
- Tulchin, K., Orendurff, M., Adolfsen, S., & Karol, L. (2009). The Effects of Walking Speed on Multisegment Foot Kinematics in Adults *Journal of Applied Biomechanics*, 25, 377-386.
- Zhu, H., Wertsch, J. J., Harris, G. F., & Alba, H. M. (1995). Walking Cadence Effect on Plantar Pressures. *Arch Phys Med Rehabil*, 76, 1000-1005.

Marcha do obeso: Resultados da avaliação das forças de reação do solo e pressão plantar antes e após cirurgia bariátrica.

Mafalda Cortez¹, Marcelo P.Castro^{1,2,3}, Sofia Abreu¹, Maria João Matos^{4,5}, Paula Freitas^{4,5}, Leandro Machado^{1,2,3}, Davide Carvalho^{4,5}

¹Laboratório de Biomecânica, Faculdade de Desporto, Universidade do Porto

²Laboratório de Biomecânica da Universidade do Porto (LABIOMEPE)

³CIFI2D, Faculdade de Desporto, Universidade do Porto

⁴Serviço de Endocrinologia, Diabetes e Metabolismo do Centro Hospitalar de S. João

⁵Faculdade de Medicina do Porto da Universidade do Porto

A submeter para publicação

RESUMO

A obesidade é um problema emergente de saúde pública que afeta a qualidade de vida dos doentes. O estudo dos padrões de marcha nesta patologia tornou-se uma ferramenta fundamental para o diagnóstico e prescrição terapêutica da atividade física. **Objetivos:** Verificar se a perda de peso ocorrida 6 a 8 semanas após cirurgia bariátrica, constitui um fator diferenciador no padrão de marcha. **Amostra e métodos:** Seleccionamos 14 indivíduos (12 do sexo feminino e 2 do sexo masculino) com uma média de idades $37,4 \pm 7,6$ anos, massa corporal de $121,6 \pm 17,5$ kg, estatura média de $1,62 \pm 0,09$ m e IMC médio de $47,0 \pm 3,1$ kg/m², com obesidade mórbida candidatos a cirurgia bariátrica. Determinaram-se as características da dinâmica da marcha a três velocidades distintas, no pré-operatório e seis a oito semanas após a operação. Para analisarmos as componentes vertical (Fz) e ântero-posterior (Fy) da força de reação do solo usamos uma plataforma de forças e para avaliar a distribuição da pressão plantar foi utilizado um sistema de palmilhas transdutoras de pressão plantar. **Resultados:** Observou-se uma redução de peso de aproximadamente 13,2%. Na análise dinamométrica, encontraram-se diferenças estatisticamente significativas ($p < 0,05$), nas diversas velocidades, com a diminuição de peso em algumas variáveis da força normalizada (F_{z1} , F_{zvale} e F_{z2}), dos valores absolutos da força (F_{z1} , F_{zvale} , F_{z2} e pico de aceleração), da pressão plantar (AP_{cent} e MP_{med}) e das áreas de contacto ("outros dedos", AP_{med} , AP_{cent} , MP_{med} , RP_{med} , RP_{cent} e RP_{lat}). Não foi encontrada qualquer diferença estatisticamente significativa nas percentagens de tempo das componentes verticais e ântero-posteriores da força nem no zero médio. **Conclusões:** A diminuição de peso ocorrida entre seis a oito semanas após a cirurgia tem importantes repercussões biomecânicas no padrão de marcha nestes indivíduos. Os nossos resultados sugerem que a perda de peso poderá levar à diminuição do abatimento do arco longitudinal.

Palavras-chave: Obesidade, Cirurgia Bariátrica, Biomecânica da Marcha, Força de Reação do Solo, Pressão Plantar.

ABSTRACT

Obesity is an emerging public health problem that affects the quality of life of patients. The study of gait patterns in this condition becomes a fundamental tool for the diagnosis and prescription of therapeutics, namely of physical exercise. **Objetives:** To determine whether the weight loss that occurs 6 to 8 weeks after bariatric surgery, is a differentiating factor in the gait pattern. **Sample and methods:** We selected 14 individuals (12 female and 2 male) with a mean age $37,4\pm 7,6$ years old, body mass of $121,6\pm 17,5$ kg, height of $1,62\pm 0,09$ m and average BMI $47,0\pm 3,1$ kg/m², with morbid obesity and bariatric surgery candidates. For analyzing the vertical (Fz) and anteroposterior (Fy) components of the ground reaction force we used a force platform and to evaluate the plantar pressure distribution we used a system of pressure insoles. **Results:** It was observed a weight reduction of approximately 13,2%. In the analysis, we found statistically significant differences ($p<0,05$), at all studied speeds, with weight loss on some variables of normalized force (Fz_1 , Fz_{vale} and Fz_2), absolute values of force (Fz_1 , Fz_{vale} , Fz_2 and propulsive impulse), plantar pressure (AP_{cent} and MP_{med}) and of contact areas of the foot with the insole ("other toes", AP_{med} , AP_{cent} , MP_{med} , RP_{med} , RP_{cent} and RP_{lat}). It was not found any statistically significant difference in the percentages of time of anterior-posterior and vertical components of the force or at intermediate zero. **Conclusions:** The weight reduction that occurred between six to eight weeks after surgery has significant repercussions on the biomechanical gait pattern in these individuals. Our results suggest that the weight loss may lead to decreased dejection longitudinal arch.

Keywords: Obesity, Bariatric Surgery, Biomechanics of Gait, Ground Force Reaction, Plantar Pressure.

1. INTRODUÇÃO

Sendo a obesidade um grave problema da atualidade, a procura de soluções para esta problemática é constante. A cirurgia bariátrica apareceu para dar resposta aos doentes com obesidade mórbida, aparentando ser uma solução com resultados eficazes a longo prazo (Buchwald et al., 2004; Cummings et al., 2004; Monteforte & Turkelson, 2000;).

Uma das consequências da obesidade é a alteração do padrão de marcha afastando-se do considerado normal. Na opinião de Souza et al. (2005) estas alterações estão provavelmente relacionadas com a necessidade de estabilização pois o excesso de peso reduz a eficácia da marcha. Naturalmente, o excesso de peso provoca uma menor amplitude dos movimentos, dispneia, desconforto, fadiga precoce, diminuição da capacidade de absorção dos impactos e consequente degradação articular (Souza et al., 2005). Alguns estudos indicam que há tendência para a adiposidade mover o centro de massa para a frente, afetando a estabilidade postural e aumentando o risco de quedas (Corbeil et al., 2001; Himes & Reynolds, 2011; Teasdale et al., 2007).

As pressões plantares parecem ser também afetadas pelo excesso de peso. A literatura reporta elevadas pressões plantares em sujeitos obesos (Cavanagh et al., 1991; Hills et al., 2001, Vela et al., 1998).

No nosso estudo pretendemos verificar o efeito da perda de peso nas forças de reação do solo, nas pressões plantares e nas áreas de contato 6 a 8 semanas após a cirurgia bariátrica.

2. MÉTODOS

2.1. Amostra

Na consulta multidisciplinar do tratamento cirúrgico da obesidade do Centro Hospitalar de São João (HSJ) – Faculdade de Medicina do Porto foram selecionados 14 indivíduos (12 do sexo feminino e 2 do sexo masculino), com uma média de idades $37,4 \pm 7,6$ anos, massa corporal de $121,6 \pm 17,5$ kg, estatura média de $1,62 \pm 0,09$ m e índice de massa corporal (IMC) médio de $47,0 \pm 3,1$ kg/m², com o diagnóstico de obesidade mórbida candidatos a cirurgia bariátrica.

Como critério de exclusão consideramos a existência de alteração morfofuncional ou amputação do membro inferior, o uso de bengala, a existência de doença vascular periférica ou qualquer tipo de lesão plantar, a diminuição da acuidade visual, claudicação intermitente, história de doenças do aparelho locomotor e de abuso de álcool e outras drogas, que comprometessem a marcha independente. Consideramos como critérios de inclusão idade entre 18 e 55 anos e IMC > 35 kg/m².

O estudo foi aprovado pela Comissão de Ética para a Saúde do Hospital de S. João – EPE e todos os sujeitos assinaram livremente um termo de consentimento informado.

2.2. Instrumentos e Protocolo

Para analisarmos as componentes vertical - primeiro pico de força (Fz_1), força no vale (Fz_{vale}) e, segundo pico de força (Fz_2) - e ântero-posterior - pico de travagem e pico de aceleração - da força de reação do solo utilizamos uma plataforma de forças Bertec, a uma frequência de amostragem de 1000Hz.

Para avaliar a distribuição da pressão plantar de cada indivíduo, durante o ciclo de marcha, foi utilizado o sistema de palmilhas transdutoras de pressão

PEDAR, da Novel. As palmilhas apresentam uma espessura de 1,5 mm e são constituídas por 99 sensores capacitivos, funcionando a uma frequência de amostragem de 100 Hz.

Os participantes foram avaliados em dois momentos: um inicial e outro entre 6 a 8 semanas após o tratamento, isto é, após a perda de peso.

Após a determinação da estatura e massa corporal foi calculado o IMC. Todos os participantes familiarizaram-se com o processo de caminhar sobre a plataforma. Foram efetuadas 3 passagens válidas no corredor de marcha (7 m), com apoio do membro inferior direito na plataforma de forças, a três velocidades distintas (autosseleccionada, lenta e rápida), perfazendo um total de 9 passagens. Com o intuito de uniformizar as velocidades foi utilizado um metrônomo, sendo a marcha lenta padronizada a 70 passos/minuto e a rápida a 120 passos/minuto. O calçado e roupa utilizados foram uniformizados.

2.3. Análise dos dados

O tratamento e análise das curvas de força e das pressões plantares foram realizados através de duas rotinas desenvolvidas em ambiente MATLAB especificamente para esse fim. Foi utilizada a média das três repetições de cada indivíduo.

Tendo em vista obter uma descrição detalhada das pressões do pé durante a marcha, foram analisados os picos de pressão e as respectivas áreas de contacto. A divisão do pé baseou-se em estudos anteriores realizados por Cavanagh e Ulbrecht (1994) e Gurney et al. (2008), estando a fronteira entre o retropé (RP) e mediopé (MP) localizada a 73% do comprimento do pé medido no sentido dos dedos para o calcanhar. A fronteira entre o MP e o antepé (AP) localiza-se a 45% do comprimento do pé. Posteriormente dividiu-se cada uma das regiões conforme a figura 4.1.

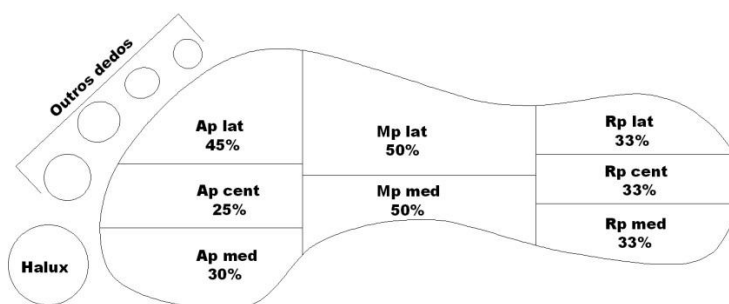


Figura 4.1 – Divisão do pé em dez regiões: hálux, outros dedos, antepé medial (AP_{med}), antepé central (AP_{cent}), antepé lateral (AP_{lat}), mediopé medial (MP_{med}), mediopé lateral (MP_{lat}), retopé medial (RP_{med}), retopé central (RP_{cent}) e retopé lateral (RP_{lat}).

O tratamento e análise estatística foram efetuados recorrendo ao software SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) versão 20.0. Dada a dimensão da amostra, optou-se pela utilização de testes não-paramétricos. Para comparar as variáveis da forças e das pressões plantares antes e após a operação, aplicou-se o teste de Wilcoxon, considerando o nível de significância $\alpha=0,05$.

3. RESULTADOS

Observou-se uma redução de peso de aproximadamente 13,2% (antes $121,6 \pm 17,5$ kg; após $105,5 \pm 16,6$ kg, $p < 0,05$), e, conseqüentemente, uma diminuição significativa do IMC (antes $47,0 \pm 3,1$ kg/m²; após $40,6 \pm 3,4$ kg/m², $p < 0,05$).

O quadro 4.1 apresenta os valores obtidos para as diferentes velocidades (lenta, autosselecionada e rápida) das variáveis Fz_1 , Fz_{Vale} , Fz_2 , pico de travagem e pico de aceleração antes e após a perda de peso. Para todas estas variáveis são apresentados os valores normalizados pelo peso corporal e os valores da força absoluta.

Analisando as diferenças existentes nos valores normalizados antes e após a perda de peso, constatamos que, após a perda de peso, há um aumento de 2% em Fz_1 a uma velocidade lenta, de 2,9% e de 1,9% em Fz_2 a uma velocidade autosselecionada e rápida, respetivamente, e de 3,6% em Fz_{Vale} a uma velocidade autosselecionada. Nas percentagens de tempo de Fz_1 ,

$F_{Z_{Vale}}$, F_{Z_2} , pico de travagem, pico de aceleração e zero médios, não foi encontrado qualquer tipo de diferenças estatisticamente significativas antes e após a perda de peso.

Ao analisarmos os valores absolutos da força, para além de encontrarmos mais variáveis com diferenças significativas, em todas elas a força diminuiu com a perda de peso. Essas diferenças são observadas em todas as velocidades em F_{Z_1} . Em F_{Z_2} e $F_{Z_{Vale}}$, a diferença deixou de ser significativa na velocidade autosseleccionada e passa a ser nas velocidades lenta e rápida. Analisando a componente ântero-posterior, encontramos uma diminuição significativa da força no pico de aceleração a uma velocidade lenta de 15,9% da avaliação inicial para a avaliação após a perda de peso e uma tendência para existir uma diminuição à mesma velocidade no pico de travagem ($p=0,048$).

Quadro 4.1 – Média e desvio padrão das componentes vertical e ântero-posterior da força de reação do solo normalizada (N/BW) e absoluta (N) antes e após a perda de peso.

Força	Velocidade da marcha	Força normalizada (N/BW)		Força absoluta (N)	
		Antes da perda de peso	Após a perda de peso	Antes da perda de peso	Após a perda de peso
F_{Z_1}	Lenta	0,99±0,03	1,01±0,03*	1181,50±165,89	1045,69±161,64*
	Auto	1,00±0,05	0,99±0,04	1133,16±197,10	995,04±185,55*
	Rápida	1,03±0,05	1,03±0,05	1201,08±214,16	1068,57±176,41*
$F_{Z_{Vale}}$	Lenta	0,91±0,03	0,91±0,02	1085,63±166,30	944,56±157,79*
	Auto	0,83±0,04	0,86±0,03*	944,68±196,07	865,66±170,49
	Rápida	0,78±0,03	0,78±0,05	911,85±160,39	805,15±141,85*
F_{Z_2}	Lenta	1,01±0,03	1,02±0,02	1202,09±161,04	1052,10±173,73*
	Auto	1,03±0,04	1,06±0,04*	1174,36±239,13	1069,37±206,05
	Rápida	1,05±0,05	1,07±0,03*	1214,41±195,98	1108,70±175,95*
$F_{\text{pico travagem}}$	Lenta	-0,13±0,02	-0,13±0,03	-151,56±41,35	-134,46±55,43*
	Auto	-0,15±0,03	-0,16±0,04	-168,62±57,49	-165,75±53,53
	Rápida	-0,18±0,03	-0,19±0,03	-218,17±68,49	-203,55±56,61
$F_{\text{pico aceleração}}$	Lenta	0,14±0,03	0,14±0,02	168,08±53,27	141,36±38,31*
	Auto	0,17±0,04	0,17±0,03	190,58±63,92	170,10±44,88
	Rápida	0,19±0,03	0,19±0,04	217,35±60,09	195,88±53,48

* $p<0,05$ entre o pré-operatório e o pós operatório

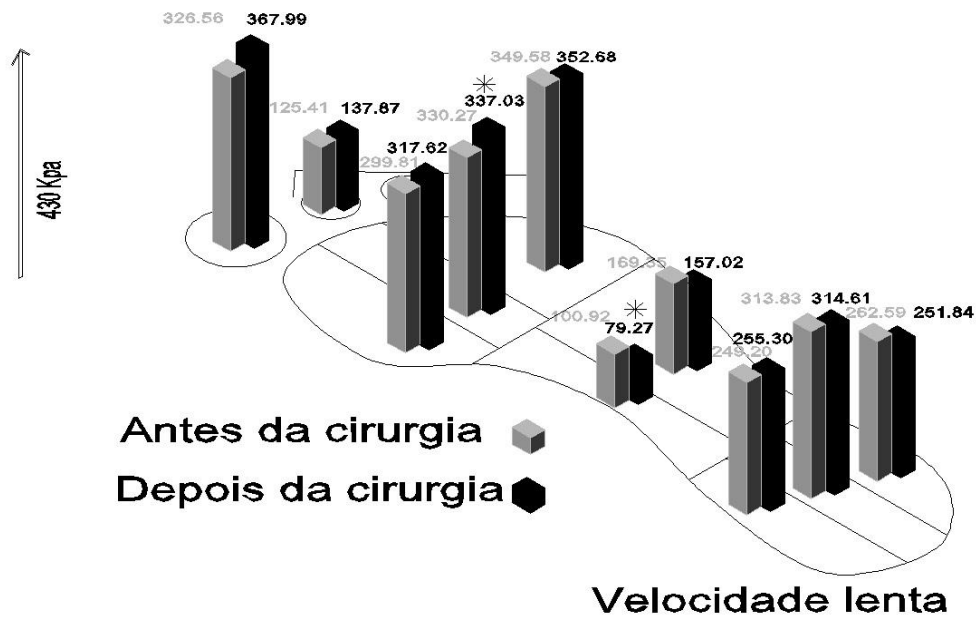


Figura 4.2 – Comparação dos valores médios do pico de pressão em cada região antes e após a cirurgia a uma velocidade lenta (70 passos/minutos). As diferenças estatisticamente significativas estão assinaladas com *.

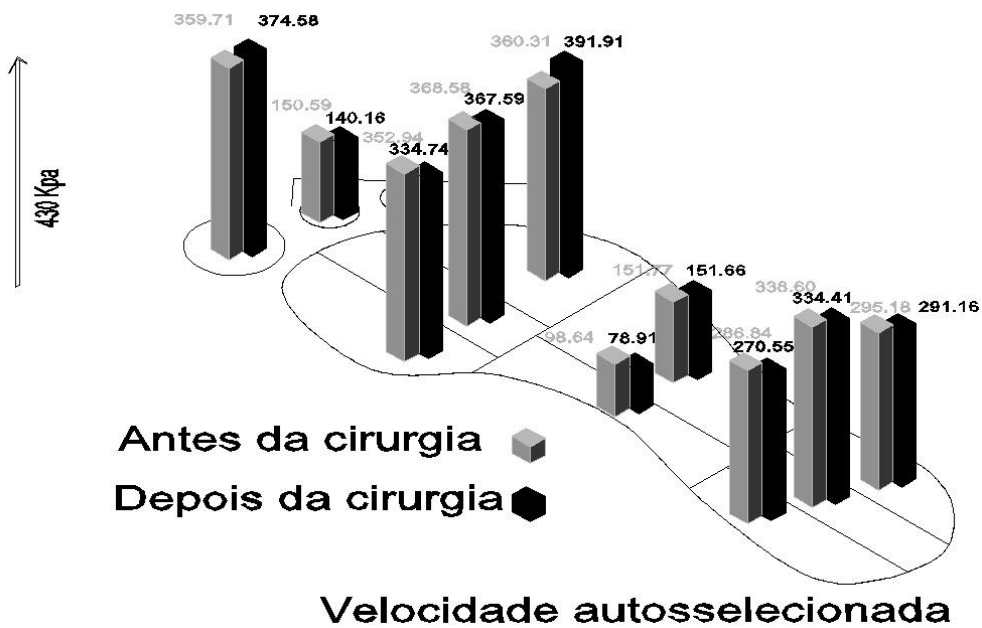


Figura 4.3 - Comparação dos valores médios do pico de pressão em cada região antes e após a cirurgia a uma velocidade autosselecionada. As diferenças estatisticamente significativas estão assinaladas com *.

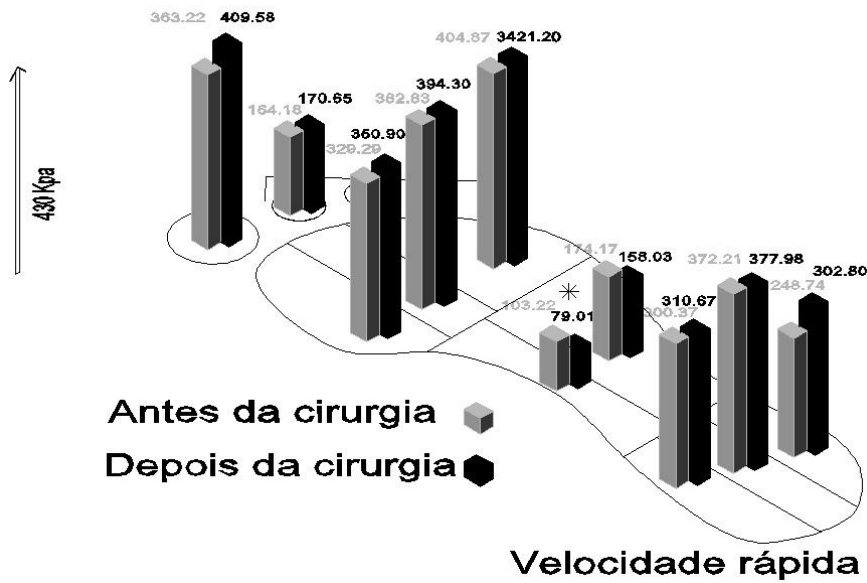


Figura 4.4 - Comparação dos valores médios do pico de pressão em cada região antes e após a cirurgia a uma velocidade rápida (120 passos/minutos). As diferenças estatisticamente significativas estão assinaladas com *.

Relativamente aos picos de pressão plantar (figuras 4.2, 4.3 e 4.4), as diferenças significativas foram encontradas nas regiões do antepé central a uma velocidade lenta e do mediopé medial nas velocidades lenta e rápida. Quando os sujeitos caminham a uma velocidade rápida há tendência para haver um aumento significativo da pressão entre a avaliação inicial e a avaliação após a perda de peso em AP_{cent} (p=0,05).

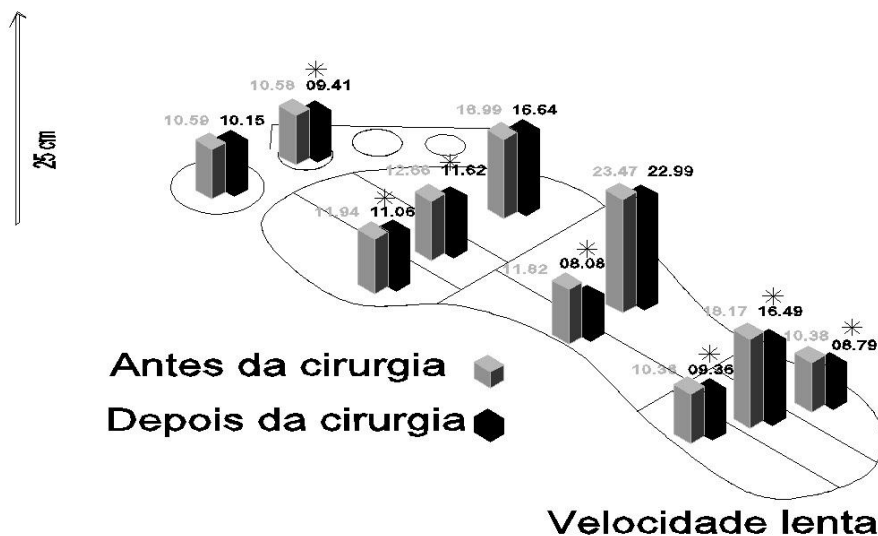


Figura 4.5 - Comparação dos valores médios das áreas de contacto em cada região antes e após a cirurgia a uma velocidade lenta (70 passos/minutos). As diferenças estatisticamente significativas estão assinaladas com *.

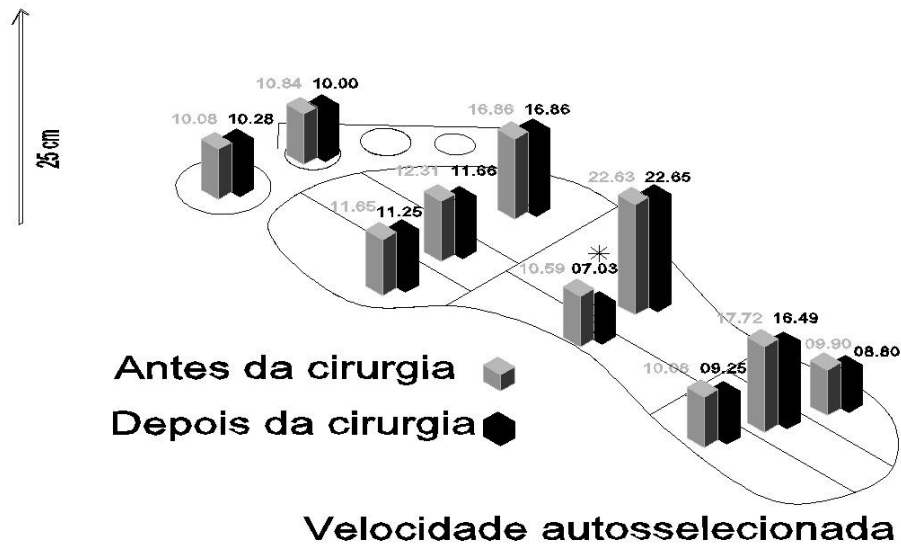


Figura 4.6 - Comparação dos valores médios das áreas de contacto em cada região antes e após a cirurgia a uma velocidade autosselecionada. As diferenças estatisticamente significativas estão assinaladas com *.

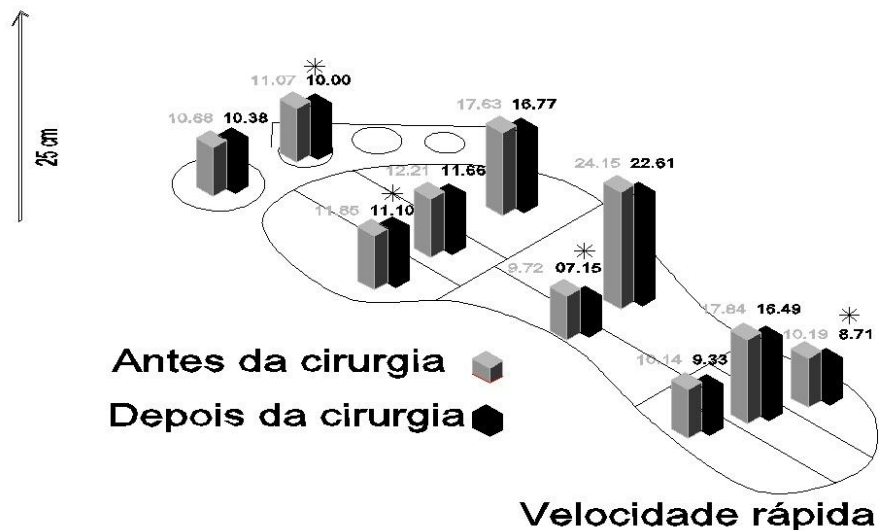


Figura 4.7 - Comparação dos valores médios das áreas de contacto em cada região antes e após a cirurgia a uma velocidade autosselecionada. As diferenças estatisticamente significativas estão assinaladas com *.

Quando observamos as figuras 4.5, 4.6 e 4.7 relativas às áreas de contacto, verificamos que esta vai diminuindo significativamente em algumas regiões com a perda de peso. Quando os sujeitos caminham a uma velocidade lenta, estas diferenças situam-se em “outros dedos”, AP_{med}, AP_{cent}, MP_{med}, RP_{med}, RP_{cent} e RP_{lat}. A uma velocidade rápida encontramos as diferenças nos outros dedos, em AP_{med}, MP_{med} e RP_{lat}, existindo tendência para encontramos

diferenças em AP_{cent} ($p=0,05$). Na velocidade autosseleccionada a diferença nas áreas de contacto apenas é encontrada em MP_{med} .

4. DISCUSSÃO

Lai et al. (2008) compararam as componentes da força na marcha dos obesos e não obesos a uma velocidade autosseleccionada. Neste caso a força foi normalizada pelo peso. Nos seus resultados observaram que as forças no 2º pico e no pico de aceleração eram significativamente mais baixas no grupo dos obesos relativamente aos não obesos. No nosso estudo, ao analisarmos a força normalizada, os valores mais baixos foram também encontrados no pré-operatório. O facto de não encontrarmos qualquer diferença significativa no pico de aceleração talvez se deva ao IMC no pós-operatório continuar a ser elevado ($40,6 \pm 3,4 \text{ kg/m}^2$). Admitimos por isso que seria positivo uma reavaliação mais tardia quando a perda de peso fosse superior. Um estudo interessante seria o de avaliar os doentes sempre que estes alterassem a sua categoria de IMC.

No que concerne aos picos de pressão plantar, vários estudos mencionam que o excesso de peso e obesidade não afetam significativamente esta variável (Boulton et al., 1983; Cavanagh et al., 1991). Nas suas revisões bibliográficas, também Hills et al. (2002) e Wearing et al. (2006) encontram estudos que vão de encontro ao anteriormente mencionado. Porém Wearing et al. (2006) mencionam que investigações mais recentes reportam para uma relação moderada do excesso peso com a pressão plantar. Já Hills et al. (2002) referem que vários autores reportam diferentes relações entre o IMC e a pressão plantar.

No nosso estudo, tanto antes como após a cirurgia, o maior pico de pressão é encontrado na região do antepé lateral a uma velocidade rápida e o menor pico de pressão é encontrado no mediopé medial a uma velocidade autosseleccionada. Hayafune et al. (1999) estudaram as pressões plantares de um grupo de indivíduos não obesos, dividindo o pé em 8 regiões. O maior pico de pressão ocorreu na região do hálux. Para perceber se o aumento do peso

influenciaria a pressão, Vela et al. (1998) adicionaram peso a sujeitos não obesos comparando as pressões no pé dos mesmos com peso e sem peso. Concluíram que o aumento de peso aumenta a pressão, e que, doentes obesos com pé diabético são excelentes candidatos ao tratamento de redução de peso para assim reduzirem a pressão nos pés. Prosseguindo esta linha de pensamento, Hills et al. (2001) consideraram interessante especular sobre as consequências a nível estrutural da carga repetida no pé e outras zonas das extremidades inferiores. No seu estudo citam outros autores que concluem que a obesidade tem implicações em comorbilidades como pé-diabético, úlceras do pé, dores músculo-esqueléticas graves, entre outras doenças e que o desconforto provocado pela obesidade parece alterar o padrão de marcha. Nos seus resultados encontraram diferenças significativas nas pressões plantares, reportando maiores pressões na zona do calcanhar, mediopé e zona central do metatarso, encontrando assim uma forte relação das pressões com o peso, particularmente no mediopé. Verificaram ainda que o aumento do peso provocava um aumento na área de contacto do mediopé. Como se verifica nos resultados apresentados por Henning & Milani (cit. por Wearing et al., 2006) também encontraram durante a marcha uma relação moderada entre o peso e a pressão plantar no mediopé. No estudo de Bolte et al. (cit. por Wearing et al., 2006), os indivíduos perderam cerca de 20% do peso inicial. Estes referem que a perda de peso teve como consequência a redução da pressão plantar no mediopé e nas cabeças dos metatarsos, e que a obesidade poderá provocar um abatimento do arco longitudinal no mediopé. Em 2004, Birtane e Tuna realizaram uma estudo comparando a marcha de obesos grau 1 e não obesos. Encontraram um aumento do pico de pressão no mediopé e na área de contacto total.

Os resultados do presente estudo mostram que as diferenças significativas, para além de estarem presentes no antepé central a uma velocidade lenta, também surgem no mediopé medial contribuindo para um abatimento do arco longitudinal e que, com a perda de peso, a área de contacto do mesmo também diminui em todas as velocidades.

5. CONCLUSÃO

Conclui-se que a diminuição de peso ocorrido 6 a 8 semanas após a cirurgia bariátrica tem repercussões biomecânicas significativas no padrão de marcha destes indivíduos,

Foram encontradas diferenças estatisticamente significativas para algumas componentes da força de reação do solo na comparação entre o pré-operatório e o pós-operatório. Quando analisamos os valores normalizados a uma velocidade lenta encontramos diferenças em Fz_1 e Fz_2 ; a uma velocidade autosseleccionada em Fz_2 e Fz_{vale} . Avaliando os valores absolutos da força, a uma velocidade lenta encontramos diferenças na componente vertical da força e no pico de aceleração; a uma velocidade autosseleccionada, encontramos diferenças em Fz_1 ; a uma velocidade rápida encontramos diferenças nas componentes verticais da força.

A análise dos picos de pressão permite concluir que apenas o antepé cental e o mediopé medial a uma velocidade lenta e o mediopé medial a uma velocidade rápida apresentam diferenças significativas. Com a perda de peso, provavelmente há uma tendência para a diminuição do abatimento do arco longitudinal, levando a uma diminuição da pressão no mediopé medial.

Relativamente às áreas de contacto, concluiu-se que existe uma diminuição das mesmas em algumas regiões do pé com a perda de peso. Essas diferenças são distintas consoante a velocidade. A única região que diminuiu significativamente com a perda de peso em todas as velocidades é MP_{med} , o que, aliado à diminuição significativa da pressão, corrobora a especulação de que a diminuição do abatimento do arco longitudinal está relacionada com a amplitude de perda de peso.

Por fim concluiu-se que, apesar de ter existido uma perda significativa de 13,2%, esta ainda não foi suficiente, uma vez que os sujeitos se continuaram a situar na categoria da obesidade mórbida. Teria sido interessante a reavaliação com perdas de peso superiores.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Birtane , M., & Tuna, H. (2004). The evaluation of plantar pressure distribution in obese and non-obese adults. *Clinical Biomechanics*, 19, 1055-1059.
- Boulton, A. J. M., Hardisty, C. A., Betts, R. P., Franks, C. I., Worth, R. C., Ward, J. D., & Duckworth, T. (1983). Dynamic Foot Pressure and Other Studies as Diagnostic and Management Aids in Diabetic Neuropathy. *Diabetes Care*, 6(1).
- Buchwald, H., Avidor, Y., Braunwald, E., Jensen, M. D., Pories, W., Fahrbach, K., & Schoelles, K. (2004). Bariatric Surgery: A Systematic Review and Meta-analysis. *The Journal of American Medical Association*, 292(14), 1724-1737.
- Cavanagh, P. R., Sims, D. S., & Sanders, L. J. (1991). Body Mass Is a Poor Predictor of Peak Plantar Pressure in Diabetic Men. *Diabetes Care*, 14(8), 750-755.
- Cavanagh, P. R., & Ulbrecht, J. S. (1994). Clinical plantar pressure measurement in diabetes: rationale and methodology. *The Foot*, 4(3), 123-135.
- Corbeil, P., Simoneau, M., Rancourt, D., Tremblay, A., & Teasdale, N. (2001). Increased Risk for Falling Associated with Obesity: Mathematical Modeling of Postural Control. *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*, 9(2), 126-136.
- Cummings, D. E., Overduin, J., & Foster-Schubert, K. E. (2004). Gastric Bypass for Obesity: Mechanisms of Weight Loss and Diabetes Resolution. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism* 89(6), 2608–2615.
- Gurney, J. K., Kersting, U. G., & Rosenbaum, D. (2008). Between-day reliability of repeated plantar pressure distribution measurements in a normal population. *Gait & Posture*, 27, 706-709.
- Hayafune, N., Hayafune, Y., & Jacob, H. A. C. (1999). Pressure and force distribution characteristics under the normal foot during the push-off phase in gait. *The Foot* , 9, 88-92.

- Hills, A. P., Hennig, E. M., Byrne, N. M., & Steele, J. R. (2002). The biomechanics of adiposity - structural and functional limitations of obesity and implications for movement. *The International Association for the Study of Obesity.obesity reviews*, 3, 35-43.
- Hills, A. P., Henning, E. M., McDonald, M., & Bar-Or, O. (2001). Plantar pressure differences between obese and non-obese adults: a biomechanical analysis. *Int. J. Obes. Relat. Metab. Disord.*, 25, 1674-1679.
- Himes, C. L., & Reynolds, S. L. (2011). Effect of Obesity on Falls, Injury, and Disability. *Journal of the American Geriatrics Society*, 2-6.
- Lai, P. P. K., Leung, A. K. L., Li, A. N. M., & Zhang, M. (2008). Three-dimensional gait analysis of obese adults. *Clinical Biomechanics*, 23, S2-S6.
- Monteforte, M. J., & M.Turkelson, C. (2000). Bariatric Surgery for Morbid Obesity. *Obesity Surgery*, 10, 391-401.
- Souza, S. A., Faintuch, J., Valezi, A. C., Sant'Anna, A. F., Gama-Rodrigues, J. J., Fonseca, I. C., Souza, R. B., & Senhorini, R. C. (2005). Gait Cinematic Analysis in Morbidly Obese Patients. *Obesity Surgery*, 15, 1238-1242.
- Teasdale, N., Hue, O., Marcotte, J., Berrigan, F., Simoneau, M., Dore, J., Marceau, P., Marceau, S., & Tremblay, A. (2007). Reducing weight increases postural stability in obese and morbid obese men. *International Journal of Obesity*, 31, 153-160.
- Vela, S. A., Lavery, L. A., Armstrong, D. G., & Anaim, A. A. (1998). The Effect of Increased Weight on Peak Pressures: Implications for Obesity and Diabetic Foot Pathology. *The Journal of Foot & Ankle Surgery*, 37(5), 416-420.
- Wearing, S. C., Hennig, E. M., Byrne, N. M., Steele, J. R., & Hills, A. P. (2006). The biomechanics of restricted movement in adult obesity. *The International Association for the Study of Obesity.obesity reviews*, 7, 13-24.

CAPITULO 5

Síntese Final e Considerações Gerais

SÍNTESE FINAL E CONSIDERAÇÕES GERAIS

Depois de efetuada a revisão da literatura, ficou evidente uma lacuna de conhecimento e a necessidade de estudar a marcha do obeso em diversas situações. Na literatura, encontramos bastantes estudos relativos à análise cinética da marcha, mas a avaliação das forças e pressões plantares e os efeitos resultantes da perda de peso em particular rápida como a resultante da cirurgia bariátrica na marcha não estão muito explorados.

No que concerne ao efeito da velocidade na marcha do obeso, concluímos que este pode ser um fator diferenciador da mesma, verificando-se diferenças significativas tanto em algumas componentes da força de reação do solo como nas pressões plantares de algumas regiões. O nosso estudo indica ainda que em indivíduos com obesidade mórbida, a velocidade não influencia significativamente as áreas de contacto do pé com a palmilha. Neste estudo o valor da velocidade autosseleccionada não foi controlado. Uma vez que a velocidade de marcha confortável varia consoante o individuo, provavelmente encontraríamos resultados mais interessantes e fiáveis se, em vez de utilizarmos uma cadência de velocidade lenta e rápida padronizada para todos os indivíduos, avaliássemos percentagens da velocidade autosseleccionada de cada sujeito. No que respeita à perda de peso após a operação, verificamos que esta ainda foi grande (13,2%), mas, mesmo na reavaliação, o IMC médio mantinha o grupo no grau de obesidade III, isto é, sem variação no grupo. Porém, apesar desta condicionante, já encontramos diferenças significativas nas variáveis estudadas. Uma das mais importantes, e que é consistente com a bibliografia, é a diminuição da pressão plantar e da área de contacto no mediopé. Esse resultado leva-nos a especular que provavelmente houve uma diminuição do abatimento do arco longitudinal. Uma vez que as forças, pressões plantares e áreas de contacto variam com o tipo de pé, seria interessante efetuar em paralelo com este estudo uma análise podológica, tentando estabelecer estas mesmas comparações entre sujeitos com o mesmo tipo de pé, minimizando assim os efeitos das diferenças anatómicas do pé.

Prosseguindo na mesma linha de pensamento, seria interessante realizar um estudo longitudinal que acompanhasse a evolução da perda de peso, ou seja, sempre que os doentes mudassem de categoria de IMC, far-se-ia uma reavaliação até os indivíduos atingirem o peso normal (se possível), e por fim, depois da remoção por cirurgia plástica do excesso de pele causado pela perda de peso.

ANEXOS

**Exmo. Senhor
Presidente da Comissão de Ética para a
Saúde do
Hospital de S. João – EPE**

Assunto: Pedido de apreciação e parecer para referenciação de pacientes obesos para participar em tese de Mestrado

Nome do Investigador Principal: Dr. Davide Carvalho

Título do projeto de investigação: Estudo comparativo da marcha do obeso antes e após uma operação de obesidade.

Exmo. Senhor Presidente:

Venho por este meio solicitar a V. Exa. que a Comissão de Ética aprecie e lavre o respetivo parecer, relativamente à possibilidade do serviço de endocrinologia possa referenciar pacientes a serem submetidos à colocação de banda gástrica para participarem no projeto de investigação em epígrafe, a realizar no Laboratório de Biomecânica da Faculdade de Desporto da Universidade do Porto.

Para o efeito, anexo toda a documentação referida no dossier da Comissão de Ética do Hospital de S. João respeitante a estudos/projetos de investigação.

Com os melhores cumprimentos.

Porto, 18 de janeiro de 2010

O INVESTIGADOR/PROMOTOR

Dr. Davide Carvalho
(Professor Catedrático)

Exmo. Senhor
Presidente do Conselho de Administração do
Hospital de S. João – EPE

Assunto: Pedido de autorização para referenciação de doentes para projeto de investigação

Nome do Investigador Principal: Professor Doutor Davide Carvalho

Título do projeto de investigação: *Estudo comparativo da marcha do obeso antes e após uma operação de obesidade.*

Exmo. Senhor Presidente:

Venho por este meio solicitar a autorização de V. Exa. para que o serviço de endocrinologia possa referenciar pacientes a serem submetidos à colocação de banda gástrica para participarem no projeto de investigação em epígrafe, a realizar no Laboratório de Biomecânica da Faculdade de Desporto da Universidade do Porto.

Para o efeito, anexo toda a documentação referida no dossier da Comissão de Ética do Hospital de S. João respeitante a estudos/projetos de investigação, à qual endereço pedido de apreciação e parecer.

Com os melhores cumprimentos.

Porto, 18 de janeiro de 2010

O INVESTIGADOR/PROMOTOR

Dr. Davide Carvalho
(Professor Catedrático)

Declaração de Consentimento

Considerando a "Declaração de Helsínquia" da Associação Médica Mundial (Helsínquia 1964; Tóquio 1975; Veneza 1983; Hong Kong 1989; Somerset West 1996 e Edimburgo 2000)

Estudo comparativo da marcha do obeso antes e após uma operação de obesidade

Pretende-se estudar o ciclo de marcha característico dos sujeitos em estudo, através de meios cinemáticos (registo de imagens em vídeo e seu posterior tratamento através do APAS System), dinamométricos (plataforma de forças e podobarometria) e electromiográficos, com o objetivo de verificar as adaptações no padrão de marcha do obeso, após a colocação de banda gástrica. Não serão utilizados recursos invasivos ou intrusivos, sendo garantida a não exposição pública do sujeito ou a exposição a riscos inusuais e a salvaguarda da intimidade durante as avaliações, bem como a subsequente manutenção da confidencialidade dos dados.

Eu, abaixo assinado, _____, compreendi a explicação sobre toda a investigação que se pretende realizar e na qual serei incluído(a) voluntariamente. Foi-me concedida toda a oportunidade para realizar as questões que julguei necessárias e para as quais obtive resposta satisfatória, não restando quaisquer dúvidas.

Tomei conhecimento de que, de acordo com as recomendações da Declaração de Helsínquia, a informação ou explicação que me foi prestada incluiu os objetivos, os métodos, os benefícios previstos, os potenciais riscos e o eventual desconforto. Além disso, foi-me confirmado o direito de desistir em qualquer momento de participar no estudo, sem que isso acarrete qualquer prejuízo na assistência que me é prestada. Foi-me ainda garantido o anonimato dos dados, assim como a sua confidencialidade.

Foi-me dado todo o tempo de que necessitei para refletir sobre esta proposta de participação.

Nestas circunstâncias, decido livremente aceitar participar neste projeto de investigação, tal como me foi apresentado pelo investigador(a).

Porto, ____ | _____ | ____

Assinatura do Voluntário

DECLARAÇÃO

Identificação do Investigador Principal:

Instituição a que pertence o Investigador Principal:

Título do Estudo/Projeto de Investigação:

Serviço onde pretende realizar o Estudo/Projeto de Investigação:

De acordo com a ética institucional, o profissional de saúde ("elo de ligação" pertencente ao serviço onde será realizada a investigação) que fará a ligação do investigador com os doentes, seus processos ou familiares é o **Professor Doutor Davide carvalho**, o qual, ao assinar este documento, declara ter conhecimento da Nota informativa da CES intitulada "ELO DE LIGAÇÃO".

Data: 18 de janeiro de 2010

Profissional do Serviço

Investigador(a) Principal

O “ELO DE LIGAÇÃO”

NOTA INFORMATIVA DA CES

O Hospital de S. João recebe, hoje, muitos pedidos para realização de estudos de investigação, por profissionais que não pertencem a esta Instituição. Torna-se indispensável, nestas circunstâncias, acautelar os direitos dos doentes e, bem assim, a confidencialidade devida aos seus dados pessoais, para que os mesmos não possam ser revelados sem o respetivo consentimento.

Para responder a esta questão, a Comissão de Ética do Hospital de S. João criou a figura do “Elo de ligação” que corresponderá ao profissional de saúde que aceita assumir a responsabilidade de fazer a ligação do doente ao investigador não pertencente ao Hospital de S. João.

O “Elo de ligação” deve assim ser um profissional da equipa de saúde do doente, nomeadamente seu médico ou seu enfermeiro, conhecedor pois, pela inerência das suas funções assistenciais, dos dados pessoais do doente que acompanha.

Ao “elo de ligação” competirá, agora, efetuar um contacto prévio com o doente. Neste contacto, o profissional de saúde terá como tarefa primordial informar o doente:

1. Do interesse do investigador em contactá-lo, para o convidar a participar no estudo
2. Dos direitos que lhe pertencem para, livremente, aceitar ou recusar este contacto do investigador, sem que dessa decisão decorra qualquer prejuízo para a assistência a que tem direito
3. De que será, enquanto “Elo de ligação”, o garante do respeito pela confidencialidade de todos os seus dados que, constantes do processo clínico, nada tenham a ver com o estudo em causa

Só depois desta anuência do doente é que será possível o investigador aceder à entrevista com o doente e, agora, iniciar toda a dinâmica inerente ao processo que conduzirá a um eventual consentimento do doente a participar no estudo.



COMISSÃO DE ÉTICA PARA A SAÚDE

A preencher pela CES
Projecto: ____ / ____
Relator: _____
Data de Recepção: ____ / ____ / ____
Data de Parecer da CES: ____ / ____ / ____

1. IDENTIFICAÇÃO DO ESTUDO / PROJECTO

a. *Nome do Investigador Principal:*

Dr. Davide Carvalho

b. *Título do Estudo / Projecto de Investigação:*

Estudo comparativo da marcha do obeso antes e após uma operação de obesidade.

c. *Nome da Entidade Promotora (se aplicável):*

Universidade do Porto, Faculdade de Desporto

d. *Serviço(s) hospitalar(es) onde será realizada a investigação:*

É solicitado ao serviço de Endocrinologia, a referenciação de pacientes a serem sujeitos a operação de obesidade que possam ser integrados na amostra

e. *Existem outros centros, nacionais ou não, onde a mesma investigação será efectuada?*

SIM

NÃO

f. *Descreva, sucintamente, os objectivos da investigação:*

Verificar as adaptações no padrão de marcha do obeso, após a colocação de banda gástrica.

g. *Data previsível de conclusão do Estudo / Projecto de Investigação:*

Julho de 2010

(Após a conclusão do estudo / projecto de investigação deve comunicar à CES o seu término, bem como enviar cópia dos resultados obtidos)

2. RISCOS / BENEFÍCIOS

a. *A investigação envolve doentes?*

SIM

NÃO



COMISSÃO DE ÉTICA PARA A SAÚDE

b. *A investigação envolve voluntários sãos?*

SIM

NÃO

c. *Que benefícios imediatos poderão advir para os participantes?*

Será realizada um estudo estabilométrico da equilibração e uma análise cinemática, podobarométrica, dinamométrica (por reacciométrica dinâmica 3D do solo) e EMG de superfície do ciclo de marcha dos sujeitos, permitindo despistar eventuais distúrbios do ciclo da marcha e da equilibração bipodal que aconselhem intervenção clínica.

d. *Que riscos ou incómodos lhes podem ser causados?*

Não se vislumbram riscos para os sujeitos. Os possíveis incómodos estão relacionados com a deslocação ao Laboratório de Biomecânica da FADE-UP (Rua Dr. Plácido Costa, 91) e com a duração da realização do teste (aproximadamente 45 a 60 min), os quais serão objecto de estratégias atenuantes particulares.

e. *A investigação envolve indivíduos privados do exercício de autonomia (crianças, pessoas com incapacidade temporária ou permanente do exercício de autonomia)?*

SIM *Quais?*

Que razões justificam este envolvimento?

NÃO

3. **CONFIDENCIALIDADE**

a. *Serão realizados questionários aos participantes?*

SIM (Se sim, junto, por favor, um exemplar do questionário que será utilizado)

NÃO

b. *Indique como será garantida a confidencialidade dos dados obtidos?*

Os dados obtidos serão sempre tratados mediante a atribuição de um código a cada sujeito, do qual apenas o coordenador do projecto será conhecedor. Os resultados individuais não serão apresentados enquanto tal.



COMISSÃO DE ÉTICA PARA A SAÚDE

5. **PROPRIEDADE DOS DADOS**

a. *Havendo Promotor, os dados obtidos constituirão propriedade exclusiva desta entidade?*

SIM

NÃO

b. *Estão definidos critérios de publicação dos resultados da investigação?*

SIM

NÃO

6. **RETRIBUIÇÃO FINANCEIRA**

a. *A investigação proposta envolve exames complementares?*

SIM *Quem suportará os seus custos?*

NÃO

b. *Este projecto é financiado?*

SIM *Qual a entidade financiadora?*

NÃO

c. *Está contemplado qualquer ressarcimento ou remuneração aos doentes:*

	SIM	NÃO	NÃO APLICÁVEL
Pela participação no estudo	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Pelas deslocações	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Pelas faltas ao serviço	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Pelos danos resultantes da sua participação no estudo	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

7. **SEGURO**

a. *Este estudo/projecto de investigação prevê intervenção clínica que implique a existência de um seguro para os participantes?*

SIM (Se sim, junto, por favor, cópia da Apólice de Seguro respectiva)

NÃO

V



COMISSÃO DE ÉTICA PARA A SAÚDE

8. TERMO DE RESPONSABILIDADE

Eu, abaixo-assinado, Dr. Davide Carvalho, Professor Catedrático da Universidade do Porto, na qualidade de Investigador Principal, declaro por minha honra que as informações prestadas neste questionário são verdadeiras. Mais declaro que, durante o estudo, serão respeitadas as recomendações constantes da Declaração de Helsínquia (com as emendas de Tóquio 1975, Veneza 1983, Hong-Kong 1989, Somerset West 1996 e Edimburgo 2000) e da Organização Mundial da Saúde, no que se refere à experimentação que envolve seres humanos.

Porto, _ 18 / Janeiro / 2010 _

O Investigador Principal

PARECER DA COMISSÃO DE ÉTICA PARA A SAÚDE DO HOSPITAL DE S. JOÃO	
emitido na reunião plenária da CES de ____ / ____ / ____	

VI

INFORMAÇÃO AO PARTICIPANTE

Pretende-se estudar o ciclo de marcha característico dos sujeitos em estudo, através de meios cinemáticos (registo de imagens em vídeo e seu posterior tratamento através do APAS System), dinamométricos (plataforma de forças e podobarometria) e electromiográficos, com o objetivo de verificar as adaptações no padrão de marcha do obeso, após a colocação de banda gástrica. Não serão utilizados recursos invasivos ou intrusivos, sendo garantida a não exposição pública do sujeito ou a exposição a riscos inusuais e a salvaguarda da intimidade durante as avaliações, bem como a subsequente manutenção da confidencialidade dos dados

Estudo comparativo da marcha do obeso antes e após uma operação de obesidade.

Investigador Responsável: Dr. Davide Carvalho (Professor Catedrático)

Sumário: *Para tal, pretende-se estudar o ciclo de marcha e a capacidade de equilibração característicos de sujeitos com obesidade mórbida permanente (índice de massa corporal igual ou superior a 40) antes e após serem sujeitos a uma operação de obesidade, através de meios cinemáticos (registo de imagens em vídeo e seu posterior tratamento computacional - APAS System), dinamométricos (plataforma de forças e podobarometria) e electromiográfico de superfície. Desta forma recolher-se-á a informação necessária para verificar as adaptações efetuadas no padrão de marcha, após a colocação da banda gástrica. Não serão utilizados recursos invasivos ou intrusivos, sendo garantida a não exposição pública do sujeito ou a exposição a riscos inusuais e a salvaguarda da intimidade durante as avaliações, bem como a subsequente manutenção da confidencialidade dos dados.*

Objetivo do Estudo: Verificar as adaptações no padrão de marcha do obeso, após a colocação de banda gástrica.

Benefícios esperados: Será realizado um estudo estabilométrico da equilibração e uma análise cinemática, podobarométrica, dinamométrica (por reacciométrica dinâmica 3D do solo) e EMG de superfície do ciclo de marcha dos sujeitos, permitindo despistar eventuais distúrbios do ciclo da marcha e da equilibração bipodal que aconselhem intervenção clínica.

Riscos para os participantes: Não se conhecem riscos particulares associados ao protocolo de testagem que será proposto aos voluntários.

Incómodos: Os incómodos previstos para os voluntários resumem-se à necessidade de se deslocarem ao Laboratório de Biomecânica (LABMEC) da Faculdade de Desporto (Rua Dr. Plácido Costa – Traseiras do Hospital de S. João), por duas vezes num período de um ano, durando cada visita aproximadamente uma hora.

A participação será absolutamente VOLUNTÁRIA e a livre decisão de participar só será tomada depois do convidado dispor do tempo necessário para refletir acerca do

pedido que lhe foi dirigido, inclusivamente para poder ouvir a opinião de terceiros. Apesar disso, o voluntário PODERÁ ABDICAR DA SUA PARTICIPAÇÃO EM QUALQUER MOMENTO, SEM QUALQUER TIPO DE PREJUÍZO, particularmente no que respeita ao seu relacionamento com o médico, ou aos direitos de assistência que lhe é devida.

NÃO IRÁ EXISTIR REMUNERAÇÃO.

Aceitando participar, o voluntário realizará as seguintes tarefas:

1. Deslocar-se ao LABMEC (FADE-UP) duas vezes num período de seis meses ano, em datas a acordar, para duas sessões de testes de aproximadamente uma hora de duração.
2. Uma vez recebidos preparar-se-ão (vestiário) com roupa casual – t-shirt e calções - e serão medidos (altura) e pesados para se calcular o Índice de Massa Corporal, verificando-se o grupo de estudo em que o sujeito se inclui.
3. Será preenchido um breve questionário de identificação / contacto, de anamnese de vida diária / atividade física e condições de inclusão.
4. O sujeito será ligado a aparelhos simples (podobarometria e EMG) e marcado com pequenos autocolantes refletos nos centros articulares das principais articulações (cinemetria).
6. Os sujeitos realizarão testes de contração isométrica voluntária máxima dos músculos a electromiografar (*Gastrocnemius medialis* e *Tibialis anterior*, em conformidade com as normas SENIAM - European Recommendations for Surface EMG, Hermens et al., 1999, Roessingh Research and Development b.v. ISBN 90-75452-15-2).
7. Depois, cada indivíduo passará por 6 vezes no corredor de marcha (7 m), apoiando em cada uma um pé sobre a plataforma de forças (BERTEC 4060-10), 3 com o pé direito e 3 com o pé esquerdo, a três velocidades distintas (lenta, intermédia e rápida), perfazendo um total de 18 passagens. As passagens sucessivas serão intervaladas de aproximadamente 1 min para evitar efeitos de fadiga.
9. Antes de terminada a sessão, será realizado o teste de equilíbrio, devendo o voluntário permanecer imóvel durante 45 s sobre a plataforma de forças, com os pés colocados à vontade e com os olhos abertos.
10. Terminada a recolha de dados, será então agendado o reteste após a sua operação, a realizar, esperadamente, dentro de um período inferior a um ano.

O Investigador Responsável

Dr. Davide Carvalho (Professor Catedrático)

MARCA DO OBESO: RESULTADOS PRELIMINARES DA AVALIAÇÃO ANTES E APÓS CIRURGIA BARIÁTRICA

Mafalda Cortez, Maria João Matos, Paula Freitas, Leandro Machado, Davide Carvalho

INTRODUÇÃO

A obesidade é uma doença crónica, considerada pela Organização Mundial de Saúde (OMS) como a Epidemia do século XXI (Teles et al., 2008). O elevado grau de gordura acumulado nestes doentes, afecta de forma nefasta a saúde (Ulijaszek e Lofink, 2006), aumentando a tensão exercida sobre as articulações e o risco de quedas e fracturas (Colné et al., 2008). O doente obeso refere com frequência queixas algias nas extremidades inferiores e a obesidade associa-se a uma elevada incidência de osteoartrite provavelmente em consequência de distúrbios da marcha. Browning e Kram (2007) referem que as caminhadas recomendadas para prevenção e tratamento da obesidade aumentam as cargas biomecânicas envolvidas na marcha, podendo aumentar o risco de patologias músculo-esqueléticas.

OBJECTIVOS

Geral

• Verificar se a perda de peso ocorrida 6 a 8 semanas após cirurgia bariátrica, constitui um factor diferenciador no padrão de marcha.

Específicos

- Comparar os valores da Força de Reacção do Solo na marcha de indivíduos antes e após a operação bariátrica, nomeadamente:
 - Componente Vertical (1º e 2º Picos e Vale);
 - Componente Antero-Posterior (Valor Máximo e Valor Mínimo);
- Comparar os valores da duração da fase de apoio na marcha de indivíduos antes e após a operação bariátrica.

MATERIAL E MÉTODOS

AMOSTRA

Número de Indivíduos	6, Sexo Feminino
Idade	38±8,3 Anos
Estatura	1,62±0,1m
Massa	119,4±15,3kg
IMC	47,6±3,7kg/m ²

INSTRUMENTO: Para analisarmos as componentes verticais (Fz) e antero-posterior (Fy) da força de reacção do solo usamos uma plataforma de forças Bertec.

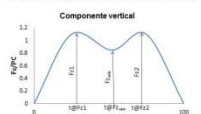


Figura 1: Curva Padrão da Componente Vertical da Força de Reacção do Solo, durante o apoio do pé no solo

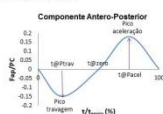


Figura 2: Curva Padrão da Componente Antero-Posterior da Força de Reacção do Solo, durante o apoio do pé no solo



Figura 3: Plataforma de forças, unidade de amplificação e conversor A/D, PC

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS: Determinaram-se as características da dinâmica da marcha no pré-operatório e seis a oito semanas após a operação. Cada indivíduo efectuou 3 passagens com apoio do membro inferior direito, a uma velocidade autoseleccionada.



Figura 4: Imagem ilustrativa da instrumentação e procedimentos metodológicos, no plano sagital.

O tratamento e análise das curvas de força foram realizados através de rotinas desenvolvidas em ambiente MATLAB especificamente para esse fim.

O tratamento e análise estatística foram efectuados recorrendo ao software SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) versão 17.0, realizando o teste de Wilcoxon. O nível de significância considerado foi de $\alpha=0,05$.

APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

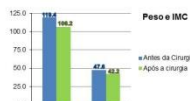


Figura 5: Peso e Índice de Massa Corporal (IMC) antes e após a Cirurgia Bariátrica

Observamos uma redução de massa com a cirurgia bariátrica (antes 119,4±15,3kg; após 106,2±14,5kg, $p<0,05$), e, consequentemente, uma diminuição do IMC (antes 47,6±3,7kg/m²; após 42,3±3,6kg/m²). (Fig 5)

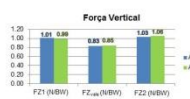


Figura 6: Comparação da força vertical antes e após a cirurgia bariátrica

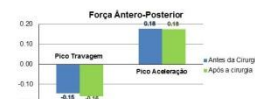


Figura 7: Comparação da força antero-posterior antes e após a cirurgia bariátrica

Nas figuras 6 e 7 podemos verificar que não existem diferenças significativas nos valores de força vertical e antero-posterior antes após a cirurgia.

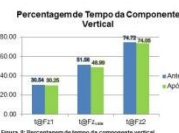


Figura 8: Percentagem de tempo da componente vertical



Figura 9: Percentagem de tempo da componente antero-posterior

Observamos diminuições estatisticamente significativas ($p<0,05$) no tempo de ocorrência do apoio médio de Fz_vale (% fase de apoio) (antes 51,6±2,9%; após 48,99±2,4%)(Figura 8).

Verificamos ainda que apenas o tempo de ocorrência do pico de travagem (% fase de apoio) (antes 21,4±0,85%; após 19,6±1,2%) revela uma diminuição estatisticamente significativa ($p<0,05$)(Figura 9).

A partir destes dados podemos constatar que, após uma perda de peso num curto espaço de tempo, a marcha destes doentes começa a sofrer alterações, embora não se tenham registado alterações estatisticamente significativas nas componentes de força vertical e antero-posterior. Tal poderá resultar do facto de os doentes ainda se encontrarem com uma massa elevada mantendo praticamente o mesmo Índice Massa Corporal, não tendo por isso perdido peso suficiente para alterar estas variáveis. Estudos a longo prazo poderão esclarecer este facto.

CONCLUSÕES

- A diminuição de peso ocorrida entre seis a oito semanas após a cirurgia tem repercussões biomecânicas significativas no padrão de marcha destes indivíduos.
- Foram encontradas diferenças estatisticamente significativas para algumas variáveis dinâmicas, nomeadamente: tempo de ocorrência do apoio médio de Fz_vale (% fase de apoio) e tempo de ocorrência do pico de travagem (% fase de apoio).
- O facto de na maioria das variáveis não se terem encontrado diferenças estatisticamente significativas, deve-se provavelmente à reduzida dimensão amostral ou à ainda reduzida perda de massa corporal.

REFERÊNCIAS

• Browning, R. C. & Kram, R. (2007). Effects of Obesity on the Biomechanics of Walking at Different Speeds. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 39(9):1632-1641.

• Colné, P., Frelut, M.L., Pérès, G., Thoumie, P. (2008). Postural control in obese adolescents assessed by limits of stability and gait initiation. *Gait & Posture*, 28, 164-169.

• Teles, A., Reis, J., Dias, T.(Coord). (2008). *Obesidade, Prevenção e Terapêutica*. Lisboa: Editorial Presença

• Ulijaszek, S. & Lofink, H. (2006). Obesity in Biocultural Perspective. *Annu. Rev. Anthropol.* 35:337-360.