

**U. PORTO**



**FACULDADE DE DESPORTO**  
**UNIVERSIDADE DO PORTO**

**Efeitos de um programa de exercício físico multicomponente,  
no equilíbrio de doentes com obesidade severa submetidos a  
cirurgia bariátrica.**

**Tiago da Silva Granja**

**Porto, 2018**



**U. PORTO**



**FACULDADE DE DESPORTO  
UNIVERSIDADE DO PORTO**

**Efeitos de um programa de exercício físico multicomponente,  
no equilíbrio de doentes com obesidade severa submetidos a  
cirurgia bariátrica.**

Dissertação apresentada com vista à obtenção do grau de mestre no 2º Ciclo de Atividade Física e Saúde, da Faculdade de Desporto da Universidade do Porto ao abrigo do Decreto de Lei nº. 74/2006 de 24 de março, sob a orientação do Doutor Hélder Rui Martins Fonseca e coorientação do Professor Doutor José Oliveira.

**Tiago da Silva Granja**

**Porto, 2018**

## Ficha de catalogação

Granja, T. (2018). Efeitos de um programa de exercício físico multicomponente, no equilíbrio de doentes com obesidade severa submetidos a cirurgia bariátrica. Porto: Dissertação de Mestrado apresentada à Faculdade de Desporto da Universidade do Porto.

**Palavras-chave:** OBESIDADE, EQUILÍBRIO, CONTROLO POSTURAL, CIRURGIA BARIÁTRICA, EXERCÍCIO FÍSICO

## Financiamento

A presente dissertação de Mestrado foi realizada no âmbito do Projeto BaSEIB *Clinical Trail - Bariatric Surgery and Exercise Intervention Bone Trial*, financiado pela Fundação para a Ciência e a Tecnologia (FCT; **PTDC/DTP-DES/0968/2014**) através de fundos nacionais e cofinanciado pelo Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional (FEDER) através do programa COMPETE – Programa Operacional Fatores de Competitividade (**POCI-01-0145-FEDER-016707**).





*As dificuldades são estímulos para aqueles que sabem lutar e vencer.*





## **Agradecimentos**

Primeiramente agradecer ao professor José Oliveira, pela oportunidade e incentivo para integrar o projeto BaSEIB. Ao professor Hélder Fonseca, pela sua disponibilidade, ensinamentos e auxílio na construção e orientação desta dissertação. Aos dois, o meu mais sincero obrigado! Aos parceiros e amigos Florêncio e Giorjines, pela ajuda e conselhos não só na construção desta dissertação como na minha vida profissional, pessoal e futura. A todo o restante corpo integrante do projeto BaSEIB, em especial, aos meus colegas de aula e aos alunos, pelas experiências vividas ao longo destes dois anos. Tenho certeza que contribuíram largamente para o meu crescimento profissional e humano.

Agradeço ao desporto e à música, por tudo o que representam na minha vida e por me oferecerem momentos diários de evolução e aprendizagem.

Aos meus amigos, pelos momentos de distração, partilha de conhecimento e o auxílio demonstrado nas fases mais difíceis desta etapa. Obrigado Filipa, por todo o apoio e carinho ao longo deste ano.

Por fim, à minha família. Aos meus avós paternos por toda a preocupação e suporte ao longo do meu percurso educativo. Aos meus pais, irmão e avó materna, pela disponibilidade e paciência em todos os momentos da minha vida. Serei a todos eternamente grato pelo esforço e dedicação com que vivem para me proporcionar as melhores opções de progresso académico, profissional e humano.



## Índice geral

<b>Agradecimentos</b>	<b>IX</b>
<b>Índice de figuras</b>	<b>XIII</b>
<b>Índice de tabelas</b>	<b>XV</b>
<b>Lista de abreviaturas</b>	<b>XVII</b>
<b>Resumo</b>	<b>XIX</b>
<b>Abstract</b>	<b>XXI</b>
<b>1. Introdução geral</b>	<b>3</b>
<b>2. Revisão da literatura</b>	<b>11</b>
2.1 Epidemiologia da obesidade	11
2.2 Equilíbrio e risco de queda e de fratura em doentes com obesidade	12
2.3. Possíveis mecanismos que expliquem a influência negativa da obesidade no risco de queda	18
2.4 Efeitos da perda de peso no risco de queda de doentes com obesidade	23
2.5 Avaliação do equilíbrio postural	25
2.6 Influência do exercício físico na prevenção do risco de queda e melhoria do equilíbrio	29
<b>3. Estudo experimental - Effects of an exercise training program on balance of obese patients following bariatric surgery</b>	<b>53</b>
3.1. Introduction	55
3.2. Materials and Methods	56
3.3. Results	61
3.4. Discussion	70
<b>4. Conclusão e perspectivas futuras</b>	<b>85</b>
<b>5. Referências</b>	<b>89</b>
<b>6. Anexos</b>	<b>XXV</b>



## Índice de figuras

- Figure 1.** Schematic flowchart of patients' recruitment and selection for analysis. 62
- Figure 2.** Ellipse in eyes open condition and eyes closed condition for the control and exercise groups one and six months following bariatric surgery. 67
- Figure 3.** Anterior-posterior mean velocity in eyes open condition and eyes closed condition for the control and exercise groups one and six months following bariatric surgery. 67
- Figure 4.** Anterior-posterior standard deviation in eyes open condition and eyes closed condition for the control and exercise groups one and six months following bariatric surgery. 68
- Figure 5.** Medial-lateral mean velocity in eyes open condition and eyes closed condition for the control and exercise groups one and six months following bariatric surgery. 68
- Figure 6.** Medial-lateral standard deviation in eyes open condition and eyes closed condition for the control and exercise groups one and six months following bariatric surgery. 69
- Figure 7.** Mean velocity total in eyes open condition and eyes closed condition for the control and exercise groups one and six months following bariatric surgery. 69



## Índice de tabelas

<b>Table 1.</b> Patients characteristics one and six months after bariatric surgery.	64
<b>Table 2.</b> Balance parameters between control and exercise groups with eyes open and eyes closed at one and six months after bariatric surgery.	66





## Lista de abreviaturas

ANOVA - analysis of variance  
AD - amplitude de deslocamento  
AP - ântero-posterior / antero-posterior  
BS - bariatric surgery  
BMI - body mass index  
CoP - center of pressure  
CM - centro de massa  
CP - centro de pressão  
CB - cirurgia barlátrica  
CG grupo de controlo / control group  
DMO - densidade mineral óssea  
DOT - deslocamento de oscilação total  
DP - desvio padrão  
EUA - Estado Unidos da América  
EG - grupo de exercício / exercise group  
EO - olhos abertos / eyes open  
EC - olhos fechados / eyes closed  
IMC - índice de massa corporal  
ML - médio-lateral/medio-lateral  
PF - plataformas de força  
RMS - root mean square  
RYGB - Roux-en-Y Gastric Bypass  
SNC - sistema nervoso central  
TFT - treino de força tradicional  
TP - treino de potência  
VMD - velocidade média dos deslocamentos



## Resumo

A obesidade é uma condição que está associada a um risco elevado de queda, grande parte consequência de perturbações na capacidade de manutenção do equilíbrio resultantes do excessivo peso corporal. A cirurgia bariátrica, ao reduzir substancialmente o peso, tem demonstrado ser também capaz de melhorar o equilíbrio em doentes com obesidade. Existem evidências de que o exercício físico é uma estratégia eficaz na melhoria do equilíbrio, sobretudo na população idosa. Contudo, não se sabe se o exercício físico é também eficaz na melhoria do equilíbrio em doentes com obesidade, particularmente naqueles que foram submetidos a cirurgia bariátrica. O objetivo deste trabalho é avaliar o efeito de um programa de exercício físico multicomponente no equilíbrio de doentes com obesidade severa submetidos a cirurgia bariátrica. O trabalho está organizado em duas secções: i) uma revisão da literatura acerca da obesidade, controlo postural e risco de queda, ii) e um estudo experimental em que: a) avaliamos o efeito da cirurgia no equilíbrio; e b) avaliamos o efeito de um programa de exercício físico multicomponente, aplicado durante 5 meses, num conjunto de variáveis de controlo postural em doentes com obesidade severa recentemente submetidos a cirurgia bariátrica. Após 5 meses de intervenção, foi possível concluir que a cirurgia bariátrica, por si só, não induziu melhorias significativas no equilíbrio. O exercício físico foi capaz de melhorar alguns parâmetros do equilíbrio, sendo a variável elipse, na condição de olhos abertos, aquela que apresentou melhorias significativas.

**Palavras-chave:** OBESIDADE, EQUILÍBRIO, CONTROLO POSTURAL, CIRURGIA BARIÁTRICA, EXERCÍCIO FÍSICO



## Abstract

Obesity is a condition associated with an increased fall risk mostly as a consequence of perturbations in the balance ability motivated by the excessive body weight. Bariatric surgery, by substantially reducing weight, has shown to be capable to improve balance in obese patients. There are also evidences that physical exercise is an efficient strategy to improve balance, especially in the elder population. However, there are no evidences showing if physical exercise is also capable of improving balance in obese patients, particularly in those who underwent bariatric surgery. The aim of this study was to evaluate the effect of a multicomponent physical exercise program on balance of severely obese patients that were submitted to bariatric surgery. This work was structured in two main sections: i) a literature review about obesity, postural control and fall risk, and ii) an experimental study where we: a) assessed the effects of bariatric surgery on balance; and b) evaluated the effect of a multicomponent physical exercise program, applied for 5 months, in a set of postural control variables in severely obese patients that recently had been submitted to bariatric surgery. After 5 months of intervention, our data showed that bariatric surgery, by it own, did not induced significant improvements in balance. Physical exercise however was capable to improve some of the balance parameters assayed, being the variable ellipse with open-eyes conditions, the one that revealed significant improvements.

**Keywords:** OBESITY, BALANCE, POSTURAL CONTROL, BARIATRIC SURGERY, PHYSICAL EXERCISE



## **1. Introdução geral**





## 1. Introdução geral

A obesidade é um dos principais problemas de saúde pública mundial (World Health Organization, 2014). O excesso de tecido adiposo é responsável pelo aparecimento de diversas comorbidades (Bell et al., 2014; Dobbins et al., 2013; Koning et al., 2007; Zhou et al., 2014) e pelo aumento do risco de mortalidade (Flegal et al., 2007). Adicionalmente, existem evidências de que indivíduos com obesidade têm um risco de queda aumentado (Himes & Reynolds, 2012; Mitchell et al., 2014) e, conseqüentemente, um aumento do risco de lesões traumáticas (Finkelstein et al., 2007; Gu et al., 2016; Himes & Reynolds, 2012). Um dos fatores que mais contribui para a ocorrência de quedas é um equilíbrio deficitário (Ganz et al., 2007; Rubenstein, 2006). Existem várias evidências que sugerem que os indivíduos obesos têm instabilidade postural superior à de indivíduos normoponderais (Dutil et al., 2013; Melzer & Oddsson, 2016; Son, 2016) e que essa instabilidade é maioritariamente motivada pelo excesso de peso (Hue et al., 2007). Existem evidências de que programas de redução de peso, nomeadamente através de dieta e exercício físico, são eficazes na melhoria do equilíbrio em doentes com obesidade (Berrigan et al., 2008; Maffiuletti et al., 2005; Sartorio et al., 2001). Nos últimos anos, a cirurgia bariátrica (CB) (cirurgia de redução de peso) tem-se assumido como uma opção, cada vez mais popular, de tratamento dos casos de obesidade severa e refrataria aos tratamentos conservadores (Picot et al., 2009). Para além de proporcionar uma perda significativa e duradoura do excesso de peso, a CB está associada a um conjunto alargado de benefícios metabólicos como a melhoria do perfil lipídico e diminuição da resistência à insulina (Adams et al., 2012). Adicionalmente existem evidências de que a CB está também associada a melhorias no equilíbrio (Handrigan et al., 2010; Teasdale et al., 2007).

O exercício físico, tem demonstrado ser uma estratégia eficaz na redução do risco de queda, particularmente na população idosa, (Cadore et al., 2013; Lee & Kim, 2017; Sherrington et al., 2016) contribuindo para a melhoria do equilíbrio através de diferentes mecanismos, nomeadamente através do aumento da força e da coordenação (Bottaro et al., 2007; Lesinski et al., 2015; Orr et al., 2006;

Pereira et al., 2012). Contudo, apesar da eficácia do exercício na melhoria do equilíbrio, não existem estudos que avaliem o seu potencial efeito benéfico em doentes com obesidade após terem sido submetidos a CB e que permitam concluir se as duas estratégias têm efeitos aditivos na redução do risco de queda destes doentes.

O objetivo deste trabalho é determinar o efeito da CB no equilíbrio de doentes com obesidade severa e avaliar o efeito de um programa de exercício físico multicomponente na melhoria do equilíbrio destes doentes. Para responder a este propósito, estruturou-se esta dissertação em 4 capítulos. O primeiro capítulo é constituído por uma introdução geral, que incluiu os principais objetivos do estudo e a contextualização do tema principal. O segundo capítulo incluiu uma revisão da literatura das evidências relacionadas com obesidade, risco de queda e equilíbrio postural. O terceiro capítulo é composto pelo trabalho experimental que testa o efeito da cirurgia e de um programa de exercício físico no equilíbrio de doentes com obesidade severa submetidos a CB. No 4 capítulo é apresentada a conclusão e discussão geral do trabalho.

## Referências

- Adams, T. D., Davidson, L. E., Litwin, S. E., Kolotkin, R. L., LaMonte, M. J., Pendleton, R. C., Strong, M. B., Vinik, R., Wanner, N. A., & Hopkins, P. N. (2012). Health benefits of gastric bypass surgery after 6 years. *Journal of American Medical Association*, 308(11), 1122-1131.
- Bell, J. A., Kivimaki, M., & Hamer, M. (2014). Metabolically healthy obesity and risk of incident type 2 diabetes: A meta-analysis of prospective cohort studies. *Obesity Reviews*, 15(6), 504-515.
- Berrigan, F., Hue, O., Teasdale, N., & Simoneau, M. (2008). Obesity adds constraint on balance control and movement performance. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, 52(19), 1364-1368.

- Bottaro, M., Machado, S. N., Nogueira, W., Scales, R., & Veloso, J. (2007). Effect of high versus low-velocity resistance training on muscular fitness and functional performance in older men. *European Journal of Applied Physiology, 99*(3), 257-264.
- Cadore, E. L., Rodriguez-Manas, L., Sinclair, A., & Izquierdo, M. (2013). Effects of different exercise interventions on risk of falls, gait ability, and balance in physically frail older adults: A systematic review. *Rejuvenation Research, 16*(2), 105-114.
- Dobbins, M., Decorby, K., & Choi, B. C. (2013). The association between obesity and cancer risk: A meta-analysis of observational studies from 1985 to 2011. *ISRN Preventive Medicine, 2013*, 1-16.
- Dutil, M., Handrigan, G., Corbeil, P., Cantin, V., Simoneau, M., Teasdale, N., & Hue, O. (2013). The impact of obesity on balance control in community-dwelling older women. *Age (Dordr), 35*(3), 883-890.
- Finkelstein, E. A., Chen, H., Prabhu, M., Trogon, J. G., & Corso, P. S. (2007). The relationship between obesity and injuries among U.S. Adults. *American Journal of Health Promotion, 21*(5), 460-468.
- Flegal, K. M., Graubard, B. I., Williamson, D. F., & Gail, M. H. (2007). Cause-specific excess deaths associated with underweight, overweight, and obesity. *Journal of American Medical Association, 298*(17), 2028-2037.
- Ganz, D. A., Bao, Y., Shekelle, P. G., & Rubenstein, L. Z. (2007). Will my patient fall? *Journal of American Medical Association, 297*(1), 77-86.
- Gu, J. K., Charles, L. E., Andrew, M. E., Ma, C. C., Hartley, T. A., Violanti, J. M., & Burchfiel, C. M. (2016). Prevalence of work-site injuries and relationship between obesity and injury among U.S. workers: NHIS 2004-2012. *Journal of Safety Research, 58*, 21-30.
- Handrigan, G., Hue, O., Simoneau, M., Corbeil, P., Marceau, P., Marceau, S., Tremblay, A., & Teasdale, N. (2010). Weight loss and muscular strength affect static balance control. *International Journal of Obesity, 34*(5), 936-942.
- Himes, C. L., & Reynolds, S. L. (2012). Effect of obesity on falls, injury, and disability. *Journal of the American Geriatrics Society, 60*(1), 124-129.

- Hue, O., Simoneau, M., Marcotte, J., Berrigan, F., Dore, J., Marceau, P., Marceau, S., Tremblay, A., & Teasdale, N. (2007). Body weight is a strong predictor of postural stability. *Gait & Posture, 26*(1), 32-38.
- Koning, L., Merchant, A. T., Pogue, J., & Anand, S. S. (2007). Waist circumference and waist-to-hip ratio as predictors of cardiovascular events: Meta-regression analysis of prospective studies. *European Heart Journal, 28*(7), 850-856.
- Lee, S. H., & Kim, H. S. (2017). Exercise interventions for preventing falls among older people in care facilities: A meta-analysis. *Worldviews on Evidence-Based Nursing, 14*(1), 74-80.
- Lesinski, M., Hortobagyi, T., Muehlbauer, T., Gollhofer, A., & Granacher, U. (2015). Effects of balance training on balance performance in healthy older adults: A systematic review and meta-analysis. *Sports Medicine, 45*(12), 1721-1738.
- Maffiuletti, N., Agosti, F., Proietti, M., Riva, D., Resnik, M., Lafortuna, C., & Sartorio, A. (2005). Postural instability of extremely obese individuals improves after a body weight reduction program entailing specific balance training. *Journal of Endocrinological Investigation, 28*(1), 2-7.
- Melzer, I., & Oddsson, L. I. (2016). Altered characteristics of balance control in obese older adults. *Obesity Research & Clinical Practice, 10*(2), 151-158.
- Mitchell, R. J., Lord, S. R., Harvey, L. A., & Close, J. C. (2014). Associations between obesity and overweight and fall risk, health status and quality of life in older people. *Australian and New Zealand journal of Public Health, 38*(1), 13-18.
- Orr, R., De Vos, N. J., Singh, N. A., Ross, D. A., Stavrinou, T. M., & Fiatarone-Singh, M. A. (2006). Power training improves balance in healthy older adults. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences, 61*(1), 78-85.
- Pereira, A., Izquierdo, M., Silva, A. J., Costa, A. M., Bastos, E., González-Badillo, J., & Marques, M. C. (2012). Effects of high-speed power training on functional capacity and muscle performance in older women. *Experimental Gerontology, 47*(3), 250-255.

- Picot, J., Jones, J., Colquitt, J. L., Gospodarevskaya, E., Loveman, E., Baxter, L., & Clegg, A. J. (2009). The clinical effectiveness and cost-effectiveness of bariatric (weight loss) surgery for obesity: A systematic review and economic evaluation. *Health Technology Assessment* 13(41), 1-6.
- Rubenstein, L. Z. (2006). Falls in older people: Epidemiology, risk factors and strategies for prevention. *Age Ageing*, 35(Suppl 2), ii37-ii41.
- Sartorio, A., Lafortuna, C. L., Conte, G., Faglia, G., & Narici, M. V. (2001). Changes in motor control and muscle performance after a short-term body mass reduction program in obese subjects. *Journal of Endocrinological Investigation*, 24(6), 393-398.
- Sherrington, C., Michaleff, Z. A., Fairhall, N., Paul, S. S., Tiedemann, A., Whitney, J., Cumming, R. G., Herbert, R. D., Close, J. C. T., & Lord, S. R. (2016). Exercise to prevent falls in older adults: An updated systematic review and meta-analysis. *British Journal of Sports Medicine*, 51(24), 1750-1758.
- Son, S. M. (2016). Influence of obesity on postural stability in young adults. *Osong Public Health Res Perspect*, 7(6), 378-381.
- 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(1), 153-160.
- World Health Organization. (2014). *Global status report on noncommunicable diseases 2014*. Geneva: World Health Organization.
- Zhou, Z. Y., Liu, Y. K., Liu, F., & Chen, H. L. (2014). Body mass index and knee osteoarthritis risk: A dose-response meta-analysis. *Obesity (Silver Spring)*, 22(10), 2180-2185.



## **2. Revisão de literatura**





## 2. Revisão da literatura

### 2.1 Epidemiologia da obesidade

Ao longo das últimas décadas, o estilo de vida das populações sofreu profundas alterações. A crescente evolução tecnológica levou a uma gradual simplificação e, em muitos casos, à completa automatização de diversas tarefas do quotidiano doméstico e laboral que se caracterizavam por um elevado dispêndio energético (Popkin, 1999; World Health Organization, 2003). Tais modificações, associadas a alterações nos padrões alimentares (Monteiro et al., 2013; Zhai et al., 2014) tiveram um impacto significativo na saúde das populações (Blekkhorst & Prince, 2015; Te Morenga et al., 2014). O aumento no consumo de alimentos com adição de açúcares, alimentos processados, ricos em gordura saturada e a diminuição no consumo de hidratos de carbono complexos e legumes, associados a um declínio no dispêndio energético e a um estilo de vida sedentário (Church et al., 2011), surgem como importantes fatores etiológicos para a atual prevalência de obesidade (Popkin, 1999; Popkin et al., 2012) e, conseqüentemente, a obesidade e o excesso de peso tornaram-se altamente prevalentes na população mundial (Finucane et al., 2011).

A obesidade caracteriza-se por uma acumulação excessiva de tecido adiposo com efeitos negativos na saúde (World Health Organization, 2000) e o seu diagnóstico e grau de severidade é feito com base na determinação do índice de massa corporal (IMC), sendo considerado critério diagnóstico de obesidade um  $IMC \geq 30\text{kg/m}^2$  (World Health Organization, 2000). A obesidade está associada a um conjunto de fatores de risco, nomeadamente aumento do risco de diabetes *mellitus* tipo 2, doenças cardiovasculares, vários tipos de cancro, osteoartrose e problemas respiratórios (Bell et al., 2014; Dobbins et al., 2013; Koning et al., 2007; Steier et al., 2014; Zhou et al., 2014) e, conseqüentemente, ao aumento do risco de mortalidade (Flegal et al., 2007). Devido à sua elevada prevalência, morrem em todo o mundo, cerca de 2,8 milhões de pessoas a cada ano em resultado de complicações associadas à obesidade (World Health Organization, 2011).

Dados epidemiológicos mundiais de 2013 sugeriam que 36,9% dos homens e 38% das mulheres apresentavam um IMC  $\geq 25\text{kg/m}^2$ , ou seja, excesso de peso, registando-se um aumento na prevalência de obesidade e excesso de peso, entre 1980 até à atualidade, de 921 milhões para 2,1 bilhões (Ng et al., 2014). Dados epidemiológicos recentes sugerem que mais de um terço da população adulta nos EUA tem obesidade (Ogden et al., 2015) e que em 2008, na europa, mais de 50% da população teria excesso de peso e mais de 20% teria obesidade (World Health Organization, 2013), sendo que a prevalência de obesidade nos homens varia entre 4% a 28.3% e nas mulheres entre 6.2% a 36.5%, tendo o mediterrâneo ocidental como a região com maior prevalência de obesidade (Berghofer et al., 2008). Em Portugal, os dados existentes sugerem que a prevalência de obesidade e excesso de peso é de 30% e 40%, respetivamente (Instituto Nacional de Saúde Doutor Ricardo Jorge, 2016).

## **2.2 Equilíbrio e risco de queda e de fratura em doentes com obesidade**

Para além do aumento do risco de mortalidade por eventos cardiovasculares ou neoplásicos (Dobbins et al., 2013; Koning et al., 2007), existem evidências de que a obesidade está associada a um aumento do risco de queda (Himes & Reynolds, 2012; Mitchell et al., 2014; Rossi-Izquierdo et al., 2016), e de fratura óssea (Bergkvist et al., 2009; Kessler et al., 2013; Pirro et al., 2010; Prieto-Alhambra et al., 2012; Tanaka et al., 2013), apesar das evidências que sugerem que o excesso de peso está associado a uma elevada densidade mineral óssea (DMO) (Evans et al., 2015; Lloyd et al., 2014; Maggio et al., 2014; Méndez et al., 2013) para além de conferir alguma proteção mecânica às estruturas ósseas em caso de queda (Greenspan et al., 1994; Robinovitch et al., 1995; Tang et al., 2013).

São várias as evidências na literatura que sugerem que o excesso de peso e a obesidade promovem o aumento da massa óssea e previnem o seu declínio com o envelhecimento e após a menopausa (Harris et al., 1992; Reid et al., 1992a; Reid et al., 1992b; Tremollieres et al., 1993). Contudo, a evidência

epidemiológica mais recente sugere também que a obesidade, apesar de estar associada a uma elevada massa óssea, parece ser também um fator de risco para a ocorrência de fraturas (Compston et al., 2011; Johansson et al., 2014a) o que poderá estar relacionado, por um lado, com um efeito negativo da obesidade na qualidade óssea e, por outro lado, a um aumento do risco de queda.

Alguns autores sugerem que obesidade parece ter efeitos discordantes sobre as estruturas ósseas em função do local analisado (Compston et al., 2011; Gnudi et al., 2009; Johansson et al., 2014a; Prieto-Alhambra et al., 2012). Existem evidências de que o aumento do IMC parece reduzir o risco de fratura por queda na região da anca (Gnudi et al., 2009; Prieto-Alhambra et al., 2012; Robinovitch et al., 1995; Schwartz et al., 1998), bacia, costelas e punho (Compston et al., 2011). Uma possível explicação para esta redução é o efeito amortecedor que o excesso de tecido adiposo confere sobre as estruturas ósseas (De Laet et al., 2005; Greenspan et al., 1994; Robinovitch et al., 1995; Tang et al., 2013). Contudo, existem também evidências que sugerem que a proteção mecânica direta conferida pelo tecido adiposo poderá ser insuficiente para prevenir a ocorrência de fraturas da anca na sequência de uma queda lateral (Robinovitch et al., 1995). Outra possível causa para um menor risco de fratura na anca em doentes com obesidade poderá dever-se à sobrecarga induzida pelo excesso de peso corporal já que esta pode estimular o aumento da DMO (Felson et al., 1993; Tang et al., 2013).

Existem também evidências de que a obesidade aumenta o risco de fratura na coluna vertebral (Pirro et al., 2010; Tanaka et al., 2013), braço (Gnudi et al., 2009; Johansson et al., 2014a; Prieto-Alhambra et al., 2012), perna (Compston et al., 2011; Kessler et al., 2013) e tornozelo (Bergkvist et al., 2009; Compston et al., 2011; Kessler et al., 2013). O risco de fratura aumentado nestas regiões é atribuído a diferentes causas possíveis como a incapacidade do tecido adiposo dissipar a energia resultante do impacto (Johansson et al., 2014a), a carga induzida pelo peso excessivo sobre estruturas ósseas fragilizadas (Pirro et al., 2010) e os baixos níveis de aptidão física (Bergkvist et al., 2009; Kessler et al., 2013; Prieto-Alhambra et al., 2012). Adicionalmente, têm surgido também

evidências de que a obesidade poderá favorecer a redução da DMO (Cao, 2011; Greco et al., 2010; Júnior et al., 2013).

A deposição de gordura visceral parece ser um dos possíveis responsáveis pela diminuição da DMO em doentes obesos (Gilsanz et al., 2009; Júnior et al., 2013; Russell et al., 2010). Russel et al. (2010) concluíram que a gordura visceral estava associada a uma diminuição da DMO total, na coluna lombar e a um menor conteúdo mineral ósseo. Gilsanz et al. (2009) também demonstraram a existência de uma correlação negativa entre gordura visceral e área de secção transversal e área de osso cortical do fêmur. Curiosamente, neste estudo verificou-se também a existência de uma relação inversa relativamente ao efeito da gordura subcutânea, ou seja, parece existir uma associação positiva entre área de secção transversal e área cortical do fêmur. No trabalho de Zhang et al. (2015) também se verificou a existência de uma correlação negativa entre gordura visceral e DMO cortical e trabecular da coluna vertebral. Neste estudo, os resultados sugerem que a gordura subcutânea também parece influenciar negativamente a DMO, apesar da associação ser significativamente mais forte para a gordura visceral. Independentemente do local de deposição de gordura, o motivo para a menor DMO verificada em obesos parece estar relacionado com a libertação aumentada de citocinas pró-inflamatórias pelo tecido adiposo que resultam no aumento da reabsorção e na diminuição da formação óssea (Cao, 2011).

Outro aspeto importante na relação entre obesidade e risco de fratura parece ser o risco de queda. De acordo com Himes e Reynolds (2012), existe uma associação positiva entre o aumento do IMC e o risco de queda. Estes autores demonstraram que os obesos apresentavam maior prevalência de quedas comparativamente a indivíduos normoponderais e que esta população tendia também a apresentar com maior frequência um conjunto de patologias, como problemas de visão, tonturas ou problemas osteoarticulares, que poderão aumentar o risco de queda. Rossi-Izquierdo et al. (2016) demonstraram igualmente a existência de uma predisposição a quedas significativamente maior nos obesos. Mitchell et al. (2014) identificaram não só um maior risco de queda

como também uma maior probabilidade de recorrência de queda em indivíduos obesos.

Ganz et al. (2007) identificaram os problemas de equilíbrio e marcha como os principais preditores de quedas. Também Rubenstein (2006), inclui, juntamente com acidentes relacionados com o meio envolvente, os problemas de equilíbrio e de marcha como os principais preditores do risco de queda. Delbaere et al. (2010) avaliou indivíduos idosos e procurou identificar indicadores de risco de queda em domínios físicos, cognitivos e psicológicos e verificou que os parâmetros relacionados com o equilíbrio eram dos que mais contribuíam significativamente para a ocorrência de queda.

A dificuldade em manter um adequado equilíbrio postural é frequente em obesos, o que poderá levar a um risco de queda aumentado (Berrigan et al., 2006; Dutil et al., 2013; Hue et al., 2007; Melzer & Oddsson, 2016; Son, 2016). De acordo com Hue et al. (2007), o peso corporal é o principal fator responsável por possíveis alterações de equilíbrio nesta população, contribuindo em mais de 50% para a instabilidade postural. Dutil et al. (2013) observaram que os obesos idosos apresentam menor equilíbrio postural e amplitudes de oscilação significativamente maiores comparativamente aos normoponderais. Ku et al. (2012) também verificaram que adultos obesos apresentam uma instabilidade postural significativamente maior em comparação a normoponderais nas direções ântero-posterior (AP) e médio-lateral (ML). No estudo de Berrigan et al. (2006) também se verificou uma menor capacidade para manter o equilíbrio e um maior tempo de reação no grupo obeso em comparação com o grupo normoponderal. Todas estas evidências sugerem que a obesidade afeta negativamente o equilíbrio e que, conseqüentemente, os doentes com obesidade têm um risco acrescido de queda.

A obesidade, para além de aumentar o risco de queda (Dutil et al., 2013; Hue et al., 2007), parece aumentar também a gravidade das lesões resultantes dessas mesmas quedas. Um estudo realizado por Finkelstein et al. (2007) revelou que indivíduos com IMC excessivo tinham um maior risco de necessitar de tratamento médico por lesões decorrentes de quedas. Matter et al. (2007) verificaram também uma proporção significativamente maior de hospitalizações

originadas por quedas em indivíduos obesos comparativamente a não obesos (36% e 28,9% respetivamente). Quanto à natureza das lesões decorrentes de quedas, as entorses, estiramentos ou luxações articulares parecem ser as lesões mais frequentes na população obesa (Finkelstein et al., 2007; Gu et al., 2016; Janssen et al., 2011; Matter et al., 2007). Contudo, apesar destas evidências, a associação entre obesidade e gravidade das lesões decorrentes de quedas não parece ser completamente linear, já que existem também estudos em que não se verificou o aumento do risco de lesão após queda em doentes obesos comparativamente a controlos normoponderais. Por exemplo, Himes e Reynolds (2012) concluíram que doentes com obesidade mórbida ( $IMC \geq 40\text{kg/m}^2$ ) apresentavam um risco de lesão por queda reduzido enquanto os restantes grupos com diferentes graus de obesidade ( $30\text{kg/m}^2 \leq IMC < 40\text{kg/m}^2$ ) não evidenciaram diferenças significativas em relação aos normoponderais. Rossi-Izquierdo et al. (2016) também verificaram que apesar dos doentes com obesidade apresentarem maior predisposição para quedas comparativamente a indivíduos normoponderais, o número de admissões hospitalares por lesão não foi significativamente diferente entre os dois grupos. Mitchell et al. (2014) verificaram também que, apesar do aumento do IMC elevar o risco de queda, não pareciam haver diferenças significativas na tendência de lesão associada a quedas entre doentes obesos e controlos não obesos. Também Lin e Bhattacharyya (2014), apesar de verificarem um risco de queda aproximadamente 30% superior em indivíduos obesos, concluíram que não existiam diferenças significativas nas lesões decorrentes das quedas. O mesmo revelou o estudo de Chuang et al. (2016), onde não foram evidenciadas diferenças significativas quanto à gravidade de lesão, apesar de, neste estudo, o tempo de hospitalização ser maior na população obesa. O maior tempo de hospitalização deve-se às comorbilidades associadas à obesidade e possíveis complicações com a lesão (Chuang et al., 2016; Kempegowda et al., 2017; Sems et al., 2010). Os resultados destes estudos sugerem então que os doentes com obesidade tendem a ter problemas de equilíbrio e a cair com mais frequência comparativamente a doentes normoponderais, sem que esse aumento do

número de quedas esteja necessariamente associado a uma maior gravidade das lesões daí resultantes.

O problema do risco aumentado de queda em doentes obesos não está relacionado apenas com o risco de lesão daí decorrente, como também com a influência negativa que as quedas parecem ter nos níveis de atividade física destes indivíduos, pelo aumento do medo na execução de diferentes tarefas do dia a dia (Mitchell et al., 2014; Rossi-Izquierdo et al., 2016) o que compromete a qualidade de vida do doente com obesidade (Himes & Reynolds, 2012) assim como o atingimento das metas de atividade física diárias recomendadas para perda de peso em doentes com obesidade (Donnelly et al., 2009; Garvey et al., 2016; Nelson et al., 2007; Ryan & Heaner, 2014).

Apesar das evidências epidemiológicas que sugerem que a obesidade é um fator de risco para a ocorrência de quedas, são poucas as evidências experimentais que demonstrem claramente uma associação entre obesidade, distúrbios posturais e ocorrência de quedas. Os estudos existentes tentam avaliar esta associação através da realização de testes laboratoriais de equilíbrio em doentes com registos de quedas (Fjeldstad et al., 2008; Rosenblatt & Grabiner, 2012; Rossi-Izquierdo et al., 2016). Os testes de equilíbrio nem sempre evidenciam maiores oscilações em doentes obesos (Fjeldstad et al., 2008; Rossi-Izquierdo et al., 2016) apesar do histórico de quedas reportado ser habitualmente superior nesta população (Fjeldstad et al., 2008; Mitchell et al., 2014; Rossi-Izquierdo et al., 2016). Por exemplo, no estudo de Fjeldstad et al. (2008) verificou-se que apesar do grupo de obesos apresentar maior prevalência de quedas (27%) e tropeços (32%) comparativamente ao grupo normoponderal (15% e 14%, respetivamente), não se verificaram diferenças significativas nos testes de equilíbrio entre os dois grupos. Por outro lado, também existem trabalhos que evidenciam maiores oscilações nos testes de equilíbrio sem a existência de um histórico de quedas superior na população obesa. Rosenblatt e Grabiner (2012) revelaram, através de testes de equilíbrio, que mulheres obesas tropeçavam quase o dobro das mulheres normoponderais (46,2% para 25%), apesar de não existirem diferenças relativamente aos antecedentes de quedas nestes dois grupos. A ausência de uma tendência clara na literatura

relativamente a esta questão vem salientar a necessidade da realização de mais estudos experimentais que procurem avaliar o equilíbrio e o risco de queda em doentes com obesidade.

### **2.3. Possíveis mecanismos que expliquem a influência negativa da obesidade no risco de queda**

As oscilações na capacidade de sustentar o corpo numa determinada posição, provocadas por um aumento do IMC, parecem causar uma diminuição no equilíbrio e conseqüentemente aumentar o risco de queda em doentes com obesidade (Corbeil et al., 2001; Hue et al., 2007; Teasdale et al., 2007). Existem vários fatores que poderão explicar a maior ocorrência de quedas em indivíduos com obesidade. A acumulação excessiva de tecido adiposo (World Health Organization, 2000), a característica definidora de obesidade, parece ser por si só uma possível causa para o aumento do risco de queda (Himes & Reynolds, 2012; Hue et al., 2007). Em função do padrão de acumulação de adiposidade, podem define-se três tipos distintos de perfis de distribuição da obesidade (Clark, 2004). O padrão ginóide, caracterizado pela acumulação excessiva de gordura na região glúteo-femoral (ancas, nádegas e coxas), habitualmente representativo do sexo feminino. O padrão androide, com acumulação de gordura na região abdominal, característico do sexo masculino. Padrão misto, com acumulação de gordura na região abdominal e glúteo-femoral (Bjorntorp, 1987; Clark, 2004; World Health Organization, 2008). Fatores genéticos, endócrinos, nervosos e metabólicos podem determinar o padrão de distribuição de gordura em ambos os sexos (Bjorntorp, 1987).

Para além de estar associado a um aumento do risco de desenvolvimento de doenças cardiovasculares (Koning et al., 2007; World Health Organization, 2008), o padrão de distribuição de gordura em que predomina a deposição abdominal parece contribuir para um aumento da instabilidade postural AP (Berrigan et al., 2008; Berrigan et al., 2006; Cieslinska-Swider et al., 2017; Corbeil et al., 2001; Hue et al., 2007). A excessiva gordura abdominal observada nos indivíduos obesos é referida por Hue et al. (2007) como sendo responsável pela forte correlação existente entre o decréscimo de equilíbrio postural e o



aumento de peso corporal e que é explicada pela anteriorização do centro de massa (CM). Segundo Corbeil et al. (2001), a anteriorização do CM aumenta o risco de queda. Conseqüentemente, o risco de queda parece aumentar perante um padrão de distribuição de gordura do tipo andróide (Cieslinska-Swider et al., 2017; Hita-Contreras et al., 2013). Berrigan et al. (2008) observaram que obesos apresentavam uma maior inclinação anterior do tronco ao tentarem atingir diferentes alvos reproduzidos numa mesa a partir da posição de pé. Este estudo, concluiu que a perda de peso induz uma menor necessidade de deslocamento anterior do tronco, o que promoveu melhores resultados relativamente à destreza e velocidade de execução de tarefas pelos membros superiores. Neste estudo verificou-se também que os valores de rácio cintura-anca eram superiores aos valores normativos. Sabe-se que o rácio cintura-anca diagnostica a existência de gordura abdominal (Capodaglio et al., 2012; Koning et al., 2007; World Health Organization, 2008) e, como tal, conclui-se a existência de um padrão de obesidade abdominal na amostra e, portanto, compatível com um padrão de obesidade andróide (Clark, 2004).

A um padrão de distribuição de gordura do tipo andróide parecem estar também associadas significativas oscilações ML do centro de gravidade, que são possivelmente o resultado da sobrecarga induzida pela gordura abdominal sobre a região pélvica (Menegoni et al., 2009). O inverso parece ocorrer no padrão ginóide, onde predominam apenas oscilações AP (Kováčiková et al., 2014; Menegoni et al., 2009). De acordo com Blaszczyk et al. (2009), as oscilações médio-laterais são significativamente menores em mulheres obesas em comparação às mulheres normoponderais. Estes resultados são justificados pelo peso excessivo que em combinação com a grande acumulação de adiposidade na região glúteo femoral promovem um maior afastamento lateral entre os pés, oferecendo uma maior base de suporte (Blaszczyk et al., 2009; Fabris de Souza et al., 2005). Em oposição, no estudo de Dutil et al. (2013) verificaram-se oscilações ML significativamente superiores em mulheres obesas em comparação com não obesas. Contudo, neste estudo, não foi possível aferir o padrão de distribuição de gordura. Portanto, todas estas evidências sugerem que o grau de obesidade não será o único fator a determinar o aumento do risco de

queda nestes doentes já que o padrão de distribuição de tecido adiposo parece ser também um fator que influencia o equilíbrio.

Outro fator que parece ser determinante no risco de queda é a pressão plantar (Butterworth et al., 2015; Gravante et al., 2003; Neri et al., 2017). De acordo com Neri et al. (Neri et al., 2017), os doentes com obesidade não só apresentam uma maior pressão plantar como também uma maior área plantar de contacto em toda a região do pé. Alguns autores sugerem que as melhorias de equilíbrio registadas após a perda peso, podem estar relacionadas com uma diminuição na sobrecarga sobre os mecanoreceptores plantares (Corbeil et al., 2001; Handrigan et al., 2010; Hue et al., 2007). Wu e Madigan (2014) mostraram que obesos têm uma menor sensibilidade plantar e maiores desequilíbrios posturais, o que consequentemente aumenta o risco de queda. A diminuição da sensibilidade plantar induzida pelo peso excessivo provoca um aumento do limiar de ativação dos mecanoreceptores plantares, o que pode acarretar uma deteção tardia das oscilações do centro de pressão (Teasdale et al., 2013). Quando estimulados, os recetores sensoriais geram potenciais de ação que se propagam através dos neurónios até ao sistema nervoso central (SNC), onde são processados (Guyton & Hall, 2006). De acordo com a lei de Weber (Lanzara, 1994), quanto maior a intensidade de um estímulo, maior terá de ser o estímulo seguinte, tendo de gerar uma intensidade suficiente superior para que o corpo o detete e traduza (Guyton & Hall, 2006). Por outras palavras, perante uma dada pressão plantar, para ser possível captar alterações ao nível dos recetores sensoriais, o novo estímulo tem de ser capaz de induzir uma pressão plantar superior à anteriormente registada, sendo o grau de superioridade dependente da capacidade de perceção do sistema sensorial. Para além disso, uma das características destes recetores é que perante estímulos intensamente baixos, pequenas alterações na intensidade produzem um aumento evidente do potencial de ação. Ou seja, em pressões plantares baixas, os pequenos estímulos são facilmente detetados. Por outro lado, quanto mais forte o estímulo (pressões altas), maior é a dificuldade em aumentar significativamente os potenciais de ação, o que resulta numa menor perceção de alterações por parte dos recetores (Guyton & Hall, 2006). Este processo é uma hipótese explicativa

para a reduzida sensibilidade plantar nos indivíduos obesos (Rocha et al., 2014; Wu & Madigan, 2014) e, conseqüentemente, para as alterações de equilíbrio verificadas nesta população. A mesma justificação parece ser usada para a fraca performance nas avaliações de equilíbrio registadas em indivíduos saudáveis com  $IMC \geq 30\text{kg/m}^2$ . Handrigan et al. (2012a) analisou o equilíbrio postural de sujeitos obesos e atletas com  $IMC \geq 30\text{kg/m}^2$ . Entre estes dois grupos, os parâmetros de equilíbrio avaliados mostraram resultados semelhantes, sendo que ambos os grupos apresentaram uma estabilidade postural significativamente inferior ao grupo normoponderal. A pressão plantar muito elevada aumenta a necessidade de fortes estímulos dificultando a percepção de novas sensações. Como tal, uma estratégia de redução do peso corporal parece favorecer a recuperação da sensibilidade plantar e permitir o retorno do limiar de ativação dos recetores plantares a níveis semelhante ao de indivíduos normoponderais, evitando o desequilíbrio e a conseqüentemente a queda (Handrigan et al., 2010; Teasdale et al., 2007).

Após a percepção das alterações do centro de pressão por parte dos mecanorreceptores plantares, é necessária uma resposta pelo sistema musculoesquelético. Como tal, a atuação da força muscular é necessária para corrigir desequilíbrios posturais e para a prevenção de queda (Horlings et al., 2008). Existem algumas evidências de que a força da articulação do tornozelo influencia o controlo postural (Corbeil et al., 2001; Li & Aruin, 2009; Menegoni et al., 2009). Segundo Corbeil et al. (2001) a anteriorização do CM não só aumenta o risco de queda como promove um aumento do torque na articulação do tornozelo para contrariar a alteração no equilíbrio postural. O mesmo foi mencionado no estudo de Li e Aruin (2009) em que a anteriorização do CM promove uma maior ativação muscular da articulação do tornozelo. Da mesma forma, Menegoni et al. (2009) mencionam que os maiores deslocamentos AP em obesos são responsáveis por uma maior ativação do tornozelo e da musculatura envolvida no sentido de contrariar essas oscilações. Esta maior atuação da articulação do tornozelo, perante alterações do CM, inclui-se num processo denominado *ankle strategy*, que procura, através da ativação da articulação do tornozelo e de todas as estruturas adjacentes, restabelecer o equilíbrio postural (Corbeil et al., 2001).

Quando a *ankle strategy* não é capaz de compensar o desequilíbrio postural, uma estratégia alternativa, designada por *hip strategy* atua (Jančová, 2008). A *hip strategy* procura restabelecer o equilíbrio postural deslocando o CM posteriormente, através da flexão da anca, ou, anteriormente, através da extensão da anca (Horak & Nashner, 1986; Jančová, 2008). Também nesta estratégia, a força muscular parece importante para manter o equilíbrio postural. Horlings et al. (2008) referem que uma possível fraqueza muscular evidenciada na região pélvica aumenta o risco de queda devido à menor capacidade de recuperação do equilíbrio, especialmente nas oscilações laterais. Para Winter (1995), estas oscilações laterais podem ser combatidas com a atuação dos músculos adutores e abdutores da anca, demonstrando que a *hip strategy* pode não se limitar apenas à flexão ou extensão da anca. Tanto a *hip strategy*, como a anteriormente mencionada *ankle strategy*, são estratégias com base de suporte fixa, ou seja, são mecanismos de recuperação de equilíbrio onde não é permitido alterar a base de suporte (Maki & McIlroy, 2005). Perante situações em que o sujeito não tem capacidade de restabelecer o equilíbrio através de uma estratégia fixa, recorre-se a uma estratégia com mudança de base de suporte que incluem a *step strategy* ou a *grasping/touching strategy* (Shumway-Cook & Woollacott, 2012).

Mesmo estando a recuperação do equilíbrio possivelmente dependente da força (Corbeil et al., 2001; Horlings et al., 2008), há evidências de que, apesar dos obesos deterem uma maior força absoluta, a força muscular relativa ao peso corporal é inferior comparativamente aos indivíduos normoponderais (Handrigan et al., 2010; Maffiuletti et al., 2007). Maffiuletti et al. (2007), ao avaliarem a força do músculo quadríceps, verificaram que os obesos mórbidos apresentam maior fadiga e menor potência muscular relativa em relação aos indivíduos normoponderais. Também Hulens et al. (2001) concluíram que apesar dos obesos deterem maior força absoluta, quando esta é ajustada à massa isenta de gordura, os níveis de força revelam-se inferiores aos de indivíduos normoponderais, com exceção da força de flexão do tronco. Estando a força referenciada como um fator importante na manutenção do equilíbrio (Corbeil et al., 2001; Horlings et al., 2008), a força relativa pode também exercer um papel

importante no equilíbrio postural. No entanto, a literatura é escassa relativamente aos efeitos da força relativa no equilíbrio.

A influência da força muscular na recuperação do equilíbrio poderá também estar relacionada com os efeitos do aumento da inércia corporal (Wearing et al., 2006), pois um indivíduo obeso, assim que perde o equilíbrio, apresenta maior dificuldade em restabelecê-lo (Blaszczyk et al., 2009). Contudo, a inércia corporal poderá ser nefasta para o restabelecimento do equilíbrio de perturbações de grandes amplitudes, pois para pequenas perturbações parece não ter influência negativa (Matrangola & Madigan, 2011).

#### **2.4 Efeitos da perda de peso no risco de queda de doentes com obesidade**

A obesidade é um fator de risco para a ocorrência de quedas (Himes & Reynolds, 2012; Mitchell et al., 2014). Contudo, existem poucas evidências acerca dos efeitos da redução do peso no risco de queda de doentes com obesidade. Existem trabalhos que têm como foco de pesquisa os efeitos da redução de peso no risco de fratura, abordando a queda como um fator de risco para a ocorrência de fratura. Tal acontece no estudo de Nakamura et al. (2014), onde o risco de fratura aumenta após cirurgia de redução de peso (cirurgia bariátrica), principalmente como consequência do elevado número de quedas registado. Por outro lado, Lalmohamed et al. (2012), não verificaram diferenças no risco de fratura entre doentes obesos após CB e doentes obesos não submetidos a cirurgia. Contudo, neste estudo, apesar do historial de quedas ser reportado, não é possível inferir se a queda é o principal fator para a ocorrência de fratura. Apenas Berarducci et al. (2009) parece ter avaliado diretamente os efeitos da perda de peso no risco de queda. Este trabalho identificou a ocorrência de quedas em mais de um terço dos indivíduos após CB, sendo que a alteração do equilíbrio foi considerada como um dos possíveis fatores responsáveis para a ocorrência de quedas. Porém, neste estudo não são reportados dados acerca da ocorrência de quedas previamente à cirurgia, o que não permite verificar se existem alterações no risco de queda entre os momentos pré e pós-cirúrgico.

Estando a obesidade associada à instabilidade postural (Dutil et al., 2013; Ku et al., 2012) e a um risco aumentado de queda (Himes & Reynolds, 2012; Mitchell et al., 2014), é de esperar que uma redução do peso corporal influencie positivamente estes dois fatores. Teasdale et al. (2007) concluíram que, após redução do peso, induzida por dieta ou por CB, o equilíbrio postural de doentes com obesidade melhorou de forma significativa. De igual modo, Handrigan et al. (2010) observaram alterações positivas no controlo postural de doentes com diferentes graus de obesidade após perda de peso. A par destes resultados, este estudo também registou uma diminuição significativa da força absoluta do membro inferior no grupo de obesos e obesos mórbidos após perda de peso sem influência aparente no controlo postural, apesar das evidências que sugerem que a força muscular é um fator determinante no controlo postural e na prevenção da queda (Horlings et al., 2008; Matrangola & Madigan, 2009). Matrangola e Madigan (2009) concluíram que, após um programa de redução de peso acompanhado de treino de força, os obesos aumentaram significativamente a capacidade de inclinação anterior do tronco sem perda de equilíbrio. No entanto, sem realizar um treino específico de força, a perda de peso tende a diminuir a força absoluta nos indivíduos obesos (Handrigan et al., 2010; Hue et al., 2008). Hue et al. (2008) avaliaram os níveis de força de dois grupos: obesos e obesos mórbidos e verificaram que, após a perda de peso, a força absoluta nos membros inferiores diminuiu significativamente em ambos os grupos. Já nos membros superiores, a força absoluta apenas baixou significativamente no grupo de doentes com obesidade mórbida, não no grupo de obesos. Curiosamente, quando as análises de força foram ajustadas em função do peso corporal, foram registados aumentos. A força relativa aumentou nos membros superiores nos dois grupos e nos membros inferiores aumentou no grupo de obesos mórbido. Da mesma forma, Handrigan et al. (2010) registaram aumentos de força relativa em obesos mórbidos. Estes resultados sugerem que os aumentos de força relativa podem ser uma variável com influência sobre o equilíbrio postural. Ainda assim, a perda de peso parece ser o motivo com maior preponderância no controlo postural independentemente dos níveis de força do indivíduo (Handrigan et al., 2010; Matrangola & Madigan, 2009).

Outro aspeto que parece melhorar após redução de peso é a capacidade de realização de tarefas básicas quotidianas que habitualmente requerem equilíbrio postural. Por exemplo, no estudo de Berrigan et al. (2008), verificaram-se menores tempos de reação, menor inclinação anterior do tronco e maior controlo dos movimentos do membro superior para o alcance a um alvo em indivíduos obesos após perda de peso.

## **2.5 Avaliação do equilíbrio postural**

As metodologias de avaliação de equilíbrio baseiam-se na avaliação do controlo postural e na predisposição para quedas (Mancini & Horak, 2010; Paillard & Noé, 2015). A nomenclatura existente não é consensual. A divisão aqui mencionada é a sugerida por Paillard e Noé (2015) que dividem a metodologia em testes não-instrumentalizados (de terreno) e testes instrumentalizados (de laboratório).

Os testes não-instrumentalizados utilizam protocolos simples, compostos por várias atividades que pretendem aferir o controlo postural do indivíduo sem recorrer a instrumentos especializados (Panjan & Sarabon, 2010). Dependendo do protocolo utilizado, a avaliação pode incidir sobre diferentes critérios como o alcance (Duncan et al., 1990), o tempo de execução da tarefa (Podsiadlo & Richardson, 1991) ou empregando escalas qualitativas (Berg et al., 1989). De acordo com Figueiredo et al. (2007), o teste de Alcance Funcional, a escala de Berg e a Avaliação da Marcha e Equilíbrio Orientada pelo Desempenho (POMA) apresentaram-se como fiáveis e válidos para avaliar o estado de equilíbrio. Estes testes, em conjunto com o teste de Performance Física, são válidos na predição de quedas futuras. Entre todos estes testes de avaliação, realça-se a escala de Berg pelo seu espectro avaliativo e alta fiabilidade que contribuem para a sua eleição como o método “padrão de ouro” no âmbito dos testes não-instrumentalizados (Langley & Mackintosh, 2007). De modo geral, os testes não-instrumentalizados apresentam vantagens semelhantes, como a fácil interpretação do protocolo, a rapidez na avaliação, o alto espectro avaliativo, o baixo custo e a utilização de poucos equipamentos (Panjan & Sarabon, 2010). Por outro lado, as desvantagens são específicas em função do protocolo de

avaliação (Figueiredo et al., 2007). Os testes que avaliam o alcance e o tempo percorrido (testes objetivos) apresentam limitações nas variáveis de equilíbrio avaliadas, como por exemplo, o teste de alcance funcional que apenas avalia o deslocamento anterior do corpo (Figueiredo et al., 2007). De outro modo, os protocolos com escalas qualitativas dependem da interpretação do avaliador o que aumenta a subjetividade da avaliação (Panjan & Sarabon, 2010).

A posturografia é um teste instrumentalizado que utiliza plataformas de força (PF) que analisam quantitativamente as oscilações corporais (Duarte & Freitas, 2010; Mancini & Horak, 2010). Este instrumento é capaz de registrar as oscilações do CM, habitualmente expressos pela medição da projeção do centro de pressão (CP)(Duarte & Freitas, 2010). As PF são constituídas por uma placa incorporada com sensores de força capazes de detetar o sinal do CP que é representado graficamente e analisado num *software* apropriado (Duarte & Freitas, 2010). As PF são utilizadas na posturografia estática, quando o indivíduo tenta manter uma postura estática, ou na posturografia dinâmica, quando se procura avaliar o efeito de uma perturbação externa no equilíbrio (Duarte & Freitas, 2010). A posturografia dinâmica pode ainda utilizar outros equipamentos para causar instabilidade postural que possuem PF incorporadas (Paillard & Noé, 2015). Dois exemplos desses equipamentos são o *Equitest* e o *Biodex Balance System* (Alonso et al., 2014). As PF parecem ser um instrumento válido na avaliação do risco de queda (Piirtola & Era, 2006). Piirtola e Era (2006), após uma revisão de estudos prospetivos, sugerem que diferentes variáveis da análise do deslocamento do CP avaliadas durante a posturografia estática poderão estar associadas à ocorrência futura de quedas. As PF são consideradas como o método “padrão de ouro” na avaliação de equilíbrio postural (Alonso et al., 2014) devido à sua elevada fiabilidade (Condrón & Hill, 2002; Li et al., 2016; Moghadam et al., 2011). Li et al. (2016) avaliaram, em dois momentos distintos, o equilíbrio estático na população idosa e os resultados evidenciaram uma alta a moderada fiabilidade nas diversas variáveis de análise do deslocamento do CP. Igualmente avaliando o equilíbrio estático em idosos, Moghadam et al. (2011) analisaram também parâmetros relativos à oscilação corporal e obtiveram uma fiabilidade de resultados alta a moderada. Já Condrón



e Hill (2002), avaliaram o equilíbrio estático e dinâmico, com ou sem variável cognitiva associada, em adultos, idosos saudáveis e idosos com risco de queda aumentado, e verificaram níveis moderadas a alto de fiabilidade na maioria dos parâmetros analisados.

Além da precisão, outra vantagem das PF relativamente aos testes não-instrumentalizados é objetividade dos resultados (Panjan & Sarabon, 2010). As principais desvantagens são o elevado custo, a necessidade de domínio do equipamento, a interpretação dos resultados e a falta de padronização das variáveis de avaliação (Alonso et al., 2014; Duarte & Freitas, 2010).

A avaliação do equilíbrio através da posturografia baseia-se na interpretação dos resultados relacionados com a variabilidade do CP. Existe um amplo número de variáveis do CP e não parece existir um consenso quanto às que devem ser utilizadas na avaliação por posturografia (Duarte & Freitas, 2010). Entre o imenso número de variáveis encontram-se as de carácter global, que procuram avaliar o tamanho da oscilação do CP (Paillard & Noé, 2015). As que são mais frequentemente utilizadas são (Duarte & Freitas, 2010; Paillard & Noé, 2015; Panjan & Sarabon, 2010):

- Elipse ( $\text{cm}^2$ ): expressa cerca de 90 a 95% da área total percorrida pelo CP sendo que uma menor área sugere um melhor equilíbrio postural (Asseman et al., 2004).

- Deslocamento de oscilação total (DOT)(cm): representa a distância total percorrida pelo CP. Quanto menor o DOT, maior o equilíbrio postural (Paillard & Noé, 2015).

- Amplitude de deslocamento do CP (AD)(cm): simboliza a diferença entre o deslocamento máximo e mínimo do CP, analisado para cada direção, AP e ML. Quanto maior a AD, menor será o equilíbrio postural (Paillard & Noé, 2015).

- Velocidade média dos deslocamentos (VMD)(cm/s): traduz a distância percorrida pelo CP em função da duração da avaliação. Pode ser analisada individualmente, para a direção AP e ML, ou referente ao deslocamento total. Deslocamentos mais rápidos são considerados como uma menor capacidade de controlo postural (Dutil et al., 2013; Thompson et al., 2017).

- Desvio padrão (DP)(cm): espelha a média de dispersão do deslocamento do CP do seu ponto médio num determinado intervalo de tempo, individualmente para cada direção AP e ML. Baixos valores de DP sugerem uma maior capacidade de equilíbrio (Paillard & Noé, 2015). A variável DP é por vezes substituída por uma outra variável semelhante designada de *Root Mean Square* (RMS)(Palmieri et al., 2002).

Apesar destas variáveis serem amplamente utilizadas na avaliação do equilíbrio postural, para Palmieri et al. (2002) a literatura ainda não foi capaz de determinar qual o verdadeiro simbolismo e importância destas variáveis para avaliação do equilíbrio postural. Na população obesa, a VMD tem sido utilizada como a variável de análise posturográfica capaz de sugerir um aumento no risco de queda (Dutil et al., 2013; Mignardot et al., 2010; Son, 2016; Teasdale et al., 2007). No entanto, a escolha desta variável parece basear-se em estudos realizados na população idosa saudável (Maki et al., 1990; Moghadam et al., 2011). Esta limitação, associada à grande variabilidade existente quanto ao simbolismo dos parâmetros de avaliação posturográfica (Palmieri et al., 2002; Pizzigalli et al., 2015) transmite a necessidade de serem realizados novos estudos focando a população obesa para averiguar qual as variáveis capazes de prever o risco de queda. Apesar de todas estas reservas, há trabalhos na literatura que associam a VMD a um risco de queda aumentado (Pajala et al., 2008; Piirtola & Era, 2006). Pajala et al. (2008) verificaram que a VMD AP era superior em sujeitos que reportaram quedas comparativamente aos que não caíram. Também, a já mencionada revisão de estudos prospetivos de Piirtola e Era (2006) identificou a VMD em equilíbrio estático e na dimensão ML como preditor de quedas futuras. Esta revisão ainda identificou na dimensão ML as variáveis AD e RMS como bons preditores de queda futura. Independentemente das dúvidas existentes na literatura relativamente a quais os parâmetros do CP que devem ser analisados (Duarte & Freitas, 2010; Palmieri et al., 2002), as variáveis relacionadas com a dimensão ML parecem ser as que melhor predizem o risco de queda (Piirtola & Era, 2006; Pizzigalli et al., 2015).

## **2.6 Influência do exercício físico na prevenção do risco de queda e melhoria do equilíbrio**

Várias estudos recentes na população idosa sugerem que o exercício físico é eficaz na diminuição do risco de queda (Cadore et al., 2013; El-Khoury et al., 2013; Lee & Kim, 2017; Sherrington et al., 2016) e na redução das quedas com lesão associada. No trabalho de revisão de El-Khoury et al. (2013) concluiu-se que, após um programa de exercício físico, existia uma diminuição significativa na ocorrência de quedas com necessidade de assistência médica e fraturas em idosos.

Entre as diversas componentes presentes nos programas de exercício para prevenção de queda, a otimização do equilíbrio parece ser um fator primordial para prevenção da queda. A revisão sistemática e metanálise de Sherrington et al. (2016), revelou uma diminuição significativa no risco de queda nos programas de exercício que incluíam treino de equilíbrio altamente desafiante (movimento do CM, redução da base de suporte e reduzido apoio dos membros superiores). A associação do treino de equilíbrio a uma dose de exercício superior a 3 horas semanais é capaz de reduzir ainda mais a ocorrência de queda. No entanto, este trabalho não conseguiu apontar qual o tempo ideal de treino de equilíbrio. Lesinski et al. (2015) sugerem que um protocolo de 12 semanas, com 3 sessões semanais e um máximo de 45 minutos favorece o desenvolvimento do equilíbrio. Porém, este estudo restringe a sua sugestão de treino focada principalmente em estudos que trabalharam o equilíbrio estático. Num outro trabalho, Di Stefano et al. (2009) propõem que uma duração mínima de 10 minutos, com uma frequência semanal de 3 sessões, durante 4 semanas de exercícios estáticos e dinâmicos são suficientes para aumentar a capacidade de equilíbrio. Contudo, este estudo excluiu a população idosa na sua análise. Estas limitações parecem salientar a necessidade da realização de novos estudos para determinar qual a dose necessária de treino de equilíbrio para diminuição do risco de queda.

Como complemento ao treino de equilíbrio para prevenção de quedas é ainda proposta a inclusão do treino de força e marcha (Sherrington et al., 2016). Cadore et al. (2013) referem que o treino multicomponente (treino de equilíbrio,

força e aeróbio) é a estratégia mais eficaz na prevenção de queda, favorecendo adicionalmente a melhoria da capacidade funcional do indivíduo nos parâmetros treinados. Similarmente, a literatura relativa aos efeitos do treino de força no equilíbrio parece favorecer a elaboração de programas de exercício que exercitem mais que uma capacidade motora. Quando analisadas intervenções exclusivas de treino de força, Orr et al (2008), verificaram que entre 68 testes de equilíbrio analisados, apenas 15 testes (22%) registaram alterações significativamente positivas.

Dentro do domínio da força, a par do treino de força tradicional (TFT) (Granacher et al., 2011), o treino de potência (TP) também surge como um método válido para otimizar a capacidade de equilíbrio (Granacher et al., 2011; Orr et al., 2006). Este tipo de treino aumentar a capacidade do idoso em contrariar o desequilíbrio dotando-o de força e rapidez suficiente para evitar a queda (Granacher et al., 2008). Além disso, a evidência de um baixo nível de potência muscular em sujeitos com quedas (Skelton et al., 2002) reforçam o potencial deste tipo de treino na população em risco de queda. O TP induz ganhos de força máxima (Bottaro et al., 2007; Miszko et al., 2003; Ramirez-Campillo et al., 2014; Sayers & Gibson, 2010) como ainda parece melhorar a funcionalidade do idoso (Bottaro et al., 2007; Miszko et al., 2003; Pereira et al., 2012; Ramirez-Campillo et al., 2014). No trabalho de Bottaro et al. (2007) em que foram avaliados os efeitos do TP e do TFT em homens idosos, verificou-se que, apesar de após 10 semanas de treino, a força máxima ter melhorado significativamente em ambos os grupos, melhorias na potência e em vários testes funcionais que avaliaram o equilíbrio, agilidade, resistência e velocidade ocorreram apenas no grupo de TP.

Há na literatura estudos que criaram um treino multimodal utilizando o TP ao invés do TPF. Esses estudos, além dos incrementos na potência muscular, mantiveram resultados positivos quanto aos níveis de equilíbrio e força muscular. Cadore et al. (2014) observaram melhorias significativas no equilíbrio funcional, avaliado por testes de terreno, força máxima e potência muscular num grupo de idosos que realizou treino multicomponente durante 12 semanas. No final da intervenção, registou-se uma redução significativa de quedas comparativamente

ao grupo de controlo. Gianoudis et al. (2014) também observaram melhorias de equilíbrio, força máxima e potência muscular em idosos com osteopenia e risco de queda associado após treino multicomponente. Contudo, neste trabalho não se verificaram melhorias significativas no risco de queda após a intervenção.

Relativamente ao efeito do treino aeróbio na diminuição do risco de queda, a literatura é escassa. No trabalho de Marques et al. (2017) foram avaliados os efeitos do treino aeróbio (caminhada ou dança) e de força em idosos verificando-se melhorias no equilíbrio em ambos os tipos de treino ao fim de 8 meses. Contudo, são necessários mais estudos para compreender o efeito do treino aeróbio na diminuição do risco de queda ou melhoria do equilíbrio.

Relativamente à população obesa, são poucas as evidências relativamente aos efeitos do exercício físico na diminuição do risco de queda. Existem contudo alguns estudos acerca do efeito do exercício na melhoria do equilíbrio. Em doentes submetidos a CB, Rojhani-Shirazi et al. (2016) verificaram melhorias significativas no controlo postural após 4 semanas de treino de equilíbrio. Maffiuletti et al. (2005) constatou também que um grupo de indivíduos obesos que realizou treino de equilíbrio simultaneamente a um programa de redução de peso que incluía dieta, treino aeróbio e treino de força, melhorou significativamente o controlo postural comparativamente ao grupo que apenas realizou o programa de redução de peso. Há ainda exemplos de trabalhos recentes que não incluíram o treino de equilíbrio como componente principal a exercitar e que também verificaram melhorias no controlo postural. No estudo de Morris et al. (2017), verificaram-se melhorias significativas em diversas variáveis de equilíbrio em doentes com obesidade e excesso de peso que realizaram apenas treino aeróbio. Num outro estudo realizado em doentes com excesso de peso e obesidade (Wu et al., 2017) verificaram-se melhorias no equilíbrio dinâmico após um programa que incluía treino de força, aeróbio e de coordenação. A escassa literatura existente acerca dos efeitos de programas de exercício físico em doentes com obesidade reflete-se na ausência de recomendações para promoção da melhoria do equilíbrio ou prevenção da queda.

## Referências

- Alonso, A. C., Luna, N. M., Dionísio, F. N., Speciali, D. S., Leme, L. E. G., & Greve, J. M. D. A. (2014). Functional Balance Assessment: Review. *MedicalExpress*, 1(6), 298-301.
- Asseman, F., Caron, O., & Crémieux, J. (2004). Is there a transfer of postural ability from specific to unspecific postures in elite gymnasts? *Neuroscience Letters*, 358(2), 83-86.
- Bell, J. A., Kivimaki, M., & Hamer, M. (2014). Metabolically healthy obesity and risk of incident type 2 diabetes: A meta-analysis of prospective cohort studies. *Obesity Reviews*, 15(6), 504-515.
- Berarducci, A., Haines, K., & Murr, M. M. (2009). Incidence of bone loss, falls, and fractures after Roux-en-Y gastric bypass for morbid obesity. *Applied Nursing Research*, 22(1), 35-41.
- Berg, K., Wood-Dauphine, S., Williams, J., & Gayton, D. (1989). Measuring balance in the elderly: Preliminary development of an instrument. *Physiotherapy Canada*, 41(6), 304-311.
- Berghofer, A., Pischon, T., Reinhold, T., Apovian, C. M., Sharma, A. M., & Willich, S. N. (2008). Obesity prevalence from a european perspective: A systematic review. *BMC Public Health*, 8, 200.
- Bergkvist, D., Hekmat, K., Svensson, T., & Dahlberg, L. (2009). Obesity in orthopedic patients. *Surgery for Obesity and Related Diseases*, 5(6), 670-672.
- Berrigan, F., Hue, O., Teasdale, N., & Simoneau, M. (2008). Obesity adds constraint on balance control and movement performance. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, 52(19), 1364-1368.
- Berrigan, F., Simoneau, M., Tremblay, A., Hue, O., & Teasdale, N. (2006). Influence of obesity on accurate and rapid arm movement performed from a standing posture. *International Journal of Obesity*, 30(12), 1750-1757.
- Bjorntorp, P. (1987). Fat cell distribution and metabolism. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 499, 66-72.

- Blaszczyk, J. W., Cieslinska-Swider, J., Plewa, M., Zahorska-Markiewicz, B., & Markiewicz, A. (2009). Effects of excessive body weight on postural control. *Journal of Biomechanics*, *42*(9), 1295-1300.
- Blekkenhorst, L. C., & Prince, R. L. (2015). Dietary saturated fat intake and atherosclerotic vascular disease mortality in elderly women: A prospective cohort study. *The American Journal of Clinical Nutrition*, *101*(6), 1263-1268.
- Bottaro, M., Machado, S. N., Nogueira, W., Scales, R., & Veloso, J. (2007). Effect of high versus low-velocity resistance training on muscular fitness and functional performance in older men. *European Journal of Applied Physiology*, *99*(3), 257-264.
- Butterworth, P. A., Urquhart, D. M., Landorf, K. B., Wluka, A. E., Cicuttini, F. M., & Menz, H. B. (2015). Foot posture, range of motion and plantar pressure characteristics in obese and non-obese individuals. *Gait & Posture*, *41*(2), 465-469.
- Cadore, E. L., Casas-Herrero, A., Zambom-Ferraresi, F., Idoate, F., Millor, N., Gómez, M., Rodriguez-Mañas, L., & Izquierdo, M. (2014). Multicomponent exercises including muscle power training enhance muscle mass, power output, and functional outcomes in institutionalized frail nonagenarians. *Age*, *36*(2), 773-785.
- Cadore, E. L., Rodriguez-Manas, L., Sinclair, A., & Izquierdo, M. (2013). Effects of different exercise interventions on risk of falls, gait ability, and balance in physically frail older adults: A systematic review. *Rejuvenation Research*, *16*(2), 105-114.
- Cao, J. J. (2011). Effects of obesity on bone metabolism. *Journal of Orthopaedic Surgery and Research*, *6*(30), 1-7.
- Capodaglio, P., Cimolin, V., Tacchini, E., Parisio, C., & Galli, M. (2012). Balance control and balance recovery in obesity. *Current Obesity Reports*, *1*(3), 166-173.
- Chuang, J.-F., Rau, C.-S., Liu, H.-T., Wu, S.-C., Chen, Y.-C., Hsu, S.-Y., Hsieh, H.-Y., & Hsieh, C.-H. (2016). Obese patients who fall have less injury

- severity but a longer hospital stay than normal-weight patients. *World Journal of Emergency Surgery : WJES*, 11(3), 1-6.
- Church, T. S., Thomas, D. M., Tudor-Locke, C., Katzmarzyk, P. T., Earnest, C. P., Rodarte, R. Q., Martin, C. K., Blair, S. N., & Bouchard, C. (2011). Trends over 5 decades in U.S. occupation-related physical activity and their associations with obesity. *PLoS One*, 6(5), e19657.
- Cieslinska-Swider, J., Furmanek, M. P., & Blaszczyk, J. W. (2017). The influence of adipose tissue location on postural control. *Journal of Biomechanics*, 60, 162-169.
- Clark, K. N. (2004). Balance and strength training for obese individuals. *ACSM's Health & Fitness Journal*, 8(1), 14-20.
- Compston, J. E., Watts, N. B., Chapurlat, R., Cooper, C., Boonen, S., Greenspan, S., Pfeilschifter, J., Silverman, S., Diez-Perez, A., Lindsay, R., Saag, K. G., Netelenbos, J. C., Gehlbach, S., Hooven, F. H., Flahive, J., Adachi, J. D., Rossini, M., Lacroix, A. Z., Roux, C., Sambrook, P. N., & Siris, E. S. (2011). Obesity is not protective against fracture in postmenopausal women: GLOW. *The American Journal of Medicine*, 124(11), 1043-1050.
- Condron, J. E., & Hill, K. D. (2002). Reliability and validity of a dual-task force platform assessment of balance performance: effect of age, balance impairment, and cognitive task. *Journal of the American Geriatrics Society*, 50(1), 157-162.
- 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 : A publication of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society*, 9(2), 126-136.
- De Laet, C., Kanis, J. A., Oden, A., Johanson, H., Johnell, O., Delmas, P., Eisman, J. A., Kroger, H., Fujiwara, S., Garnero, P., McCloskey, E. V., Mellstrom, D., Melton, L. J., 3rd, Meunier, P. J., Pols, H. A., Reeve, J., Silman, A., & Tenenhouse, A. (2005). Body mass index as a predictor of fracture risk: A meta-analysis. *Osteoporosis International*, 16(11), 1330-1338.



- Delbaere, K., Close, J. C. T., Heim, J., Sachdev, P. S., Brodaty, H., Slavin, M. J., Kochan, N. A., & Lord, S. R. (2010). A multifactorial approach to understanding fall risk in older people. *Journal of the American Geriatrics Society*, *58*(9), 1679-1685.
- DiStefano, L. J., Clark, M. A., & Padua, D. A. (2009). Evidence supporting balance training in healthy individuals: A systemic review. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *23*(9), 2718-2731.
- Dobbins, M., Decorby, K., & Choi, B. C. (2013). The association between obesity and cancer risk: A meta-analysis of observational studies from 1985 to 2011. *ISRN Preventive Medicine*, *2013*, 1-16.
- Donnelly, J. E., Blair, S. N., Jakicic, J. M., Manore, M. M., Rankin, J. W., Smith, B. K., & American College of Sports, M. (2009). American College of Sports Medicine Position Stand: Appropriate physical activity intervention strategies for weight loss and prevention of weight regain for adults. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *41*(2), 459-471.
- Duarte, M., & Freitas, S. M. (2010). Revisão sobre posturografia baseada em plataforma de força para avaliação do equilíbrio. *Revista Brasileira de Fisioterapia*, *14*(3), 183-192.
- Duncan, P. W., Weiner, D. K., Chandler, J., & Studenski, S. (1990). Functional reach: A new clinical measure of balance. *Journal of Gerontology*, *45*(6), M192-197.
- Dutil, M., Handrigan, G., Corbeil, P., Cantin, V., Simoneau, M., Teasdale, N., & Hue, O. (2013). The impact of obesity on balance control in community-dwelling older women. *Age (Dordr)*, *35*(3), 883-890.
- El-Khoury, F., Cassou, B., Charles, M.-A., & Dargent-Molina, P. (2013). The effect of fall prevention exercise programmes on fall induced injuries in community dwelling older adults. *British Journal of Sports Medicine*, *49*(20), 1348-1348.
- Evans, A. L., Paggiosi, M. A., Eastell, R., & Walsh, J. S. (2015). Bone density, microstructure and strength in obese and normal weight men and women in younger and older adulthood. *Journal of Bone and Mineral Research*, *30*(5), 920-928.

- Fabris de Souza, S. A., Faintuch, J., Valezi, A. C., Sant'Anna, A. F., Gama-Rodrigues, J. J., de Batista Fonseca, I. C., & de Melo, R. D. (2005). Postural changes in morbidly obese patients. *Obesity Surgery, 15*(7), 1013-1016.
- Felson, D. T., Zhang, Y., Hannan, M. T., & Anderson, J. J. (1993). Effects of weight and body mass index on bone mineral density in men and women: The framingham study. *Journal of Bone and Mineral Research, 8*(5), 567-573.
- Figueiredo, K. M. O. B., Lima, K. C., & Guerra, R. O. (2007). Instrumentos de avaliação do equilíbrio corporal em idosos. *Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano, 9*(4), 408-413.
- Finkelstein, E. A., Chen, H., Prabhu, M., Trogdon, J. G., & Corso, P. S. (2007). The relationship between obesity and injuries among U.S. Adults. *American Journal of Health Promotion, 21*(5), 460-468.
- Finucane, M. M., Stevens, G. A., Cowan, M. J., Danaei, G., Lin, J. K., Paciorek, C. J., Singh, G. M., Gutierrez, H. R., Lu, Y., Bahalim, A. N., Farzadfar, F., Riley, L. M., & Ezzati, M. (2011). National, regional, and global trends in body-mass index since 1980: Systematic analysis of health examination surveys and epidemiological studies with 960 country-years and 9.1 million participants. *Lancet, 377*(9765), 557-567.
- Fjeldstad, C., Fjeldstad, A. S., Acree, L. S., Nickel, K. J., & Gardner, A. W. (2008). The influence of obesity on falls and quality of life. *Dynamic Medicine, 7*(1), 1-6.
- Flegal, K. M., Graubard, B. I., Williamson, D. F., & Gail, M. H. (2007). Cause-specific excess deaths associated with underweight, overweight, and obesity. *Journal of American Medical Association, 298*(17), 2028-2037.
- Ganz, D. A., Bao, Y., Shekelle, P. G., & Rubenstein, L. Z. (2007). Will my patient fall? *Journal of American Medical Association, 297*(1), 77-86.
- Garvey, W. T., Mechanick, J. I., Brett, E. M., Garber, A. J., Hurley, D. L., Jastreboff, A. M., Nadolsky, K., Pessah-Pollack, R., & Plodkowski, R. (2016). American Association of Clinical Endocrinologists and American College of Endocrinology comprehensive clinical practice guidelines for

- medical care of patients with obesity. *Endocrine Practice*, 22(Suppl 3), 1-203.
- Gianoudis, J., Bailey, C. A., Ebeling, P. R., Nowson, C. A., Sanders, K. M., Hill, K., & Daly, R. M. (2014). Effects of a targeted multimodal exercise program incorporating high-speed power training on falls and fracture risk factors in older adults: A community-based randomized controlled trial. *Journal of Bone and Mineral Research*, 29(1), 182-191.
- Gilsanz, V., Chalfant, J., Mo, A. O., Lee, D. C., Dorey, F. J., & Mittelman, S. D. (2009). Reciprocal relations of subcutaneous and visceral fat to bone structure and strength. *The Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*, 94(9), 3387-3393.
- Gnudi, S., Sitta, E., & Lisi, L. (2009). Relationship of body mass index with main limb fragility fractures in postmenopausal women. *Journal of Bone and Mineral Metabolism*, 27(4), 479-484.
- Granacher, U., Muehlbauer, T., Zahner, L., Gollhofer, A., & Kressig, R. W. (2011). Comparison of traditional and recent approaches in the promotion of balance and strength in older adults. *Sports Medicine*, 41(5), 377-400.
- Granacher, U., Zahner, L., & Gollhofer, A. (2008). Strength, power, and postural control in seniors: Considerations for functional adaptations and for fall prevention. *European Journal of Sport Science*, 8(6), 325-340.
- Gravante, G., Russo, G., Pomara, F., & Ridola, C. (2003). Comparison of ground reaction forces between obese and control young adults during quiet standing on a baropodometric platform. *Clinical Biomechanics*, 18(8), 780-782.
- Greco, E. A., Fornari, R., Rossi, F., Santiemma, V., Prossomariti, G., Annoscia, C., Aversa, A., Brama, M., Marini, M., Donini, L. M., Spera, G., Lenzi, A., Lubrano, C., & Migliaccio, S. (2010). Is obesity protective for osteoporosis? Evaluation of bone mineral density in individuals with high body mass index. *International Journal of Clinical Practice*, 64(6), 817-820.
- Greenspan, S. L., Myers, E. R., Maitland, L. A., Resnick, N. M., & Hayes, W. C. (1994). Fall severity and bone mineral density as risk factors for hip

- fracture in ambulatory elderly. *Journal of American Medical Association*, 271(2), 128-133.
- Gu, J. K., Charles, L. E., Andrew, M. E., Ma, C. C., Hartley, T. A., Violanti, J. M., & Burchfiel, C. M. (2016). Prevalence of work-site injuries and relationship between obesity and injury among U.S. workers: NHIS 2004-2012. *Journal of Safety Research*, 58, 21-30.
- Guyton, A. C., & Hall, J. E. (2006). *Tratado de fisiología médica* (11<sup>a</sup> ed.). Rio de Janeiro: Elsevier.
- Handrigan, G., Berrigan, F., Hue, O., Simoneau, M., Corbeil, P., Tremblay, A., & Teasdale, N. (2012a). The effects of muscle strength on center of pressure-based measures of postural sway in obese and heavy athletic individuals. *Gait & Posture*, 35(1), 88-91.
- Handrigan, G., Hue, O., Simoneau, M., Corbeil, P., Marceau, P., Marceau, S., Tremblay, A., & Teasdale, N. (2010). Weight loss and muscular strength affect static balance control. *International Journal of Obesity*, 34(5), 936-942.
- Harris, S., Dallal, G. E., & Dawson-Hughes, B. (1992). Influence of body weight on rates of change in bone density of the spine, hip, and radius in postmenopausal women. *Calcified Tissue International*, 50(1), 19-23.
- Himes, C. L., & Reynolds, S. L. (2012). Effect of obesity on falls, injury, and disability. *Journal of the American Geriatrics Society*, 60(1), 124-129.
- Hita-Contreras, F., Martinez-Amat, A., Lomas-Vega, R., Alvarez, P., Mendoza, N., Romero-Franco, N., & Aranega, A. (2013). Relationship of body mass index and body fat distribution with postural balance and risk of falls in spanish postmenopausal women. *Menopause*, 20(2), 202-208.
- Horak, F. B., & Nashner, L. M. (1986). Central programming of postural movements: adaptation to altered support-surface configurations. *Journal of Neurophysiology*, 55(6), 1369-1381.
- Horlings, C. G., van Engelen, B. G., Allum, J. H., & Bloem, B. R. (2008). A weak balance: The contribution of muscle weakness to postural instability and falls. *Nature clinical practice: Neurology*, 4(9), 504-515.

- Hue, O., Berrigan, F., Simoneau, M., Marcotte, J., Marceau, P., Marceau, S., Tremblay, A., & Teasdale, N. (2008). Muscle force and force control after weight loss in obese and morbidly obese men. *Obesity Surgery, 18*(9), 1112-1118.
- Hue, O., Simoneau, M., Marcotte, J., Berrigan, F., Dore, J., Marceau, P., Marceau, S., Tremblay, A., & Teasdale, N. (2007). Body weight is a strong predictor of postural stability. *Gait & Posture, 26*(1), 32-38.
- Hulens, M., Vansant, G., Lysens, R., Claessens, A. L., Muls, E., & Brumagne, S. (2001). Study of differences in peripheral muscle strength of lean versus obese women: An allometric approach. *International journal of obesity and related metabolic disorders, 25*(5), 676-681.
- Instituto Nacional de Saúde Doutor Ricardo Jorge. (2016). *1º Inquérito Nacional de Saúde com Exame Físico (INSEF 2015): Estado de Saúde*. Lisboa: Instituto Nacional de Saúde Doutor Ricardo Jorge.
- Jančová, J. (2008). Measuring the balance control system: Review. *Acta Medica (Hradec Kralove), 51*(3), 129-137.
- Janssen, I., Bacon, E., & Pickett, W. (2011). Obesity and its relationship with occupational injury in the canadian workforce. *Journal of Obesity, 2011*, 1-6.
- Johansson, H., Kanis, J. A., Oden, A., McCloskey, E., Chapurlat, R. D., Christiansen, C., Cummings, S. R., Diez-Perez, A., Eisman, J. A., Fujiwara, S., Gluer, C. C., Goltzman, D., Hans, D., Khaw, K. T., Krieg, M. A., Kroger, H., LaCroix, A. Z., Lau, E., Leslie, W. D., Mellstrom, D., Melton, L. J., 3rd, O'Neill, T. W., Pasco, J. A., Prior, J. C., Reid, D. M., Rivadeneira, F., van Staa, T., Yoshimura, N., & Zillikens, M. C. (2014a). A meta-analysis of the association of fracture risk and body mass index in women. *Journal of Bone and Mineral Research, 29*(1), 223-233.
- Júnior, I. F. F., Cardoso, J. R., Christofaro, D. G. D., Codogno, J. S., de Moraes, A. C. F., & Fernandes, R. A. (2013). The relationship between visceral fat thickness and bone mineral density in sedentary obese children and adolescents. *BMC Pediatrics, 13*(1), 37.

- Kempegowda, H., Richard, R., Borade, A., Tawari, A., Graham, J., Suk, M., Howenstein, A., Kubiak, E. N., Sotomayor, V. R., Koval, K., Liporace, F. A., Tejwani, N., & Horwitz, D. S. (2017). Obesity is associated with high perioperative complications among surgically treated intertrochanteric fracture of the femur. *Journal of Orthopaedic Trauma*, 31(7), 352-357.
- Kessler, J., Koebnick, C., Smith, N., & Adams, A. (2013). Childhood obesity is associated with increased risk of most lower extremity fractures. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, 471(4), 1199-1207.
- Koning, L., Merchant, A. T., Pogue, J., & Anand, S. S. (2007). Waist circumference and waist-to-hip ratio as predictors of cardiovascular events: Meta-regression analysis of prospective studies. *European Heart Journal*, 28(7), 850-856.
- Kováčiková, Z., Svoboda, Z., Neumannová, K., Bizovská, L., Cuberek, R., & Janura, M. (2014). Assessment of postural stability in overweight and obese middle-aged women. *Acta Gymnica*, 44(3), 149-153.
- Ku, P. X., Abu Osman, N. A., Yusof, A., & Wan Abas, W. A. B. (2012). Biomechanical evaluation of the relationship between postural control and body mass index. *Journal of Biomechanics*, 45(9), 1638-1642.
- Lalmohamed, A., de Vries, F., Bazelier, M. T., Cooper, A., van Staa, T.-P., Cooper, C., & Harvey, N. C. (2012). Risk of fracture after bariatric surgery in the United Kingdom: Population based, retrospective cohort study. *British Medical Journal*, 345, 1-11.
- Langley, F. A., & Mackintosh, S. F. (2007). Functional balance assessment of older community dwelling adults: A systematic review of the literature. *Internet Journal of Allied Health Sciences and Practice*, 5(4), 13.
- Lanzara, R. G. (1994). Weber's law modeled by the mathematical description of a beam balance. *Mathematical Biosciences*, 122(1), 89-94.
- Lee, S. H., & Kim, H. S. (2017). Exercise interventions for preventing falls among older people in care facilities: A meta-analysis. *Worldviews on Evidence-Based Nursing*, 14(1), 74-80.
- Lesinski, M., Hortobagyi, T., Muehlbauer, T., Gollhofer, A., & Granacher, U. (2015). Effects of balance training on balance performance in healthy older

- adults: A systematic review and meta-analysis. *Sports Medicine*, 45(12), 1721-1738.
- Li, X., & Aruin, A. S. (2009). The effect of short-term changes in body mass distribution on feed-forward postural control. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 19(5), 931-941.
- Li, Z., Liang, Y.-Y., Wang, L., Sheng, J., & Ma, S.-J. (2016). Reliability and validity of center of pressure measures for balance assessment in older adults. *Journal of Physical Therapy Science*, 28(4), 1364-1367.
- Lin, H. W., & Bhattacharyya, N. (2014). Impact of dizziness and obesity on the prevalence of falls and fall-related injuries. *The Laryngoscope*, 124(12), 2797–2801.
- Lloyd, J. T., Alley, D. E., Hawkes, W. G., Hochberg, M. C., Waldstein, S. R., & Orwig, D. L. (2014). Body mass index is positively associated with bone mineral density in US older adults. *Archives of Osteoporosis*, 9(175), 1-8.
- Maffiuletti, N., Agosti, F., Proietti, M., Riva, D., Resnik, M., Lafortuna, C., & Sartorio, A. (2005). Postural instability of extremely obese individuals improves after a body weight reduction program entailing specific balance training. *Journal of Endocrinological Investigation*, 28(1), 2-7.
- Maffiuletti, N. A., Jubeau, M., Munzinger, U., Bizzini, M., Agosti, F., De Col, A., Lafortuna, C. L., & Sartorio, A. (2007). Differences in quadriceps muscle strength and fatigue between lean and obese subjects. *European Journal of Applied Physiology*, 101(1), 51-59.
- Maggio, A. B., Belli, D. C., Puigdefabregas, J. W., Rizzoli, R., Farpour-Lambert, N. J., Beghetti, M., & McLin, V. A. (2014). High bone density in adolescents with obesity is related to fat mass and serum leptin concentrations. *Journal of Pediatric Gastroenterology and Nutrition*, 58(6), 723-728.
- Maki, B. E., Holliday, P. J., & Fernie, G. R. (1990). Aging and postural control : A comparison of spontaneous and induced sway balance tests. *Journal of the American Geriatrics Society*, 38(1), 1-9.
- Maki, B. E., & McIlroy, W. E. (2005). Change-in-support balance reactions in older persons: An emerging research area of clinical importance. *Neurologic Clinics*, 23, 751-783.

- Mancini, M., & Horak, F. B. (2010). The relevance of clinical balance assessment tools to differentiate balance deficits. *European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine*, *46*(2), 239-248.
- Marques, E. A., Figueiredo, P., Harris, T. B., Wanderley, F. A., & Carvalho, J. (2017). Are resistance and aerobic exercise training equally effective at improving knee muscle strength and balance in older women? *Archives of Gerontology and Geriatrics*, *68*, 106-112.
- Matrangola, S. L., & Madigan, M. L. (2009). Relative effects of weight loss and strength training on balance recovery. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *41*(7), 1488-1493.
- Matrangola, S. L., & Madigan, M. L. (2011). The effects of obesity on balance recovery using an ankle strategy. *Human Movement Science*, *30*(3), 584-595.
- Matter, K. C., Sinclair, S. A., Hostetler, S. G., & Xiang, H. (2007). A comparison of the characteristics of injuries between obese and non-obese inpatients. *Obesity (Silver Spring)*, *15*(10), 2384-2390.
- Melzer, I., & Oddsson, L. I. (2016). Altered characteristics of balance control in obese older adults. *Obesity Research & Clinical Practice*, *10*(2), 151-158.
- Méndez, J. P., Rojano-Mejía, D., Pedraza, J., Coral-Vázquez, R. M., Soriano, R., García-García, E., Aguirre-García, M. d. C., Coronel, A., & Canto, P. (2013). Bone mineral density in postmenopausal mexican-mestizo women with normal body mass index, overweight, or obesity. *Menopause*, *20*(5), 568-572.
- Menegoni, F., Galli, M., Tacchini, E., Vismara, L., Caviglioli, M., & Capodaglio, P. (2009). Gender-specific effect of obesity on balance. *Obesity*, *17*(10), 1951-1956.
- Mignardot, J.-B., Olivier, I., Promayon, E., & Nougier, V. (2010). Obesity impact on the attentional cost for controlling posture. *PLoS One*, *5*(12), e14387.
- Miszko, T. A., Cress, M. E., Slade, J. M., Covey, C. J., Agrawal, S. K., & Doerr, C. E. (2003). Effect of strength and power training on physical function in community-dwelling older adults. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, *58*(2), M171-M175.



- Mitchell, R. J., Lord, S. R., Harvey, L. A., & Close, J. C. (2014). Associations between obesity and overweight and fall risk, health status and quality of life in older people. *Australian and New Zealand journal of Public Health*, 38(1), 13-18.
- Moghadam, M., Ashayeri, H., Salavati, M., Sarafzadeh, J., Taghipoor, K. D., Saeedi, A., & Salehi, R. (2011). Reliability of center of pressure measures of postural stability in healthy older adults: Effects of postural task difficulty and cognitive load. *Gait & Posture*, 33(4), 651-655.
- Monteiro, C. A., Moubarac, J. C., Cannon, G., Ng, S. W., & Popkin, B. (2013). Ultra-processed products are becoming dominant in the global food system. *Obesity Reviews*, 14(Suppl 2), 21-28.
- Morris, C. E., Chander, H., Garner, J. C., DeBusk, H., Owens, S. G., Valliant, M. W., & Loftin, M. (2017). Evaluating human balance following an exercise intervention in previously sedentary, overweight adults. *Journal of Functional Morphology and Kinesiology*, 2(2), 1-10.
- Nakamura, K. M., Haglind, E. G. C., Clowes, J. A., Achenbach, S. J., Atkinson, E. J., Melton, L. J., & Kennel, K. A. (2014). Fracture risk following bariatric surgery: A population-based study. *Osteoporosis International*, 25(1), 151-158.
- Nelson, M. E., Rejeski, W. J., Blair, S. N., Duncan, P. W., Judge, J. O., King, A. C., Macera, C. A., & Castaneda-Sceppa, C. (2007). Physical activity and public health in older adults: Recommendation from the American College of Sports Medicine and the American Heart Association. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 39(8), 1435-1445.
- Neri, S. G. R., Gadelha, A. B., Correia, A. L. M., Pereira, J. C., de David, A. C., & Lima, R. M. (2017). Obesity is associated with altered plantar pressure distribution in older women. *Journal of Applied Biomechanics*, 33(5), 323-329.
- Ng, M., Fleming, T., Robinson, M., Thomson, B., Graetz, N., Margono, C., Mullany, E. C., Biryukov, S., Abbafati, C., Abera, S. F., Abraham, J. P., Abu-Rmeileh, N. M., Achoki, T., AlBuhairan, F. S., Alemu, Z. A., Alfonso, R., Ali, M. K., Ali, R., Guzman, N. A., Ammar, W., Anwari, P., Banerjee, A.,

Barquera, S., Basu, S., Bennett, D. A., Bhutta, Z., Blore, J., Cabral, N., Nonato, I. C., Chang, J. C., Chowdhury, R., Courville, K. J., Criqui, M. H., Cundiff, D. K., Dabhadkar, K. C., Dandona, L., Davis, A., Dayama, A., Dharmaratne, S. D., Ding, E. L., Durrani, A. M., Esteghamati, A., Farzadfar, F., Fay, D. F., Feigin, V. L., Flaxman, A., Forouzanfar, M. H., Goto, A., Green, M. A., Gupta, R., Hafezi-Nejad, N., Hankey, G. J., Harewood, H. C., Havmoeller, R., Hay, S., Hernandez, L., Husseini, A., Idrisov, B. T., Ikeda, N., Islami, F., Jahangir, E., Jassal, S. K., Jee, S. H., Jeffreys, M., Jonas, J. B., Kabagambe, E. K., Khalifa, S. E., Kengne, A. P., Khader, Y. S., Khang, Y. H., Kim, D., Kimokoti, R. W., Kinge, J. M., Kokubo, Y., Kosen, S., Kwan, G., Lai, T., Leinsalu, M., Li, Y., Liang, X., Liu, S., Logroscino, G., Lotufo, P. A., Lu, Y., Ma, J., Mainoo, N. K., Mensah, G. A., Merriman, T. R., Mokdad, A. H., Moschandreas, J., Naghavi, M., Naheed, A., Nand, D., Narayan, K. M., Nelson, E. L., Neuhouser, M. L., Nisar, M. I., Ohkubo, T., Oti, S. O., Pedroza, A., Prabhakaran, D., Roy, N., Sampson, U., Seo, H., Sepanlou, S. G., Shibuya, K., Shiri, R., Shiue, I., Singh, G. M., Singh, J. A., Skirbekk, V., Stapelberg, N. J., Sturua, L., Sykes, B. L., Tobias, M., Tran, B. X., Trasande, L., Toyoshima, H., van de Vijver, S., Vasankari, T. J., Veerman, J. L., Velasquez-Melendez, G., Vlassov, V. V., Vollset, S. E., Vos, T., Wang, C., Wang, X., Weiderpass, E., Werdecker, A., Wright, J. L., Yang, Y. C., Yatsuya, H., Yoon, J., Yoon, S. J., Zhao, Y., Zhou, M., Zhu, S., Lopez, A. D., Murray, C. J., & Gakidou, E. (2014). Global, regional, and national prevalence of overweight and obesity in children and adults during 1980-2013: A systematic analysis for the global burden of disease study 2013. *Lancet*, 384(9945), 766-781.

Ogden, C. L., Carroll, M. D., Fryar, C. D., & Flegal, K. M. (2015). Prevalence of obesity among adults and youth: United states, 2011-2014. *NCHS Data Brief*, 219, 1-8.

Orr, R., De Vos, N. J., Singh, N. A., Ross, D. A., Stavrinou, T. M., & Fiatarone-Singh, M. A. (2006). Power training improves balance in healthy older adults. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, 61(1), 78-85.

- Orr, R., Raymond, J., & Fiatarone Singh, M. (2008). Efficacy of progressive resistance training on balance performance in older adults : A systematic review of randomized controlled trials. *Sports Medicine*, 38(4), 317-343.
- Paillard, T., & Noé, F. (2015). Techniques and methods for testing the postural function in healthy and pathological subjects. *BioMed Research International*, 2015, 1-15.
- Pajala, S., Era, P., Koskenvuo, M., Kaprio, J., Tormakangas, T., & Rantanen, T. (2008). Force platform balance measures as predictors of indoor and outdoor falls in community-dwelling women aged 63-76 years. *The Journals of Gerontology. Series A, Biological Sciences and Medical Sciences*, 63(2), 171-178.
- Palmieri, R. M., Ingersoll, C. D., Stone, M. B., & Krause, B. A. (2002). Center-of-pressure parameters used in the assessment of postural control. *Journal of Sport Rehabilitation*, 11(1), 51-66.
- Panjan, A., & Sarabon, N. (2010). Review of methods for the evaluation of human body balance. *Sport Science Review*, 19(5-6), 131-163.
- Pereira, A., Izquierdo, M., Silva, A. J., Costa, A. M., Bastos, E., González-Badillo, J., & Marques, M. C. (2012). Effects of high-speed power training on functional capacity and muscle performance in older women. *Experimental Gerontology*, 47(3), 250-255.
- Piirtola, M., & Era, P. (2006). Force platform measurements as predictors of falls among older people: A review. *Gerontology*, 52(1), 1-16.
- Pirro, M., Fabbriciani, G., Leli, C., Callarelli, L., Manfredelli, M. R., Fioroni, C., Mannarino, M. R., Scarponi, A. M., & Mannarino, E. (2010). High weight or body mass index increase the risk of vertebral fractures in postmenopausal osteoporotic women. *Journal of Bone and Mineral Metabolism*, 28(1), 88-93.
- Pizzigalli, L., Micheletti Cremasco, M., Mulasso, A., & Rainoldi, A. (2015). The contribution of postural balance analysis in older adult fallers: A narrative review. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, 20(2), 409-417.

- Podsiadlo, D., & Richardson, S. (1991). The timed "Up & Go": A test of basic functional mobility for frail elderly persons. *Journal of the American Geriatrics Society*, 39(2), 142-148.
- Popkin, B. M. (1999). Urbanization, lifestyle changes and the nutrition transition. *World Development*, 27(11), 1905-1916.
- Popkin, B. M., Adair, L. S., & Ng, S. W. (2012). Global nutrition transition and the pandemic of obesity in developing countries. *Nutrition Reviews*, 70(1), 3-21.
- Prieto-Alhambra, D., Premaor, M. O., Fina Aviles, F., Hermosilla, E., Martinez-Laguna, D., Carbonell-Abella, C., Nogues, X., Compston, J. E., & Diez-Perez, A. (2012). The association between fracture and obesity is site-dependent: A population-based study in postmenopausal women. *Journal of Bone and Mineral Research*, 27(2), 294-300.
- Ramirez-Campillo, R., Castillo, A., de la Fuente, C. I., Campos-Jara, C., Andrade, D. C., Alvarez, C., Martinez, C., Castro-Sepulveda, M., Pereira, A., Marques, M. C., & Izquierdo, M. (2014). High-speed resistance training is more effective than low-speed resistance training to increase functional capacity and muscle performance in older women. *Experimental Gerontology*, 58, 51-57.
- Reid, I. R., Ames, R., Evans, M. C., Sharpe, S., Gamble, G., France, J. T., Lim, T., & Cundy, T. (1992a). Determinants of total body and regional bone mineral density in normal postmenopausal women--a key role for fat mass. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 75(1), 45-51.
- Reid, I. R., Plank, L. D., & Evans, M. C. (1992b). Fat mass is an important determinant of whole body bone density in premenopausal women but not in men. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 75(3), 779-782.
- Robinovitch, S. N., McMahon, T. A., & Hayes, W. C. (1995). Force attenuation in trochanteric soft tissues during impact from a fall. *Journal of Orthopaedic Research*, 13(6), 956-962.

- Rocha, E. S., Bratz, D. T. K., Gubert, L. C., de David, A., & Carpes, F. P. (2014). Obese children experience higher plantar pressure and lower foot sensitivity than non-obese. *Clinical Biomechanics*, 29(7), 822-827.
- Rojhani-Shirazi, Z., Azadeh Mansoriyan, S., & Hosseini, S. V. (2016). The effect of balance training on clinical balance performance in obese patients aged 20–50 years old undergoing sleeve gastrectomy. *European Surgery*, 48(2), 105-109.
- Rosenblatt, N. J., & Grabiner, M. D. (2012). Relationship between obesity and falls by middle-aged and older women. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 93(4), 718-722.
- Rossi-Izquierdo, M., Santos-Perez, S., Faraldo-Garcia, A., Vaamonde-Sanchez-Andrade, I., Gayoso-Diz, P., Del-Rio-Valeiras, M., Lirola-Delgado, A., & Soto-Varela, A. (2016). Impact of obesity in elderly patients with postural instability. *Aging Clinical and Experimental Research*, 28(3), 423-428.
- Rubenstein, L. Z. (2006). Falls in older people: Epidemiology, risk factors and strategies for prevention. *Age Ageing*, 35(Suppl 2), ii37-ii41.
- Russell, M., Mendes, N., Miller, K. K., Rosen, C. J., Lee, H., Klibanski, A., & Misra, M. (2010). Visceral fat is a negative predictor of bone density measures in obese adolescent girls. *The Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*, 95(3), 1247-1255.
- Ryan, D., & Heaner, M. (2014). Guidelines (2013) for managing overweight and obesity in adults. Preface to the full report. *Obesity (Silver Spring)*, 22(Suppl 2), S1-3.
- Sayers, S. P., & Gibson, K. (2010). A comparison of high-speed power training and traditional slow-speed resistance training in older men and women. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 24(12), 3369-3380.
- Schwartz, A. V., Kelsey, J. L., Sidney, S., & Grisso, J. A. (1998). Characteristics of falls and risk of hip fracture in elderly men. *Osteoporosis International*, 8(3), 240-246.
- Sems, S. A., Johnson, M., Cole, P. A., Byrd, C. T., Templeman, D. C., & Group, a. t. M. O. T. (2010). Elevated body mass index increases early

- complications of surgical treatment of pelvic ring injuries. *Journal of Orthopaedic Trauma*, 24(5), 309-314.
- Sherrington, C., Michaleff, Z. A., Fairhall, N., Paul, S. S., Tiedemann, A., Whitney, J., Cumming, R. G., Herbert, R. D., Close, J. C. T., & Lord, S. R. (2016). Exercise to prevent falls in older adults: An updated systematic review and meta-analysis. *British Journal of Sports Medicine*, 51(24), 1750-1758.
- Shumway-Cook, A., & Woollacott, M. H. (2012). *Motor control: Translating research into clinical practice* (4th ed.). Baltimore: Lippincott Williams & Wilkins.
- Skelton, D., Kennedy, J., & M Rutherford, O. (2002). Explosive power and asymmetry in leg muscle function in frequent fallers and non-fallers aged over 65. *Age and Aging*, 31, 119-125.
- Son, S. M. (2016). Influence of obesity on postural stability in young adults. *Osong Public Health Res Perspect*, 7(6), 378-381.
- Steier, J., Lunt, A., Hart, N., Polkey, M. I., & Moxham, J. (2014). Observational study of the effect of obesity on lung volumes. *Thorax*, 69(8), 752-759.
- Tanaka, S., Kuroda, T., Saito, M., & Shiraki, M. (2013). Overweight/obesity and underweight are both risk factors for osteoporotic fractures at different sites in Japanese postmenopausal women. *Osteoporosis International*, 24(1), 69-76.
- Tang, X., Liu, G., Kang, J., Hou, Y., Jiang, F., Yuan, W., & Shi, J. (2013). Obesity and risk of hip fracture in adults: A meta-analysis of prospective cohort studies. *PLoS One*, 8(4), e55077.
- Te Morenga, L. A., Howatson, A. J., Jones, R. M., & Mann, J. (2014). Dietary sugars and cardiometabolic risk: Systematic review and meta-analyses of randomized controlled trials of the effects on blood pressure and lipids. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 100(1), 65-79.
- 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(1), 153-160.

- Teasdale, N., Simoneau, M., Corbeil, P., Handrigan, G., Tremblay, A., & Hue, O. (2013). Obesity alters balance and movement control. *Current Obesity Reports*, 2(3), 235-240.
- Thompson, L. A., Badache, M., Cale, S., Behera, L., & Zhang, N. (2017). Balance performance as observed by center-of-pressure parameter characteristics in male soccer athletes and non-athletes. *Sports*, 5(4), 1-9.
- Tremollieres, F. A., Pouilles, J.-M., & Ribot, C. (1993). Vertebral postmenopausal bone loss is reduced in overweight women: A longitudinal study in 155 early postmenopausal women. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 77(3), 683-686.
- Wearing, S. C., Hennig, E. M., Byrne, N. M., Steele, J. R., & Hills, A. P. (2006). The biomechanics of restricted movement in adult obesity. *Obesity Reviews*, 7(1), 13-24.
- Winter, D. A. (1995). Human balance and posture control during standing and walking. *Gait & Posture*, 3(4), 193-214.
- World Health Organization. (2000). *Obesity: preventing and managing the global epidemic. Report of a WHO consultation* (Vol. 894). Geneva: World Health Organization.
- World Health Organization. (2003). *Diet, nutrition and the prevention of chronic diseases* (Vol. 916). Geneva: World Health Organization.
- World Health Organization. (2008). *Waist circumference and waist-hip ratio: report of a WHO expert consultation* Geneva: World Health Organization.
- World Health Organization. (2011). *Global status report on noncommunicable diseases 2010*. Geneva: World Health Organization.
- World Health Organization. (2013). *Methodology and summary - Country profiles on nutrition, physical activity and obesity in the 53 WHO European Region Member States*. Copenhagen: World Health Organization.
- Wu, W. L., Yang, Y. F., Chu, I. H., Hsu, H. T., Tsai, F. H., & Liang, J. M. (2017). Effectiveness of a cross-circuit exercise training program in improving the fitness of overweight or obese adolescents with intellectual disability enrolled in special education schools. *Research in Developmental Disabilities*, 60, 83-95.

- Wu, X., & Madigan, M. L. (2014). Impaired plantar sensitivity among the obese is associated with increased postural sway. *Neuroscience letters*, 583, 49-54.
- Zhai, F. Y., Du, S. F., Wang, Z. H., Zhang, J. G., Du, W. W., & Popkin, B. M. (2014). Dynamics of the Chinese diet and the role of urbanicity, 1991-2011. *Obesity Reviews*, 15(Suppl 1), 16-26.
- Zhang, P., Peterson, M., Su, G. L., & Wang, S. C. (2015). Visceral adiposity is negatively associated with bone density and muscle attenuation. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 101(2), 337-343.
- Zhou, Z. Y., Liu, Y. K., Liu, F., & Chen, H. L. (2014). Body mass index and knee osteoarthritis risk: A dose-response meta-analysis. *Obesity (Silver Spring)*, 22(10), 2180-2185.



### **3. Estudo Experimental**

**Effects of an exercise training program on balance of obese patients following bariatric surgery**

Granja, T., Diniz-Sousa, F., Boppre, G., Santos-Sousa, H., Devezas, V., Preto, J., Machado, L., Vilas-Boas J.P., Oliveira, J., Fonseca, H.



### 3. Estudo experimental

## Effects of an exercise training program on balance of obese patients following bariatric surgery

Granja, T.<sup>1</sup>, Diniz-Sousa, F.<sup>1</sup>, Boppre, G.<sup>1</sup>, Santos-Sousa, H.<sup>2</sup>, Devezas, V.<sup>2</sup>, Preto, J.<sup>2</sup>, Machado, L.<sup>3,4</sup>, Vilas-Boas J.P.<sup>3,4</sup>, Oliveira, J.<sup>1</sup>, Fonseca, H.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Research Centre in Physical Activity, Health and Leisure (CIAFEL), Faculty of Sport, University of Porto

<sup>2</sup>General Surgery Department, São João Medical Center

<sup>3</sup>Centre of Research, Education, Innovation and Intervention in Sport (CIFID2), Faculty of Sport, University of Porto

<sup>4</sup>Biomechanics Laboratory (LABIOMPEP), Faculty of Sport, University of Porto

### Abstract

**Introduction:** Bariatric surgery (BS) is one of the most clinically effective methods for long-term weight loss. Physical exercise programs have already shown to promote additional benefits after BS. However, in this population there are no evidences that exercise improves balance following surgery. **Objectives:** our aim was to assess the influence of BS on static balance and determine if an exercise training program can promote balance benefits after BS. **Methodology:** One month after BS, 23 obese women were randomized to either an exercise group (EG, n=13) or to a control group (CG, n=10). EG patients underwent a supervised multicomponent exercise training program (3x/week; 75 min/session) that included multidirectional jumps, balance and strength exercises for 5 months (all participants attended more than 50% of the sessions) in addition to the usual medical care. CG patients received only standard medical care. Balance in quiet upright bipedal stance, evaluated with a force platform, was assessed in eyes open (EO) and eyes closed (EC) condition in both groups at 1 and 6 months after surgery. To determine the effect of exercise training on balance (interaction group x time), a repeated measures ANOVA was used. **Results:** At baseline, there were no differences between groups regarding age (EG:45.62±9.66years vs. CG:49.33±9.11 years;  $p=0.360$ ) or body mass index (BMI) (EG:43.52±3.45 kg/m<sup>2</sup> vs. CG:45.79±5.02 kg/m<sup>2</sup>;  $p=0.223$ ). No differences were also observed between the two groups at baseline (one month after BS) in terms of balance parameters. The within-group time effect analysis showed no significant changes in the CG in all balance parameters analyzed between 1<sup>st</sup> and 6<sup>th</sup> months after surgery. In the EG, there was a significant decrease in ellipse with EO ( $p=0.017$ ) and non-significant trend for a decrease in anteroposterior standard deviation with EO ( $p=0.054$ ), while the remaining parameters did not change significantly. Furthermore, the Group x Time interaction results showed that only ellipse with EO was significantly different between the CG and EG ( $p=0.035$ ). Partial eta-squared for ellipse EO shows a medium effect size, with 19% of variance explained by the difference between groups. **Conclusion:** A five-month supervised exercise training program improved balance in women who underwent BS. **Keywords:** weight loss surgery; postural control; force platform; physical exercise.

## Resumo

**Introdução:** A cirurgia bariátrica (CB) é um dos métodos mais eficazes para perda de peso a longo prazo. O exercício físico já demonstrou promover benefícios adicionais após CB. Contudo, nesta população não existem evidências que o exercício melhora o equilíbrio após a cirurgia. **Objetivos:** O nosso objetivo foi avaliar o efeito da CB no equilíbrio estático e determinar se um programa de exercício físico promove benefícios no equilíbrio após cirurgia bariátrica. **Metodologia:** Um mês após CB, 23 mulheres obesas foram randomizadas para integrar um grupo de exercício (EG, n=13) ou um grupo de controlo (CG, n=10). Os pacientes do EG realizaram um programa de exercício físico multicomponente (3x/semana; 75min/sessão) que incluiu saltos multidirecionais, equilíbrio e exercícios de força durante 5 meses (todos os participantes participaram em mais de 50% das sessões) para além do seguimento médico habitual. Os pacientes do CG receberam apenas os cuidados médicos habituais. O equilíbrio estático em apoio bipedal, analisado numa plataforma de força, foi avaliado na condição de olhos abertos (EO) e olhos fechados (EC) em ambos os grupos 1 e 6 meses após a cirurgia. Para determinar os efeitos do exercício físico no equilíbrio (interação grupo x tempo), foi utilizada uma ANOVA de medidas repetidas. **Resultados:** No início do estudo (1 mês após a cirurgia) não existiam diferenças entre grupos em relação à idade (EG:45.62±9.66anos vs. CG:49.33±9.11 anos;  $p=0.360$ ) ou ao índice de massa corporal (IMC) (EG:43.52±3.45 kg/m<sup>2</sup> vs. CG:45.79±5.02 kg/m<sup>2</sup>;  $p=0.223$ ). Não se observaram diferenças entre os dois grupos no início do estudo nos parâmetros de equilíbrio. A análise do efeito de tempo intragrupo demonstrou não existirem alterações significativas no CG em todos os parâmetros de equilíbrio entre 1<sup>o</sup> e 6<sup>o</sup> meses após a cirurgia. No EG, a comparação dos parâmetros de equilíbrio entre o 1<sup>o</sup> e 6<sup>o</sup> meses após a cirurgia revelou uma diminuição significativa na variável elipse na condição de EO ( $p=0.017$ ) e uma tendência não significativa para a diminuição do desvio padrão ântero-posterior na condição de EO ( $p=0.054$ ), enquanto os restantes parâmetros não sofreram alterações significativas. Além disso, os resultados da interação grupo x tempo demonstram que apenas a variável elipse em EO teve alterações significativas entre o CG e o EG ( $p=0.035$ ). Adicionalmente, o *partial eta-squared* para a elipse em EO demonstrou um tamanho de efeito médio com 19% de variância explicada pela diferença entre grupos. **Conclusão:** Um programa de 5 meses de exercício físico multicomponente melhorou significativamente o equilíbrio em mulheres submetidas a CB.

**Palavras-chave:** Cirurgia de perda de peso, controlo postural; plataforma de força; exercício físico.

### 3.1. Introduction

Obesity is currently one of the main health problems worldwide (World Health Organization, 2014). Obesity is characterized by an excessive body fat accumulation (World Health Organization, 2000) and is associated with several other health conditions such as hypertension, type 2 diabetes, cardiovascular problems and cancer (Abdelaal et al., 2017; Guh et al., 2009), which are responsible for the increased mortality risk of the obese patient (Abdelaal et al., 2017; Flegal et al., 2007). In addition to these health issues, recent evidence also suggests that obesity is associated with an increased risk of fall (Himes & Reynolds, 2012; Mitchell et al., 2014) that could lead to traumatic injuries (Finkelstein et al., 2007; Gu et al., 2016). This is especially worrisome considering the recent evidences suggesting that higher body mass indexes are a risk factor for bone fracture (Compston et al., 2014; Johansson et al., 2014b).

Due to the high burden that obesity represents, both in terms of individual health and costs to the national health systems, there is a growing interest for effective strategies that can tackle this problem (von Lengerke & Krauth, 2011). However, pharmacological interventions have shown to be globally ineffective and with unacceptable side effects. Moreover, intervention programs based on diet and physical activity have shown to be poorly effective in producing long term weight losses (Curioni & Lourenco, 2005; Wu et al., 2009). Currently, the most effective method for long-term weight loss is bariatric surgery (BS) (Picot et al., 2009). In addition, bariatric surgery also improves several comorbidities associated with obesity such as diabetes, hyperlipidemia, hypertension, and obstructive sleep apnea (Buchwald et al., 2004). Interestingly, obese patients that undergo BS also seem to have an improvement in balance (Handrigan et al., 2010; Teasdale et al., 2007).

It is known that body weight is an important contributing factor for postural control (Hue et al., 2007) which could explain why obese patients submitted to BS improve balance. Nevertheless, a reduction in body weight is only one aspect that can improve balance, and therefore, it is possible in these patients that fall risk could be improved even further if other strategies that could

promote additional benefits were also implemented. There is strong evidence suggesting that physical exercise improves balance and reduces fall risk, mostly in the elderly (Lesinski et al., 2015; Orr et al., 2006; Sherrington et al., 2016). Interestingly, exercise also seems to potentiate balance gains in obese patients involved in non-surgical weight loss programs (Maffiuletti et al., 2005; Sartorio et al., 2001). Nevertheless, there are no evidences if physical exercise can improve balance in obese patients submitted to BS beyond the known surgical benefits. With this question in mind we conducted an experimental study in which our two main objectives were: i) to assess the influence of BS on several variables of static balance and ii) to determine if a multicomponent exercise training program could induce benefits in balance after BS.

## **3.2. Materials and Methods**

### **3.2.1. Patients recruitment, selection and randomization**

This study was conducted as a single-center randomized controlled trial, with two parallel arms: one intervention and one control group.

Inclusion criteria were: i) age >18 and <65 years; ii) body mass index (BMI) >40 kg/m<sup>2</sup> or >35 kg/m<sup>2</sup> with obesity-related comorbidities; iii) referenced to perform Roux-en-Y Gastric Bypass (RYGB) or Sleeve gastrectomy. Exclusion criteria were: i) use of drugs that interfere with bone metabolism (i.e. bisphosphonates, teriparatide, calcitonin, hormone replacement therapy, chronic use of glucocorticoids); ii) health condition that hinders the ability to exercise (e.g. gonarthrosis) and/or that can be aggravated by physical exercise (e.g. uncontrolled arterial hypertension, severe kidney disease, class III-IV NYHA heart failure); iii) known metabolic bone disease (i.e. Osteogenesis Imperfecta, Paget bone disease); iv) peri-menopausal status (last menses <1 year); v) pregnancy or breast-feeding; and vi) revisional bariatric surgery; and vii) inability to integrate any group.

Recruitment was performed based on the patients waiting list for BS of the General Surgery department of the São João Medical Center. After being identified on the list, medical records were analyzed to determine if inclusion and exclusion criteria were met. Afterwards, an invitation letter with a summary of the

study was mailed to all eligible patients (annex 6.1 - 6.3). Thereafter, patients were contacted by phone call to provide more details about the study design. After confirming the eligibility criteria with the patients and if they were interested in participating, a visit to the laboratory was made to provide further details about the study, sign the informed consent forms (annex 6.4) and to perform the pre-surgery baseline measurements. All evaluations were conducted at the Faculty of Sport from the University of Porto. Patients participating in this study were recruited between January 2016 and October 2017.

Randomization was conducted by minimization, which is a covariate adaptive randomization method. This process ensured that each study group was always balanced regarding the number of patients and a set of predefined covariates (Scott et al., 2002). Factors selected to balance groups were: i) sex (male; female), ii) age (18 to 29; 30 to 39; 40 to 49; 50 to 59; 60 to 65), iii) BMI (35 to 39; 40 to 44; 45 to 49; 50 to 54;  $\geq 55$ ), iv) type 2 diabetes mellitus (diabetic; non-diabetic), v) menopausal status (menopause; non-menopause), vi) current thiazide diuretics use (thiazide; non-thiazide) and vii) smoking status (smoker, non-smoker).

Initially, equal allocation was conducted in both groups, but after a midpoint interim analysis randomization was changed from balanced (1:1) to imbalanced (3:1) favoring the intervention group, to compensate the higher than expected dropouts and low attendance to the exercise training classes in the intervention group (Altman D; Peckham et al., 2015). The minimization process was conducted with the MinimPy software (Saghaei, 2011), with a 80% random component using the biased coin probability method. Imbalance measure between groups for each covariate was calculated according to the marginal balance method (Saghaei & Saghaei, 2011). The allocation sequence conducted in the minimization process was generated by Research Randomizer ([www.randomizer.org](http://www.randomizer.org)) to prevent selection bias. The minimization of RYGB and Sleeve patients was done separately, but the criteria used were the same (factors selected to balance groups and allocation ratio).

The research protocol was approved by the São João Medical Center

Ethics Committee (reference: CES 192-14) and is registered at ClinicalTrials.gov (identifier: NCT02843048).

### **3.2.2. Study design**

After being recruited and after performing all baseline measurements, participants were randomized to either the control or intervention group. Patients allocated to the control group (CG) received the usual medical follow up following bariatric surgery which included prescription of dietary supplements at the time of hospital leave together with the standard nutritional recommendations and were followed at 6 months' intervals during hospital visits. Participants in the CG received no structured recommendations about exercise.

### **3.2.3 Exercise intervention protocol**

Patients allocated to the exercise group (EG), in addition to the usual medical follow up participated in a multicomponent exercise-training program, for 75 minutes, 3x/week in alternative days, for 5 consecutive months. The exercise-training program started one month after surgery due to the need for post-surgical recovery. Each training session consisted of: 1) warm-up (5 min); 2) impact component (10 min); 3) balance component (10 min); 4) impact component (10 min); 5) strength component (35 min); and 6) cool down (5 min). Impact training was organized in a circuit composed of 4 or 5 exercises performed in moderate-to-high intensity measured by accelerometers. Exercises included multi-directional jumps, slaloms and walk/run series, using materials such as steps, cones, poles, agility ladders, jump ropes, jump boxes and treadmills. The training protocol encompassed two alternative blocks: a) circuit of exercises lasting 3 minutes interspersed with 1 min rest; or b) circuit of exercises with 30s duration interspersed with 10s for rest.

Balance component included i) 1 or 2 traditional balance exercises (i.e. support base manipulation, vision and proprioception), ii) 1 or 2 perturbation balance exercises (reaction to external stimulus) and, iii) 1 or 2 multitask balance exercises (performing balance tasks while simultaneously doing a cognitive and/or motor task). Each exercise had 2 sets, lasting 30-45s each with 15-30s



rest between sets and 45-60s rest between exercises. Variables used to prescribe the exercises were: base of support, feet position, surface type, sensory input, movement speed, equipment (i.e. mattresses, ankle disks, poles, Swiss balls and beams), perturbation and motor and/or cognitive multitasks.

Strength component consisted in 7 or 8 exercises per training session, and encompassed trunk (2 exercises), lower limbs (2 exercises), upper limbs (1 or 2 exercises) and core (2 exercises) muscle groups. Two or three sets were performed in each exercise. The periodization of intensity and rest intervals between sets varied from 10-12, 8-10, 6-8 and 4-6RM with 30, 60, 90 and 120s, respectively. Agonist/antagonist muscle groups were trained in alternate training sessions. Free weights (bars, dumbbells, weight grip plates) and elastic bands were the main equipment's used for the strength exercises.

Training sessions were performed as group sessions and supervised by a member of the research team.

Further details regarding the intervention program are described in annex (6.5).

#### **3.2.4. Measurements and outcomes**

All patients were assessed at 1 and 6 months after surgery for determination of static balance and anthropometric variables.

#### **3.2.5. Anthropometric evaluation**

Anthropometric features were assessed with the patient standing with light clothing. Height was measured to the nearest 0.1 cm using a mounted stadiometer (Seca, model 213) with heels together, buttocks and shoulder blades against the column scale and head positioned in the Frankfurt horizontal plane. Weight was measured to the nearest 0.1 kg using a digital scale (Seca, model 899). Waist circumference was measured as the largest circumference between the top of the iliac crest and the lowest rib at the end of normal expiration with a tape positioned parallel to the floor. Hip circumference was determined as the point of largest circumference over the buttocks with a tape positioned parallel to

the floor. Waist and hip circumference were measured to the nearest 0.1 cm. All anthropometric evaluations were measured twice, and the mean was calculated. BMI was calculated as weight (kg) divided by squared height (m<sup>2</sup>).

### **3.2.6. Balance evaluation**

Balance assessment was performed with the patient in the upright bipedal stance with a force platform (AMTI, model Force-sensing tandem treadmill instrumented with two AMTI force plates). Feet positioning was self-selected by the patients according to what they felt was the most comfortable position for standing upright. This position was then marked on a paper sheet over the force platform and maintained throughout the evaluation. Subjects were asked to maintain a stable posture with arms placed laterally along the trunk and head directed forward with eyes fixing a target placed at 2 meters at the patients' eye-level. Balance assessment was conducted in 2 conditions: i) with eyes open (EO) and ii) with eyes closed (EC) (vision restriction). In the eyes-opened condition each trial lasted 40s while in the eyes-closed condition, each trial lasted 50s (during the first 5s the patient kept his eyes open closing them afterwards). Only the final 30s were used for data analysis in each trial. Each patient performed two trials in each condition and the mean of the two trials was determined and used for analysis. Coordinates of the center of pressure (CoP) were determined from the three orthogonal components of the ground reaction forces recorded at 1000 Hz (12-bit A/D conversion). Center of pressure displacement data were digitally filtered (Butterworth fourth-order, 6 Hz low-pass cut-off frequency with dual-pass to remove phase shift) prior to the data analysis. Data was analyzed with MATLAB software and the following variables were extracted to describe the patients' balance:

- Ellipse area accounting for 95% of the total area (in case of a normal distribution) of CoP displacement (cm<sup>2</sup>);
- Mean velocity of CoP in antero-posterior (AP) and medio-lateral (ML) directions (cm/s);
- Standard deviation of CoP displacement in AP and ML direction (cm);

- Mean total velocity of CoP (cm/s).

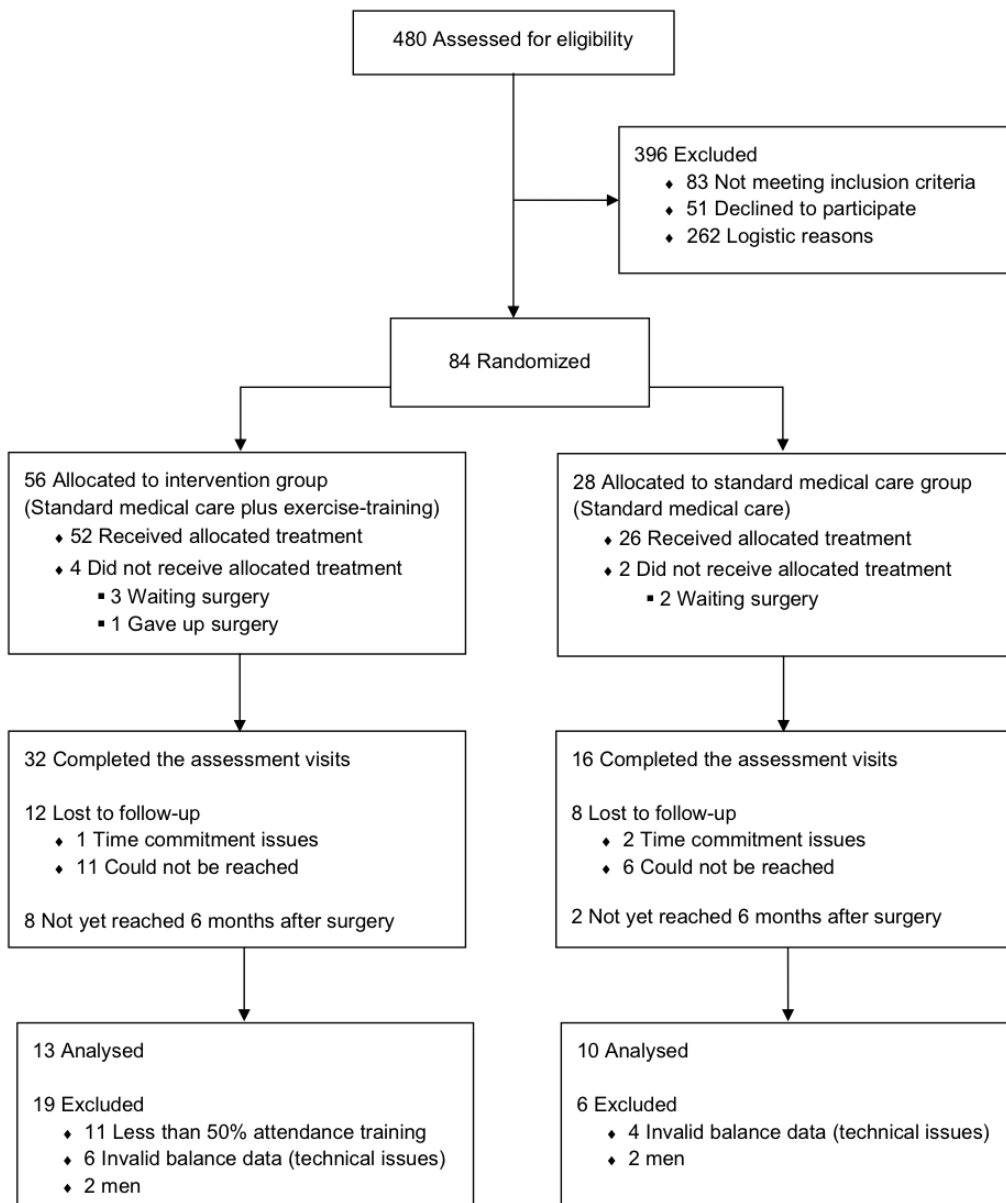
### **3.2.7. Statistical analysis**

Data analysis was conducted as per-protocol, which excluded data from patients who had been noncompliant with the exercise intervention program (defined as attendance of less than 50% of the training sessions). The Shapiro-Wilk test was used to determine the data distribution, and it indicated that anthropometric parameters had normal distribution and while balance parameters had non-normal distribution. Anthropometric variables were reported as mean and standard deviation and balance parameters were reported as median and interquartile range. Since balance parameters were not normally distributed, log transformations were applied prior to statistical analysis. Repeated-measures ANOVA with Bonferroni correction was used for between (group × time interaction) and within-group comparisons (group and time main effects). Differences were considered significant when  $p < 0.05$ . Partial eta-squared was reported as the effect size measure. All analyzes were conducted with the Statistical Package for Social Sciences (IBM Corp., Version 24.0).

### **3.3. Results**

Figure 1 depicts patients selection outflow. Of 480 patients initially contacted, 83 were excluded because they did not meet the inclusion criteria or had any of the exclusion criteria. Reasons for excluding participants were: age  $\geq 65$  years ( $n=6$ ), previous bone metabolic disease ( $n=8$ ), current use of drugs that affects bone metabolism ( $n=40$ ), health condition that hindered or could be worsened with the exercise program ( $n=28$ ). 262 patients declined to participate because of logistic reasons and 51 were not interested to participate. The remaining 84 patients who were willing to participate, were randomized into either CG ( $n=28$ ) or EG ( $n=56$ ). Of those patients, 16 in CG and 32 in EG completed the 1 and 6 months post-surgery evaluations. The dropout rate in the CG and EG was 50% and 48%, respectively. In the EG, 11 participants (45%) were excluded from the analysis due to low adherence to the exercise training program

(attendance rate to the exercise sessions below 50%). The main reasons reported by the participants for their low compliance to exercise sessions were barriers related to commuting/transportation and lack of time. After the exclusions, the mean attendance rate of the remaining participants was 79%. The final analysis included 10 participants in CG and 13 in EG.



**Figure 1.** Schematic flowchart of patients' recruitment and selection for analysis.

### 3.3.1. Anthropometric properties

The most frequently performed surgical procedure in both groups was the RYGB with 70,0%(n=7) in the CG and 69,2%(n=9) in the EG. Remaining patients performed Sleeve gastrectomy. Baseline characteristics are shown in Table 1. The mean age in the CG and EG was  $49.33\pm 9.11$  and  $45.62\pm 9.66$  years, respectively. Mean BMI was  $\geq 40$  kg/m<sup>2</sup> in both groups. Waist and hip circumference were, respectively,  $114.47\pm 10.28$ cm and  $126.83\pm 7.77$ cm in the CG and  $113.35\pm 6.72$ cm and  $126.33\pm 6.91$ cm in the EG. None of baseline characteristics analyzed were significantly different between the two groups. Table 1 also presents the anthropometric characteristics of the patients 6 months after surgery. Patients in both groups had a significant decrease in weight (CG:  $-19.00\pm 4.35$ Kg; EG:  $-21.19\pm 5.71$ Kg), BMI (CG:  $-8.06\pm 1.97$ Kg.m<sup>-2</sup>; EG:  $-8.82\pm 2.37$  Kg.m<sup>-2</sup>), waist circumference (CG:  $-15.25\pm 8.62$ cm; EG:  $-20.38\pm 7.89$ cm) and hip circumference (CG:  $-16.90\pm 6.60$ cm; EG:  $-17.87\pm 6.14$ cm). Furthermore, the group x time interaction analysis did not show significant differences for any of the anthropometric parameters. Partial eta-squared for all parameters had a small effect size.

**Table 1.** Patients characteristics one and six months after bariatric surgery.

Parameters	CG (n=10)		Time <i>p</i> value	EG (n=13)		Time <i>p</i> value	Group <i>p</i> value	Group*Time <i>p</i> value	$\eta p^2$
	1 month after BS	6 months after BS		1 month after BS	6 months after BS				
Age (years)	49.33±9.11	—	—	45.62±9.66	—	—	0.360	—	—
Height (cm)	153.38±5.90	—	—	155.02±7.66	—	—	0.581	—	—
Weight (kg)	98.05±9.55	79.05±6.80	<0.001	95.62±9.08	74.43±10.01	<0.001	0.540	0.325	0.046
BMI, (kg/m <sup>2</sup> )	41.76±4.31	33.70±3.12	<0.001	39.82±3.71	31.00±4.21	<0.001	0.223	0.425	0.031
Waist circumference (cm)	114.47±10.28	99.23±8.68	<0.001	113.35±6.72	92.97±11.50	<0.001	0.755	0.152	0.095
Hip circumference (cm)	126.825±7.77	109.93±8.47	<0.001	126.33±6.91	108.46±8.68	<0.001	0.873	0.721	0.064

Data: mean±standard deviation.

Abbreviations: CG - control group; EX - exercise group; BS - bariatric surgery; BMI - body mass index;  $\eta p^2$  - partial eta squared.

### 3.3.2. Balance

Balance parameters with eyes opened and closed, one and six months after BS, are depicted in Table 2. No differences were observed between the two groups regarding the baseline balance parameters. The CG within-group time effect analysis showed no significant changes in all balance parameters (Table 2 and Figure 2-7). Comparison of balance parameters between 1 and 6 months after surgery in the EG, shows that there was a significant decrease in ellipse in EO condition ( $p=0.017$ ) and a non-significant trend for a decrease in AP standard deviation in EO conditions ( $p=0.054$ ). No significant changes were found in the other parameters (Table 2 and Figure 2-7). Furthermore, the group x time interaction analysis showed that only the ellipse with EO condition was significantly different between CG and EG ( $p=0.035$ ). Partial eta-squared for ellipse EO has shown a medium effect size (19%) (Table 2).

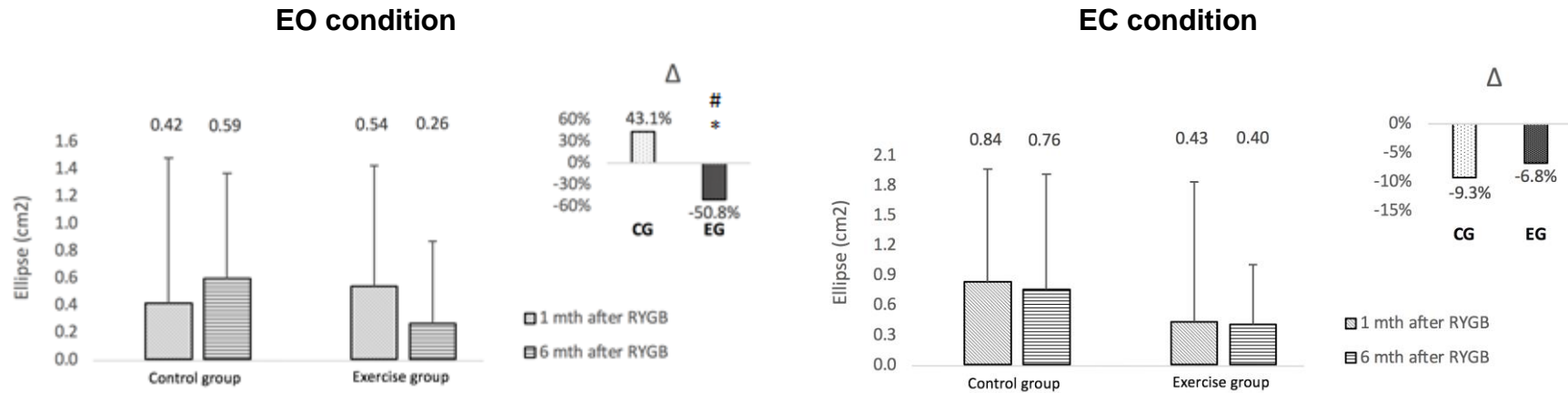
**Table 2.** Balance parameters between control and exercise groups with eyes open and eyes closed at one and six months after bariatric surgery.

Parameters	CG (n=10)		Time <i>p</i> value	EG (n=13)		Time <i>p</i> value	Group <i>p</i> value	Group*Time <i>p</i> value	$\eta^2$
	1 month after BS	6 months after BS		1 month after BS	6 months after BS				
<b>EO conditions</b>									
Ellipse (cm <sup>2</sup> )	0.415±1.061	0.595±0.770	0.483	0.537±0.889	0.264±0.605	0.017	0.872	0.035	0.194
AP mean velocity (cm/s)	0.643±0.269	0.509±0.433	0.675	0.653±0.512	0.552±0.512	0.373	0.762	0.368	0.039
AP standard deviation (cm)	0.424±0.298	0.445±0.371	0.486	0.472±0.250	0.325±0.237	0.054	0.776	0.074	0.144
ML mean velocity (cm/s)	0.233±0.206	0.237±0.260	0.213	0.277±0.184	0.299±0.157	0.913	0.964	0.383	0.036
ML standard deviation (cm)	0.172±0.253	0.203±0.120	0.637	0.184±0.258	0.160±0.162	0.302	0.673	0.739	0.005
Total mean velocity (cm/s)	0.746±0.309	0.637±0.559	0.579	0.744±0.532	0.720±0.608	0.418	0.785	0.344	0.043
<b>EC conditions</b>									
Ellipse (cm <sup>2</sup> )	0.836±1.130	0.758±1.157	0.521	0.433±1.406	0.404±0.606	0.133	0.337	0.595	0.014
AP mean velocity (cm/s)	1.025±0.588	0.835±0.814	0.335	0.902±0.604	0.793±0.540	0.229	0.271	0.942	0.000
AP standard deviation (cm)	0.620±0.460	0.496±0.346	0.352	0.442±0.410	0.425±0.172	0.163	0.168	0.814	0.003
ML mean velocity (cm/s)	0.323±0.288	0.325±0.337	0.858	0.299±0.252	0.317±0.227	0.945	0.501	0.929	0.000
ML standard deviation (cm)	0.232±0.221	0.239±0.223	0.714	0.158±0.251	0.158±0.136	0.491	0.376	0.856	0.002
Total mean velocity (cm/s)	1.125±0.671	0.947±0.944	0.331	0.981±0.593	0.997±0.617	0.275	0.316	0.993	0.000

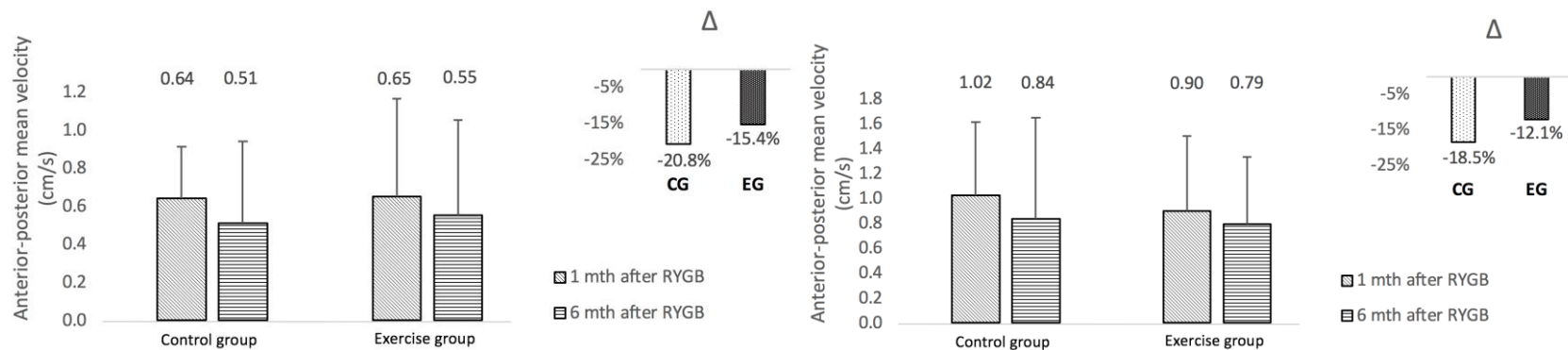
Data: median±interquartile range for all subjects.

Abbreviations: CG - control group; EG - exercise group; BS - bariatric surgery; EO - eyes opened; EC - eyes closed; AP - antero-posterior; ML - medio-lateral;  $\eta^2$  - partial eta squared.

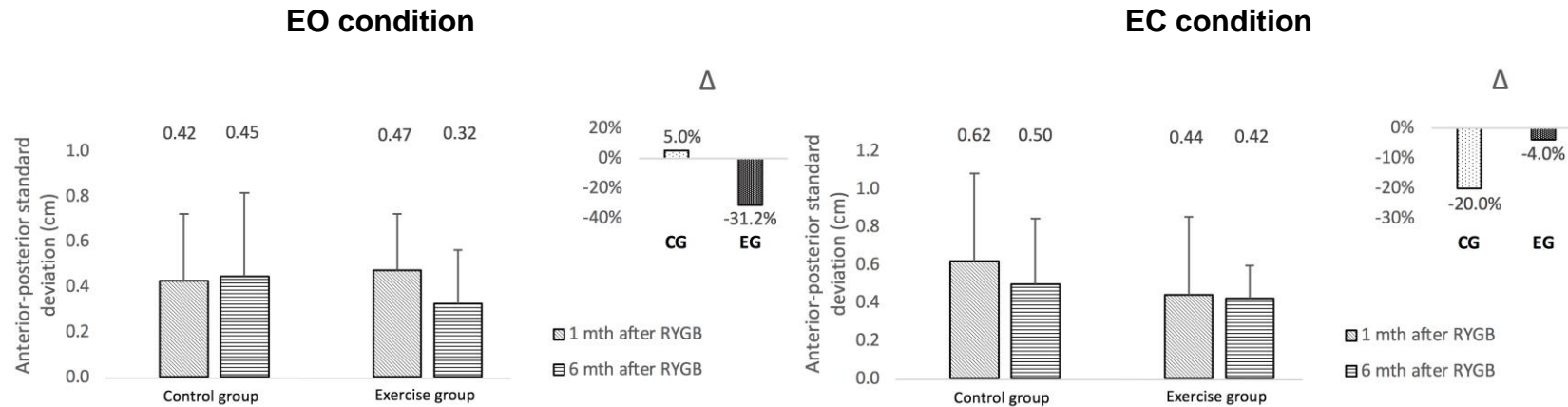




**Figure 2.** Ellipse in eyes open condition (left) and eyes closed condition (right) for the control and exercise groups one and six months following bariatric surgery. Data were reported as median and interquartile range. Abbreviations: CG - control group; EG - exercise group; \* =  $p \leq 0.05$  for within-group time effect; #= $p \leq 0.05$  Group x Time interaction (between-group changes from 1 and 6 months after bariatric surgery).

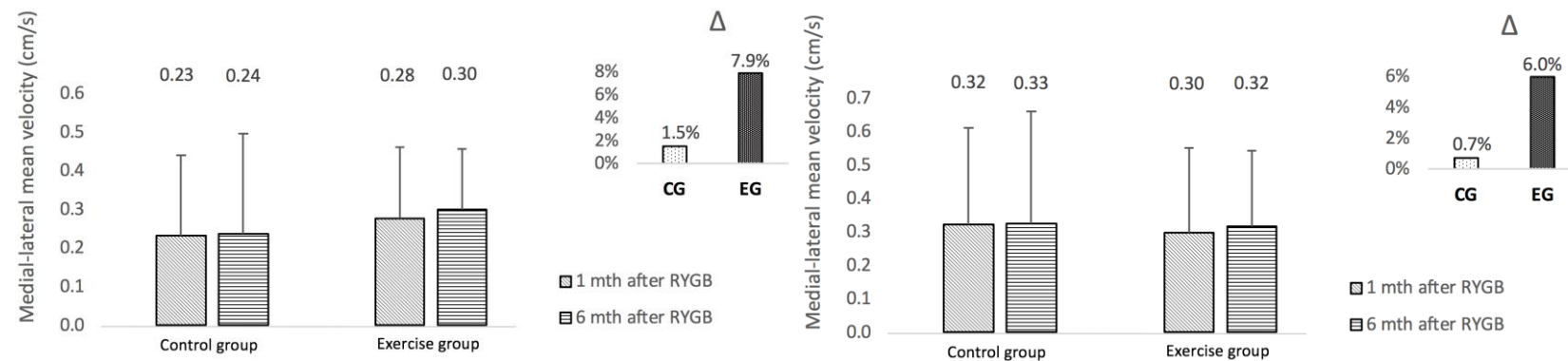


**Figure 3.** Anterior-posterior mean velocity in eyes open condition (left) and eyes closed condition (right) for the control and exercise groups one and six months following bariatric surgery. Data were reported as median and interquartile range. Abbreviations: CG - control group; EG - exercise group.



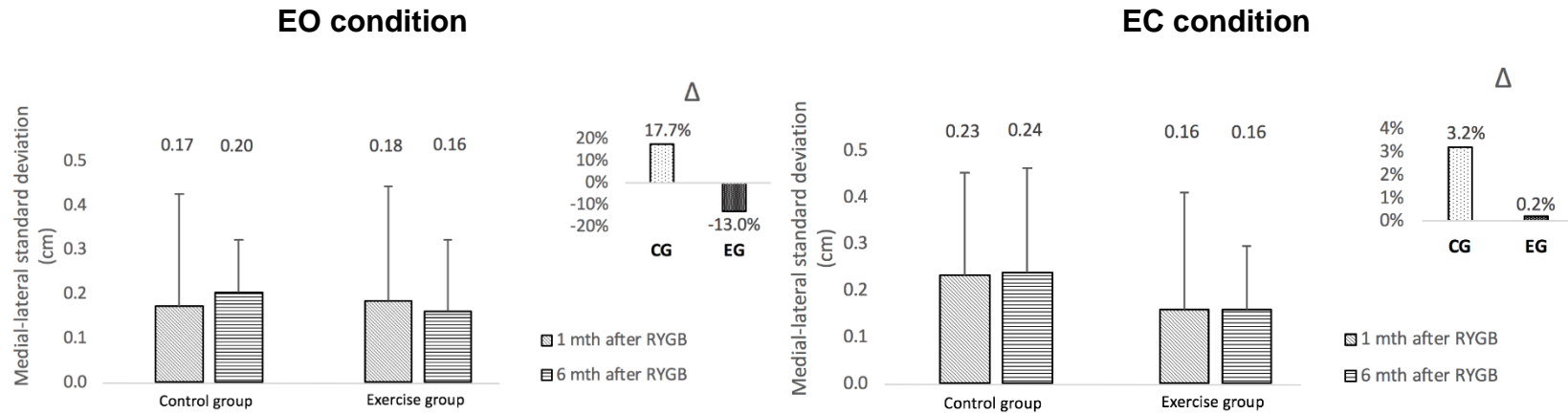
**Figure 4.** Anterior-posterior standard deviation in eyes open condition (left) and eyes closed condition (right) for the control and exercise groups one and six months following bariatric surgery.

Data were reported as median and interquartile range. Abbreviations: CG - control group; EG - exercise group.



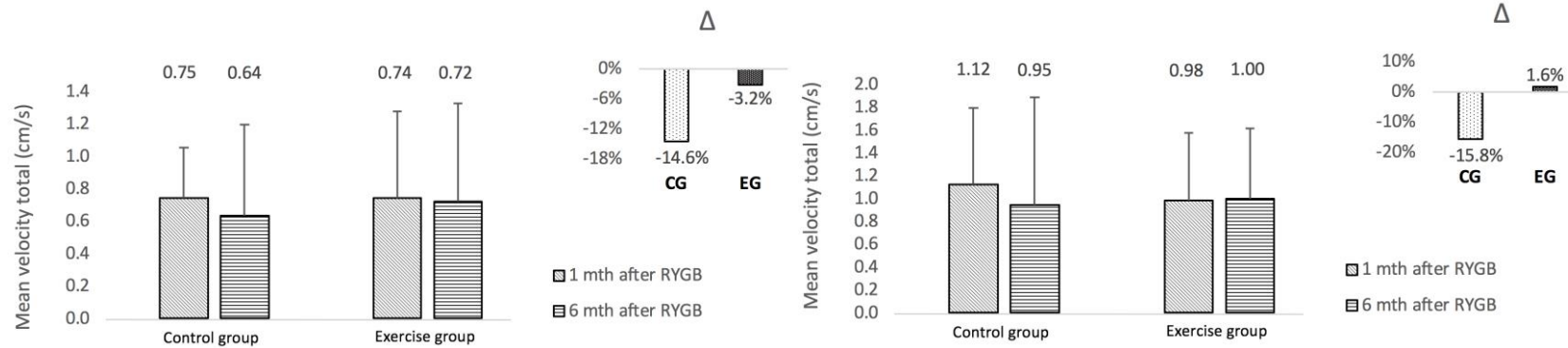
**Figure 5.** Medial-lateral mean velocity in eyes open condition (left) and eyes closed condition (right) for the control and exercise groups one and six months following bariatric surgery.

Data were reported as median and interquartile range. Abbreviations: CG - control group; EG - exercise group.



**Figure 6.** Medial-lateral standard deviation in eyes open condition (left) and eyes closed condition (right) for the control and exercise groups one and six months following bariatric surgery.

Data were reported as median and interquartile range. Abbreviations: CG - control group; EG - exercise group.



**Figure 7.** Mean velocity total in eyes open condition (left) and eyes closed condition (right) for the control and exercise groups one and six months following bariatric surgery.

Data were reported as median and interquartile range. Abbreviations: CG - control group; EG - exercise group.

### 3.4. Discussion

The purpose of our study was to determine if BS induces any changes in the balance of obese patients and if a multicomponent exercise training program can improve the balance of these patients after bariatric surgery. Our results showed that, contrarily to what was expected, surgery had no significant effects over the balance parameters analyzed. In addition, our results showed that the patients' balance improved with the exercise training program, which was indicated by the significant reduction in ellipse with EO in the EG in comparison with the CG. In addition, AP standard deviation with EO also showed a tendency for improvements in the EG compared with the CG, although differences did not reach statistical significance. The remaining balance parameters analyzed showed no significant differences between groups.

Despite previous studies have shown that, in the long-term, BS can induce improvements in balance parameters, our results did not show any improvements in balance 6 months after BS. A study by Teasdale et al. (Teasdale et al., 2007) that assessed the influence of BS on balance using a force platform, 3 and 12 months after surgery, showed that there were no improvements in balance 3 months after BS, and that changes were only observed at 12 months after BS. These data suggest that, weight loss in the first 6 months, by itself is not enough to generate meaningful balance improvements after BS.

Beyond weight loss, BS can also induce modifications in other factors that may interfere with balance. After surgery, for instance, there is a reduction in the anteriorization of the body mass center (Corbeil et al., 2001; Hue et al., 2007; Kang et al., 2012), an increase in plantar sole sensitivity (Handrigan et al., 2012b; Wu & Madigan, 2014) and a decrease in lower-limb maximal strength (Diniz-Sousa et al., 2017; Hue et al., 2008). Each of these modifications induce an adaptation process, which could lead to new neuromuscular responses (Amiri et al., 2015; Corbeil et al., 2001; Mignardot et al., 2010), a new joint torque required to stabilize the body (Corbeil et al., 2001) and new muscle activation patterns (Amiri et al., 2015). Therefore, we can speculate that the tremendous and constant changes that characterize the first months after BS may difficult the

effective re-synchronization of all these factors that determine postural control responses thereby delaying improvements in balance.

Physical exercise has been demonstrated to be a useful strategy to improve balance in weight loss programs in patients with obesity. Sartorio et al. (Sartorio et al., 2001) observed that a 3 weeks body mass reduction program with diet restriction and aerobic training reduced significantly body weight (4%) and improved single leg standing balance time (21%). Furthermore, other components included in the exercise programs, such as strength component, also have shown to induce balance enhancements (Bottaro et al., 2007; Orr et al., 2006; Orr et al., 2008). Additional benefits are also seen when a balance training component is attached to the weight reduction program. Maffiuletti et al. (2005) found that obese subjects who performed a weight reduction program that included diet restriction, aerobics, strength and balance components improved significantly their postural control compared to the group that did not performed the balance training component (program composed by diet restriction, aerobics and strength exercises). Therefore, multicomponent exercise training programs that include aerobics, strength and balance seem to be an effective approach to improve balance.

The results of our study are in agreement with the findings that a multicomponent exercise training program (impact, balance and strength) helps to improve some balance parameters after BS since our posturographic analysis results showed significant improvements in ellipse with OE condition in the EG. Ellipse quantifies 95% of the total area covered in the ML and AP direction (Duarte & Freitas, 2010; Paillard & Noé, 2015) during balance testing. It is accepted that the smaller the ellipse the better the balance (Paillard & Noé, 2015). Physical exercise has already shown, in other studies, to induce benefits in proprioception (Cuğ et al., 2012; Liu et al., 2012) and muscle strength (Matrangola & Madigan, 2009; Pamukoff et al., 2014), which we hypothesize that may explain the reduction in ellipse seen in the EG patients in our study. In addition, our exercise program has also included balance exercises in unstable surfaces that could lead to favorable modifications in the relationship between agonist and antagonist muscle activity (co-activation) in the core (Anderson &

Behm, 2004) and lower limb muscles (Behm et al., 2002; Donath et al., 2015). These plausible changes have been mentioned to be responsible for an increased joint stabilization (Baratta et al., 1988; Behm & Anderson, 2006; Behm & Colado Sanchez, 2013). Theoretically, the increased efficacy of the somatosensory and neuromuscular function may lead to a less frequent and mild response to the postural oscillations that are represented in the ellipse reduction in our EG.

In addition to the possible improvements above-mentioned, exercise training after BS has already proven to be accountable for additional anthropometric improvements, such as weight loss (Woodlief et al., 2015) and waist and hip circumference reduction (Castello et al., 2011). These possible additional improvements may assume a special importance because several studies have shown that weight, waist and hip circumference are major factors determining the balance pattern in a quiet upright bipedal stance (Cieslinska-Swider et al., 2017; Hita-Contreras et al., 2013; Hue et al., 2007). Generally, men are taller, heavier and fat accumulation predominantly occurs around the trunk and upper body (android fat distribution), while women are generally smaller and lighter, accumulating fat predominantly in the thighs and buttocks (gynoid fat distribution) (Bjorntorp, 1987; Clark, 2004). These differences explain why men tend to have a higher center of mass anteriorization, while in women the center of mass is more centered to the support base (Bogusław & Marzena, 2003). These characteristics may explain why men sway more in both the anterior-posterior and medio-lateral axis and why women usually sway less in the medio-lateral (Menegoni et al., 2009). This balance pattern in women is evidenced in our results due to the lack of significant differences in medio-lateral parameters. However, in severely obese women, the accumulation of fat mass in the upper body upper region causes some anthropometric changes that lead to similarities with the android fat distribution type, particularly the abdominal obesity (Bjorntorp, 1987). This fact could predispose women with severe obesity to present more anterior-posterior oscillations (Cieslinska-Swider et al., 2017; Kováčiková et al., 2014).

Our study suggests that an exercise training program can reduce the anterior-posterior sways in this population since our results showed that patients that underwent the multicomponent exercise training program had a decrease in AP standard deviation in the EO condition compared with patients that received standard medical care only after BS. Based on results of previous studies we can speculate that these findings may be explained by a reduction in the center of mass anteriorization induced by a waist circumference reduction (our results showed that EG decrease more than CG, although not significant) and a diminished joint torque needed to control postural balance (Corbeil et al., 2001).

Our study has some limitations that may have contributed to the lack of finding of significant improvements in several balance parameters. One important limitation was related to the measurement type used. Although balance assessment with a force platform in quiet upright bipedal stance with or without vision restriction is widely applied and accepted both in the clinical and research settings (Alonso et al., 2014; Yelnik & Bonan, 2008), it may not create a sufficiently challenging condition to the patients, thereby having a limited sensitivity to identify improvements in balance. It is possible that improvements induced by an exercise program would be more evident if balance assessment was carried out in more challenging conditions (e.g. with external perturbation and/or multitask situations) (Berrigan et al., 2006; Nardone & Schieppati, 2010). Another limitation of our study was the patient's low adherence to the exercise training program, which led to a high number of exclusions from the data analysis and consequently to a reduced final sample size. Nevertheless, high attrition rates are a common and well described issue in long-term exercise intervention programs, especially in this particular population (Carnero et al., 2017). Another limitation in our study was the high dropout rate which also contributed to the low final sample size. Nevertheless, again, the proportion of dropouts in our study was similar to analogous studies (Campanha-Versiani et al., 2017; Castello et al., 2011). The reduced control over the CG daily activities could also be considered as a limitation in our study. It is possible that some patients from the CG could have participated in some kind of exercise (e.g. training in gym) which was not taken into account in our data analysis and could have attenuated the differences

between EG and CG (Armijo-Olivo et al., 2009; Hernan & Robins, 2017). Due to the small sample size, the results of this study need to be confirmed in future studies with a similar design but a larger sample size. We also suggest that future studies should investigate balance in a more functional way, approaching the assessments to real life activities. Thus, they should include into balance assessment a multitask exercise (e.g. catch an object while in unipedal standing) or an external perturbation by a mechanical stimulus, which can be an effective method to reach similarity with daily lifestyles.

In conclusion, our results suggest that, in obese patients, in the first months after BS, there are no significant improvements in balance. However, a multicomponent exercise intervention program seems to be an effective strategy to improve some of balance parameters in these patients after surgery.

## References

- Abdelaal, M., le Roux, C. W., & Docherty, N. G. (2017). Morbidity and mortality associated with obesity. *Annals of Translational Medicine*, 5(7), 161.
- Alonso, A. C., Luna, N. M., Dionísio, F. N., Speciali, D. S., Leme, L. E. G., & Greve, J. M. D. A. (2014). Functional Balance Assessment: Review. *MedicalExpress*, 1(6), 298-301.
- Altman D, G. (2018). Avoiding bias in trials in which allocation ratio is varied. *The Royal Society of Medicine*, 111(4), 143-144.
- Amiri, P., Hubley-Kozey, C. L., Landry, S. C., Stanish, W. D., & Astephen Wilson, J. L. (2015). Obesity is associated with prolonged activity of the quadriceps and gastrocnemii during gait. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 25(6), 951-958.
- Anderson, K. G., & Behm, D. G. (2004). Maintenance of EMG activity and loss of force output with instability. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 18(3), 637-640.
- Armijo-Olivo, S., Warren, S., & Magee, D. (2009). Intention to treat analysis, compliance, drop-outs and how to deal with missing data in clinical research: A review. *Physical Therapy Reviews*, 14(1), 36-49.



- Baratta, R., Solomonow, M., Zhou, B. H., Letson, D., Chuinard, R., & D'Ambrosia, R. (1988). Muscular coactivation. The role of the antagonist musculature in maintaining knee stability. *The American Journal of Sports Medicine*, *16*(2), 113-122.
- Behm, D. G., Anderson, K., & Curnew, R. S. (2002). Muscle force and activation under stable and unstable conditions. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *16*(3), 416-422.
- Behm, D. G., & Anderson, K. G. (2006). The role of instability with resistance training. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *20*(3), 716-722.
- Behm, D. G., & Colado Sanchez, J. C. (2013). Instability resistance training across the exercise continuum. *Sports Health*, *5*(6), 500-503.
- Berrigan, F., Simoneau, M., Tremblay, A., Hue, O., & Teasdale, N. (2006). Influence of obesity on accurate and rapid arm movement performed from a standing posture. *International Journal of Obesity*, *30*(12), 1750-1757.
- Bjorntorp, P. (1987). Fat cell distribution and metabolism. *Annals of the New York Academy of Sciences*, *499*, 66-72.
- Bogusław, P., & Marzena, G. (2003). Center of body mass and the evolution of female body shape. *American Journal of Human Biology*, *15*(2), 144-150.
- Bottaro, M., Machado, S. N., Nogueira, W., Scales, R., & Veloso, J. (2007). Effect of high versus low-velocity resistance training on muscular fitness and functional performance in older men. *European Journal of Applied Physiology*, *99*(3), 257-264.
- Buchwald, H., Avidor, Y., Braunwald, E., Jensen, M. D., Pories, W., Fahrbach, K., & Schoelles, K. (2004). Bariatric surgery: A systematic review and meta-analysis. *Journal of American Medical Association*, *292*(14), 1724-1737.
- Campanha-Versiani, L., Pereira, D. A. G., Ribeiro-Samora, G. A., Ramos, A. V., de Sander Diniz, M. F. H., De Marco, L. A., & Soares, M. M. S. (2017). The effect of a muscle weight-bearing and aerobic exercise program on the body composition, muscular strength, biochemical markers, and bone mass of obese patients who have undergone gastric bypass surgery. *Obesity Surgery*, *27*(8), 2129-2137.

- Carnero, E. A., Dubis, G. S., Hames, K. C., Jakicic, J. M., Houmard, J. A., Coen, P. M., & Goodpaster, B. H. (2017). Randomized trial reveals that physical activity and energy expenditure are associated with weight and body composition after RYGB. *Obesity (Silver Spring)*, *25*(7), 1206-1216.
- Castello, V., Simoes, R. P., Bassi, D., Catai, A. M., Arena, R., & Borghi-Silva, A. (2011). Impact of aerobic exercise training on heart rate variability and functional capacity in obese women after gastric bypass surgery. *Obesity Surgery*, *21*(11), 1739-1749.
- Cieslinska-Swider, J., Furmanek, M. P., & Blaszczyk, J. W. (2017). The influence of adipose tissue location on postural control. *Journal of Biomechanics*, *60*, 162-169.
- Clark, K. N. (2004). Balance and strength training for obese individuals. *ACSM's Health & Fitness Journal*, *8*(1), 14-20.
- Compston, J. E., Flahive, J., Hosmer, D. W., Watts, N. B., Siris, E. S., Silverman, S., Saag, K. G., Roux, C., Rossini, M., Pfeilschifter, J., Nieves, J. W., Netelenbos, J. C., March, L., LaCroix, A. Z., Hooven, F. H., Greenspan, S. L., Gehlbach, S. H., Diez-Perez, A., Cooper, C., Chapurlat, R. D., Boonen, S., Anderson, F. A., Jr., Adami, S., & Adachi, J. D. (2014). Relationship of weight, height, and body mass index with fracture risk at different sites in postmenopausal women: The Global Longitudinal study of Osteoporosis in Women (GLOW). *Journal of Bone and Mineral Research* *29*(2), 487-493.
- 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 : A publication of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society*, *9*(2), 126-136.
- Cuğ, M., Ak, E., Özdemir, R. A., Korkusuz, F., & Behm, D. G. (2012). The effect of instability training on knee joint proprioception and core strength. *Journal of Sports Science & Medicine*, *11*(3), 468-474.

- Curioni, C. C., & Lourenco, P. M. (2005). Long-term weight loss after diet and exercise: A systematic review. *International Journal of Obesity*, 29(10), 1168-1174.
- Diniz-Sousa, F., Boppre, G., Santos-Sousa, H., Preto, J., Devezas, V., Machado, L., Vilas-Boas, J. P., Oliveira, J., & Fonseca, H. (2017). Relationship between BMI and strength in patients with class II and III obesity. *ObesityWeek2017*. Consult. 6 jun 2018, disponível em <https://2017.obesityweek.com/abstract/relationship-between-bmi-and-strength-in-patients-with-class-iii-obesity/>
- Donath, L., Kurz, E., Roth, R., Zahner, L., & Faude, O. (2015). Different ankle muscle coordination patterns and co-activation during quiet stance between young adults and seniors do not change after a bout of high intensity training. *BMC Geriatrics*, 15(19), 1-8.
- Duarte, M., & Freitas, S. M. (2010). Revisão sobre posturografia baseada em plataforma de força para avaliação do equilíbrio. *Revista Brasileira de Fisioterapia*, 14(3), 183-192.
- Finkelstein, E. A., Chen, H., Prabhu, M., Trogon, J. G., & Corso, P. S. (2007). The relationship between obesity and injuries among U.S. Adults. *American Journal of Health Promotion*, 21(5), 460-468.
- Flegal, K. M., Graubard, B. I., Williamson, D. F., & Gail, M. H. (2007). Cause-specific excess deaths associated with underweight, overweight, and obesity. *Journal of American Medical Association*, 298(17), 2028-2037.
- Gu, J. K., Charles, L. E., Andrew, M. E., Ma, C. C., Hartley, T. A., Violanti, J. M., & Burchfiel, C. M. (2016). Prevalence of work-site injuries and relationship between obesity and injury among U.S. workers: NHIS 2004-2012. *Journal of Safety Research*, 58, 21-30.
- Guh, D. P., Zhang, W., Bansback, N., Amarsi, Z., Birmingham, C. L., & Anis, A. H. (2009). The incidence of co-morbidities related to obesity and overweight: A systematic review and meta-analysis. *BMC Public Health*, 9(1), 88.
- Handrigan, G., Hue, O., Simoneau, M., Corbeil, P., Marceau, P., Marceau, S., Tremblay, A., & Teasdale, N. (2010). Weight loss and muscular strength

- affect static balance control. *International Journal of Obesity*, 34(5), 936-942.
- Handrigan, G., Simoneau, M., Teasdale, N., & Corbeil, P. (2012). The effects of added mass on plantar sole sensitivity in upright standing. *Journal of Biomechanics*, 45(S1), S233.
- Hernan, M. A., & Robins, J. M. (2017). Per-protocol analyses of pragmatic trials. *The New England Journal of Medicine*, 377(14), 1391-1398.
- Himes, C. L., & Reynolds, S. L. (2012). Effect of obesity on falls, injury, and disability. *Journal of the American Geriatrics Society*, 60(1), 124-129.
- Hita-Contreras, F., Martinez-Amat, A., Lomas-Vega, R., Alvarez, P., Mendoza, N., Romero-Franco, N., & Aranega, A. (2013). Relationship of body mass index and body fat distribution with postural balance and risk of falls in spanish postmenopausal women. *Menopause*, 20(2), 202-208.
- Hue, O., Berrigan, F., Simoneau, M., Marcotte, J., Marceau, P., Marceau, S., Tremblay, A., & Teasdale, N. (2008). Muscle force and force control after weight loss in obese and morbidly obese men. *Obesity Surgery*, 18(9), 1112-1118.
- Hue, O., Simoneau, M., Marcotte, J., Berrigan, F., Dore, J., Marceau, P., Marceau, S., Tremblay, A., & Teasdale, N. (2007). Body weight is a strong predictor of postural stability. *Gait & Posture*, 26(1), 32-38.
- Johansson, H., Kanis, J. A., Oden, A., McCloskey, E., Chapurlat, R. D., Christiansen, C., Cummings, S. R., Diez-Perez, A., Eisman, J. A., Fujiwara, S., Gluer, C. C., Goltzman, D., Hans, D., Khaw, K. T., Krieg, M. A., Kroger, H., LaCroix, A. Z., Lau, E., Leslie, W. D., Mellstrom, D., Melton, L. J., 3rd, O'Neill, T. W., Pasco, J. A., Prior, J. C., Reid, D. M., Rivadeneira, F., van Staa, T., Yoshimura, N., & Zillikens, M. C. (2014). A meta-analysis of the association of fracture risk and body mass index in women. *Journal of Bone and Mineral Research* 29(1), 223-233.
- Kang, T., Wooldridge, J., Periou, L., & Richardson, W. S. (2012). Bariatric surgery significantly improves body proportion. *Ochsner Journal*, 12(1), 42-44.

- Kováčiková, Z., Svoboda, Z., Neumannová, K., Bizovská, L., Cuberek, R., & Janura, M. (2014). Assessment of postural stability in overweight and obese middle-aged women. *Acta Gymnica, 44*(3), 149-153.
- Lesinski, M., Hortobagyi, T., Muehlbauer, T., Gollhofer, A., & Granacher, U. (2015). Effects of balance training on balance performance in healthy older adults: A systematic review and meta-analysis. *Sports Medicine, 45*(12), 1721-1738.
- Liu, J., Wang, X.-Q., Zheng, J.-J., Pan, Y.-J., Hua, Y.-H., Zhao, S.-M., Shen, L.-Y., Fan, S., & Zhong, J.-G. (2012). Effects of tai chi versus proprioception exercise program on neuromuscular function of the ankle in elderly people: A randomized controlled trial. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine, 2012*, 1-8.
- Maffiuletti, N., Agosti, F., Proietti, M., Riva, D., Resnik, M., Lafortuna, C., & Sartorio, A. (2005). Postural instability of extremely obese individuals improves after a body weight reduction program entailing specific balance training. *Journal of Endocrinological Investigation, 28*(1), 2-7.
- Matrangola, S. L., & Madigan, M. L. (2009). Relative effects of weight loss and strength training on balance recovery. *Medicine and Science in Sports and Exercise, 41*(7), 1488-1493.
- Menegoni, F., Galli, M., Tacchini, E., Vismara, L., Caviglioli, M., & Capodaglio, P. (2009). Gender-specific effect of obesity on balance. *Obesity, 17*(10), 1951-1956.
- Mignardot, J.-B., Olivier, I., Promayon, E., & Nougier, V. (2010). Obesity impact on the attentional cost for controlling posture. *PLoS One, 5*(12), e14387.
- Mitchell, R. J., Lord, S. R., Harvey, L. A., & Close, J. C. (2014). Associations between obesity and overweight and fall risk, health status and quality of life in older people. *Australian and New Zealand journal of Public Health, 38*(1), 13-18.
- Nardone, A., & Schieppati, M. (2010). The role of instrumental assessment of balance in clinical decision making. *European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine, 46*(2), 221-237.

- Orr, R., De Vos, N. J., Singh, N. A., Ross, D. A., Stavrinou, T. M., & Fiatarone-Singh, M. A. (2006). Power training improves balance in healthy older adults. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, 61(1), 78-85.
- Orr, R., Raymond, J., & Fiatarone Singh, M. (2008). Efficacy of progressive resistance training on balance performance in older adults : A systematic review of randomized controlled trials. *Sports Medicine*, 38(4), 317-343.
- Paillard, T., & Noé, F. (2015). Techniques and methods for testing the postural function in healthy and pathological subjects. *BioMed Research International*, 2015, 1-15.
- Pamukoff, D. N., Haakonssen, E. C., Zaccaria, J. A., Madigan, M. L., Miller, M. E., & Marsh, A. P. (2014). The effects of strength and power training on single-step balance recovery in older adults: A preliminary study. *Clinical Interventions in Aging*, 9, 697-704.
- Peckham, E., Brabyn, S., Cook, L., Devlin, T., Dumville, J., & Torgerson, D. J. (2015). The use of unequal randomisation in clinical trials : An update. *Contemporary Clinical Trials*, 45, 113-122.
- Picot, J., Jones, J., Colquitt, J. L., Gospodarevskaya, E., Loveman, E., Baxter, L., & Clegg, A. J. (2009). The clinical effectiveness and cost-effectiveness of bariatric (weight loss) surgery for obesity: A systematic review and economic evaluation. *Health Technology Assessment* 13(41), 1-6.
- Saghaei, M. (2011). An overview of randomization and minimization programs for randomized clinical trials. *Journal of Medical Signals and Sensors*, 1(1), 55-61.
- Saghaei, M., & Saghaei, S. (2011). Implementation of an open-source customizable minimization program for allocation of patients to parallel groups in clinical trials. *Journal of Biomedical Science and Engineering*, 4(11), 734-739.
- Sartorio, A., Lafortuna, C. L., Conte, G., Faglia, G., & Narici, M. V. (2001). Changes in motor control and muscle performance after a short-term body mass reduction program in obese subjects. *Journal of Endocrinological Investigation*, 24(6), 393-398.

- Scott, N. W., McPherson, G. C., Ramsay, C. R., & Campbell, M. K. (2002). The method of minimization for allocation to clinical trials. A review. *Control Clinical Trials*, 23(6), 662-674.
- Sherrington, C., Michaleff, Z. A., Fairhall, N., Paul, S. S., Tiedemann, A., Whitney, J., Cumming, R. G., Herbert, R. D., Close, J. C. T., & Lord, S. R. (2016). Exercise to prevent falls in older adults: An updated systematic review and meta-analysis. *British Journal of Sports Medicine*, 51(24), 1750-1758.
- 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(1), 153-160.
- von Lengerke, T., & Krauth, C. (2011). Economic costs of adult obesity: a review of recent european studies with a focus on subgroup-specific costs. *Maturitas*, 69(3), 220-229.
- Woodlief, T. L., Carnero, E. A., Standley, R. A., Distefano, G., Anthony, S. J., Dubis, G. S., Jakicic, J. M., Houmard, J. A., Coen, P. M., & Goodpaster, B. H. (2015). Dose response of exercise training following roux-en-Y gastric bypass surgery: A randomized trial. *Obesity (Silver Spring)*, 23(12), 2454-2461.
- World Health Organization. (2000). *Obesity: preventing and managing the global epidemic. Report of a WHO consultation* (Vol. 894). Geneva: World Health Organization.
- World Health Organization. (2014). *Global status report on noncommunicable diseases 2014*. Geneva: World Health Organization.
- Wu, T., Gao, X., Chen, M., & van Dam, R. M. (2009). Long-term effectiveness of diet-plus-exercise interventions vs. diet-only interventions for weight loss: A meta-analysis. *Obesity Reviews*, 10(3), 313-323.
- Wu, X., & Madigan, M. L. (2014). Impaired plantar sensitivity among the obese is associated with increased postural sway. *Neuroscience letters*, 583, 49-54.
- Yelnik, A., & Bonan, I. (2008). Clinical tools for assessing balance disorders. *Neurophysiologie Clinique*, 38(6), 439-445.





#### **4. Conclusão e perspectivas futuras**



#### **4. Conclusão e perspectivas futuras**

Através da revisão da literatura depreende-se que o risco de queda é maioritariamente associado à capacidade de equilíbrio do indivíduo obeso. Além disto, o peso parece ser um fator com elevada preponderância para o equilíbrio e o risco de queda. Desta forma, naturalmente existem evidências de que estratégias de redução de peso, como a dieta e exercício físico, exercem alterações positivas no equilíbrio.

Existem também evidências de que a CB induz melhorias no equilíbrio. No entanto, os resultados do trabalho experimental aqui apresentado demonstraram que após 5 meses de acompanhamento, a cirurgia não trouxe benefícios no equilíbrio dos doentes. Por outro lado, este trabalho revelou que 5 meses de prática de exercício físico em doentes com obesidade após a CB conduzem a melhorias no equilíbrio, ainda que modestas, já que apenas uma das variáveis analisadas obteve melhorias significativas.

O estudo experimental incluído nesta dissertação parece ser o primeiro a tentar avaliar os efeitos de um programa de exercício físico no equilíbrio em obesos submetidos a CB. Os seus resultados podem sugerir que as investigações futuras orientem as suas análises através de programas de intervenção mais prolongados (> 5 meses) com o intuito de verificar se a médio/longo prazo, o exercício traz melhorias nos restantes parâmetros de avaliação de equilíbrio. Além disto, depois da vasta revisão de literatura realizada, pode sugerir-se também que sejam testadas novas propostas de treino e métodos de avaliação de equilíbrio mais próximos das tarefas quotidianas destes sujeitos.



## **5. Referências**



## 5. Referências

- Abdelaal, M., le Roux, C. W., & Docherty, N. G. (2017). Morbidity and mortality associated with obesity. *Annals of Translational Medicine*, 5(7), 161.
- Adams, T. D., Davidson, L. E., Litwin, S. E., Kolotkin, R. L., LaMonte, M. J., Pendleton, R. C., Strong, M. B., Vinik, R., Wanner, N. A., & Hopkins, P. N. (2012). Health benefits of gastric bypass surgery after 6 years. *Journal of American Medical Association*, 308(11), 1122-1131.
- Alonso, A. C., Luna, N. M., Dionísio, F. N., Speciali, D. S., Leme, L. E. G., & Greve, J. M. D. A. (2014). Functional Balance Assessment: Review. *MedicalExpress*, 1(6), 298-301.
- Altman D, G. (2018). Avoiding bias in trials in which allocation ratio is varied. *The Royal Society of Medicine*, 111(4), 143-144.
- Amiri, P., Hubleby-Kozey, C. L., Landry, S. C., Stanish, W. D., & Astephen Wilson, J. L. (2015). Obesity is associated with prolonged activity of the quadriceps and gastrocnemii during gait. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 25(6), 951-958.
- Anderson, K. G., & Behm, D. G. (2004). Maintenance of EMG activity and loss of force output with instability. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 18(3), 637-640.
- Armijo-Olivo, S., Warren, S., & Magee, D. (2009). Intention to treat analysis, compliance, drop-outs and how to deal with missing data in clinical research: A review. *Physical Therapy Reviews*, 14(1), 36-49.
- Asseman, F., Caron, O., & Crémieux, J. (2004). Is there a transfer of postural ability from specific to unspecific postures in elite gymnasts? *Neuroscience Letters*, 358(2), 83-86.
- Baratta, R., Solomonow, M., Zhou, B. H., Letson, D., Chuinard, R., & D'Ambrosia, R. (1988). Muscular coactivation. The role of the antagonist musculature in maintaining knee stability. *The American Journal of Sports Medicine*, 16(2), 113-122.

- Behm, D. G., Anderson, K., & Curnew, R. S. (2002). Muscle force and activation under stable and unstable conditions. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 16(3), 416-422.
- Behm, D. G., & Anderson, K. G. (2006). The role of instability with resistance training. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 20(3), 716-722.
- Behm, D. G., & Colado Sanchez, J. C. (2013). Instability resistance training across the exercise continuum. *Sports Health*, 5(6), 500-503.
- Bell, J. A., Kivimaki, M., & Hamer, M. (2014). Metabolically healthy obesity and risk of incident type 2 diabetes: A meta-analysis of prospective cohort studies. *Obesity Reviews*, 15(6), 504-515.
- Berarducci, A., Haines, K., & Murr, M. M. (2009). Incidence of bone loss, falls, and fractures after Roux-en-Y gastric bypass for morbid obesity. *Applied Nursing Research*, 22(1), 35-41.
- Berg, K., Wood-Dauphine, S., Williams, J., & Gayton, D. (1989). Measuring balance in the elderly: Preliminary development of an instrument. *Physiotherapy Canada*, 41(6), 304-311.
- Berghofer, A., Pischon, T., Reinhold, T., Apovian, C. M., Sharma, A. M., & Willich, S. N. (2008). Obesity prevalence from a european perspective: A systematic review. *BMC Public Health*, 8, 200.
- Bergkvist, D., Hekmat, K., Svensson, T., & Dahlberg, L. (2009). Obesity in orthopedic patients. *Surgery for Obesity and Related Diseases*, 5(6), 670-672.
- Berrigan, F., Hue, O., Teasdale, N., & Simoneau, M. (2008). Obesity adds constraint on balance control and movement performance. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, 52(19), 1364-1368.
- Berrigan, F., Simoneau, M., Tremblay, A., Hue, O., & Teasdale, N. (2006). Influence of obesity on accurate and rapid arm movement performed from a standing posture. *International Journal of Obesity*, 30(12), 1750-1757.
- Bjorntorp, P. (1987). Fat cell distribution and metabolism. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 499, 66-72.



- Blaszczyk, J. W., Cieslinska-Swider, J., Plewa, M., Zahorska-Markiewicz, B., & Markiewicz, A. (2009). Effects of excessive body weight on postural control. *Journal of Biomechanics*, *42*(9), 1295-1300.
- Blekkhorst, L. C., & Prince, R. L. (2015). Dietary saturated fat intake and atherosclerotic vascular disease mortality in elderly women: A prospective cohort study. *The American Journal of Clinical Nutrition*, *101*(6), 1263-1268.
- Bogusław, P., & Marzena, G. (2003). Center of body mass and the evolution of female body shape. *American Journal of Human Biology*, *15*(2), 144-150.
- Boppre, G. F. (2017). *Alterações da massa magra e massa óssea após cirurgia bariátrica: Efeitos de um programa de exercício físico*. Porto: Giorjines Boppre. Dissertação de Mestrado apresentada a Faculdade de Desporto da Universidade do Porto.
- Bottaro, M., Machado, S. N., Nogueira, W., Scales, R., & Veloso, J. (2007). Effect of high versus low-velocity resistance training on muscular fitness and functional performance in older men. *European Journal of Applied Physiology*, *99*(3), 257-264.
- Buchwald, H., Avidor, Y., Braunwald, E., Jensen, M. D., Pories, W., Fairbairn, K., & Schoelles, K. (2004). Bariatric surgery: A systematic review and meta-analysis. *Journal of American Medical Association*, *292*(14), 1724-1737.
- Butterworth, P. A., Urquhart, D. M., Landorf, K. B., Wluka, A. E., Cicuttini, F. M., & Menz, H. B. (2015). Foot posture, range of motion and plantar pressure characteristics in obese and non-obese individuals. *Gait & Posture*, *41*(2), 465-469.
- Cadore, E. L., Casas-Herrero, A., Zambom-Ferraresi, F., Idoate, F., Millor, N., Gómez, M., Rodríguez-Mañas, L., & Izquierdo, M. (2014). Multicomponent exercises including muscle power training enhance muscle mass, power output, and functional outcomes in institutionalized frail nonagenarians. *Age*, *36*(2), 773-785.
- Cadore, E. L., Rodríguez-Manas, L., Sinclair, A., & Izquierdo, M. (2013). Effects of different exercise interventions on risk of falls, gait ability, and balance

- in physically frail older adults: A systematic review. *Rejuvenation Research*, 16(2), 105-114.
- Campanha-Versiani, L., Pereira, D. A. G., Ribeiro-Samora, G. A., Ramos, A. V., de Sander Diniz, M. F. H., De Marco, L. A., & Soares, M. M. S. (2017). The effect of a muscle weight-bearing and aerobic exercise program on the body composition, muscular strength, biochemical markers, and bone mass of obese patients who have undergone gastric bypass surgery. *Obesity Surgery*, 27(8), 2129-2137.
- Cao, J. J. (2011). Effects of obesity on bone metabolism. *Journal of Orthopaedic Surgery and Research*, 6(30), 1-7.
- Capodaglio, P., Cimolin, V., Tacchini, E., Parisio, C., & Galli, M. (2012). Balance control and balance recovery in obesity. *Current Obesity Reports*, 1(3), 166-173.
- Carnero, E. A., Dubis, G. S., Hames, K. C., Jakicic, J. M., Houmard, J. A., Coen, P. M., & Goodpaster, B. H. (2017). Randomized trial reveals that physical activity and energy expenditure are associated with weight and body composition after RYGB. *Obesity (Silver Spring)*, 25(7), 1206-1216.
- Castello, V., Simoes, R. P., Bassi, D., Catai, A. M., Arena, R., & Borghi-Silva, A. (2011). Impact of aerobic exercise training on heart rate variability and functional capacity in obese women after gastric bypass surgery. *Obesity Surgery*, 21(11), 1739-1749.
- Chuang, J.-F., Rau, C.-S., Liu, H.-T., Wu, S.-C., Chen, Y.-C., Hsu, S.-Y., Hsieh, H.-Y., & Hsieh, C.-H. (2016). Obese patients who fall have less injury severity but a longer hospital stay than normal-weight patients. *World Journal of Emergency Surgery : WJES*, 11(3), 1-6.
- Church, T. S., Thomas, D. M., Tudor-Locke, C., Katzmarzyk, P. T., Earnest, C. P., Rodarte, R. Q., Martin, C. K., Blair, S. N., & Bouchard, C. (2011). Trends over 5 decades in U.S. occupation-related physical activity and their associations with obesity. *PLoS One*, 6(5), e19657.
- Cieslinska-Swider, J., Furmanek, M. P., & Blaszczyk, J. W. (2017). The influence of adipose tissue location on postural control. *Journal of Biomechanics*, 60, 162-169.

- Clark, K. N. (2004). Balance and strength training for obese individuals. *ACSM's Health & Fitness Journal*, 8(1), 14-20.
- Compston, J. E., Flahive, J., Hosmer, D. W., Watts, N. B., Siris, E. S., Silverman, S., Saag, K. G., Roux, C., Rossini, M., Pfeilschifter, J., Nieves, J. W., Netelenbos, J. C., March, L., LaCroix, A. Z., Hooven, F. H., Greenspan, S. L., Gehlbach, S. H., Diez-Perez, A., Cooper, C., Chapurlat, R. D., Boonen, S., Anderson, F. A., Jr., Adami, S., & Adachi, J. D. (2014). Relationship of weight, height, and body mass index with fracture risk at different sites in postmenopausal women: The Global Longitudinal study of Osteoporosis in Women (GLOW). *Journal of Bone and Mineral Research* 29(2), 487-493.
- Compston, J. E., Watts, N. B., Chapurlat, R., Cooper, C., Boonen, S., Greenspan, S., Pfeilschifter, J., Silverman, S., Diez-Perez, A., Lindsay, R., Saag, K. G., Netelenbos, J. C., Gehlbach, S., Hooven, F. H., Flahive, J., Adachi, J. D., Rossini, M., Lacroix, A. Z., Roux, C., Sambrook, P. N., & Siris, E. S. (2011). Obesity is not protective against fracture in postmenopausal women: GLOW. *The American Journal of Medicine*, 124(11), 1043-1050.
- Condron, J. E., & Hill, K. D. (2002). Reliability and validity of a dual-task force platform assessment of balance performance: effect of age, balance impairment, and cognitive task. *Journal of the American Geriatrics Society*, 50(1), 157-162.
- 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 : A publication of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society*, 9(2), 126-136.
- Cuğ, M., Ak, E., Özdemir, R. A., Korkusuz, F., & Behm, D. G. (2012). The effect of instability training on knee joint proprioception and core strength. *Journal of Sports Science & Medicine*, 11(3), 468-474.
- Curioni, C. C., & Lourenco, P. M. (2005). Long-term weight loss after diet and exercise: A systematic review. *International Journal of Obesity*, 29(10), 1168-1174.

- De Laet, C., Kanis, J. A., Oden, A., Johanson, H., Johnell, O., Delmas, P., Eisman, J. A., Kroger, H., Fujiwara, S., Garnero, P., McCloskey, E. V., Mellstrom, D., Melton, L. J., 3rd, Meunier, P. J., Pols, H. A., Reeve, J., Silman, A., & Tenenhouse, A. (2005). Body mass index as a predictor of fracture risk: A meta-analysis. *Osteoporosis International*, *16*(11), 1330-1338.
- Delbaere, K., Close, J. C. T., Heim, J., Sachdev, P. S., Brodaty, H., Slavin, M. J., Kochan, N. A., & Lord, S. R. (2010). A multifactorial approach to understanding fall risk in older people. *Journal of the American Geriatrics Society*, *58*(9), 1679-1685.
- Diniz-Sousa, F., Boppre, G., Santos-Sousa, H., Preto, J., Devezas, V., Machado, L., Vilas-Boas, J. P., Oliveira, J., & Fonseca, H. (2017). Relationship between BMI and strength in patients with class II and III obesity. *ObesityWeek2017*. Consult. 6 jun 2018, disponível em <https://2017.obesityweek.com/abstract/relationship-between-bmi-and-strength-in-patients-with-class-iii-obesity/>
- DiStefano, L. J., Clark, M. A., & Padua, D. A. (2009). Evidence supporting balance training in healthy individuals: A systemic review. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *23*(9), 2718-2731.
- Dobbins, M., Decorby, K., & Choi, B. C. (2013). The association between obesity and cancer risk: A meta-analysis of observational studies from 1985 to 2011. *ISRN Preventive Medicine*, *2013*, 1-16.
- Donath, L., Kurz, E., Roth, R., Zahner, L., & Faude, O. (2015). Different ankle muscle coordination patterns and co-activation during quiet stance between young adults and seniors do not change after a bout of high intensity training. *BMC Geriatrics*, *15*(19), 1-8.
- Donnelly, J. E., Blair, S. N., Jakicic, J. M., Manore, M. M., Rankin, J. W., Smith, B. K., & American College of Sports, M. (2009). American College of Sports Medicine Position Stand: Appropriate physical activity intervention strategies for weight loss and prevention of weight regain for adults. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *41*(2), 459-471.

- Duarte, M., & Freitas, S. M. (2010). Revisão sobre posturografia baseada em plataforma de força para avaliação do equilíbrio. *Revista Brasileira de Fisioterapia*, 14(3), 183-192.
- Duncan, P. W., Weiner, D. K., Chandler, J., & Studenski, S. (1990). Functional reach: A new clinical measure of balance. *Journal of Gerontology*, 45(6), M192-197.
- Dutil, M., Handrigan, G., Corbeil, P., Cantin, V., Simoneau, M., Teasdale, N., & Hue, O. (2013). The impact of obesity on balance control in community-dwelling older women. *Age (Dordr)*, 35(3), 883-890.
- El-Khoury, F., Cassou, B., Charles, M.-A., & Dargent-Molina, P. (2013). The effect of fall prevention exercise programmes on fall induced injuries in community dwelling older adults. *British Journal of Sports Medicine*, 49(20), 1348-1348.
- Evans, A. L., Paggiosi, M. A., Eastell, R., & Walsh, J. S. (2015). Bone density, microstructure and strength in obese and normal weight men and women in younger and older adulthood. *Journal of Bone and Mineral Research*, 30(5), 920-928.
- Fabris de Souza, S. A., Faintuch, J., Valezi, A. C., Sant'Anna, A. F., Gama-Rodrigues, J. J., de Batista Fonseca, I. C., & de Melo, R. D. (2005). Postural changes in morbidly obese patients. *Obesity Surgery*, 15(7), 1013-1016.
- Felson, D. T., Zhang, Y., Hannan, M. T., & Anderson, J. J. (1993). Effects of weight and body mass index on bone mineral density in men and women: The framingham study. *Journal of Bone and Mineral Research*, 8(5), 567-573.
- Figueiredo, K. M. O. B., Lima, K. C., & Guerra, R. O. (2007). Instrumentos de avaliação do equilíbrio corporal em idosos. *Revista Brasileira de cineantropometria e Desempenho Humano*, 9(4), 408-413.
- Finkelstein, E. A., Chen, H., Prabhu, M., Trogon, J. G., & Corso, P. S. (2007). The relationship between obesity and injuries among U.S. Adults. *American Journal of Health Promotion*, 21(5), 460-468.

- Finucane, M. M., Stevens, G. A., Cowan, M. J., Danaei, G., Lin, J. K., Paciorek, C. J., Singh, G. M., Gutierrez, H. R., Lu, Y., Bahalim, A. N., Farzadfar, F., Riley, L. M., & Ezzati, M. (2011). National, regional, and global trends in body-mass index since 1980: Systematic analysis of health examination surveys and epidemiological studies with 960 country-years and 9.1 million participants. *Lancet*, *377*(9765), 557-567.
- Fjeldstad, C., Fjeldstad, A. S., Acree, L. S., Nickel, K. J., & Gardner, A. W. (2008). The influence of obesity on falls and quality of life. *Dynamic Medicine*, *7*(1), 1-6.
- Flegal, K. M., Graubard, B. I., Williamson, D. F., & Gail, M. H. (2007). Cause-specific excess deaths associated with underweight, overweight, and obesity. *Journal of American Medical Association*, *298*(17), 2028-2037.
- Ganz, D. A., Bao, Y., Shekelle, P. G., & Rubenstein, L. Z. (2007). Will my patient fall? *Journal of American Medical Association*, *297*(1), 77-86.
- Garvey, W. T., Mechanick, J. I., Brett, E. M., Garber, A. J., Hurley, D. L., Jastreboff, A. M., Nadolsky, K., Pessah-Pollack, R., & Plodkowski, R. (2016). American Association of Clinical Endocrinologists and American College of Endocrinology comprehensive clinical practice guidelines for medical care of patients with obesity. *Endocrine Practice*, *22*(Suppl 3), 1-203.
- Gianoudis, J., Bailey, C. A., Ebeling, P. R., Nowson, C. A., Sanders, K. M., Hill, K., & Daly, R. M. (2014). Effects of a targeted multimodal exercise program incorporating high-speed power training on falls and fracture risk factors in older adults: A community-based randomized controlled trial. *Journal of Bone and Mineral Research*, *29*(1), 182-191.
- Gilsanz, V., Chalfant, J., Mo, A. O., Lee, D. C., Dorey, F. J., & Mittelman, S. D. (2009). Reciprocal relations of subcutaneous and visceral fat to bone structure and strength. *The Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*, *94*(9), 3387-3393.
- Gnudi, S., Sitta, E., & Lisi, L. (2009). Relationship of body mass index with main limb fragility fractures in postmenopausal women. *Journal of Bone and Mineral Metabolism*, *27*(4), 479-484.

- Granacher, U., Muehlbauer, T., Zahner, L., Gollhofer, A., & Kressig, R. W. (2011). Comparison of traditional and recent approaches in the promotion of balance and strength in older adults. *Sports Medicine*, 41(5), 377-400.
- Granacher, U., Zahner, L., & Gollhofer, A. (2008). Strength, power, and postural control in seniors: Considerations for functional adaptations and for fall prevention. *European Journal of Sport Science*, 8(6), 325-340.
- Gravante, G., Russo, G., Pomara, F., & Ridola, C. (2003). Comparison of ground reaction forces between obese and control young adults during quiet standing on a baropodometric platform. *Clinical Biomechanics*, 18(8), 780-782.
- Greco, E. A., Fornari, R., Rossi, F., Santiemma, V., Prossomariti, G., Annoscia, C., Aversa, A., Brama, M., Marini, M., Donini, L. M., Spera, G., Lenzi, A., Lubrano, C., & Migliaccio, S. (2010). Is obesity protective for osteoporosis? Evaluation of bone mineral density in individuals with high body mass index. *International Journal of Clinical Practice*, 64(6), 817-820.
- Greenspan, S. L., Myers, E. R., Maitland, L. A., Resnick, N. M., & Hayes, W. C. (1994). Fall severity and bone mineral density as risk factors for hip fracture in ambulatory elderly. *Journal of American Medical Association*, 271(2), 128-133.
- Gschwind, Y. J., Kressig, R. W., Lacroix, A., Muehlbauer, T., Pfenninger, B., & Granacher, U. (2013). A best practice fall prevention exercise program to improve balance, strength / power, and psychosocial health in older adults: study protocol for a randomized controlled trial. *BMC Geriatrics*, 13(105), 1-13.
- Gu, J. K., Charles, L. E., Andrew, M. E., Ma, C. C., Hartley, T. A., Violanti, J. M., & Burchfiel, C. M. (2016). Prevalence of work-site injuries and relationship between obesity and injury among U.S. workers: NHIS 2004-2012. *Journal of Safety Research*, 58, 21-30.
- Guadalupe-Grau, A., Fuentes, T., Guerra, B., & Calbet, J. A. (2009). Exercise and bone mass in adults. *Sports Medicine*, 39(6), 439-468.
- Guh, D. P., Zhang, W., Bansback, N., Amarsi, Z., Birmingham, C. L., & Anis, A. H. (2009). The incidence of co-morbidities related to obesity and

- overweight: A systematic review and meta-analysis. *BMC Public Health*, 9(1), 88.
- Guyton, A. C., & Hall, J. E. (2006). *Tratado de fisiología médica* (11ª ed.). Rio de Janeiro: Elsevier.
- Handrigan, G., Berrigan, F., Hue, O., Simoneau, M., Corbeil, P., Tremblay, A., & Teasdale, N. (2012a). The effects of muscle strength on center of pressure-based measures of postural sway in obese and heavy athletic individuals. *Gait & Posture*, 35(1), 88-91.
- Handrigan, G., Hue, O., Simoneau, M., Corbeil, P., Marceau, P., Marceau, S., Tremblay, A., & Teasdale, N. (2010). Weight loss and muscular strength affect static balance control. *International Journal of Obesity*, 34(5), 936-942.
- Handrigan, G., Simoneau, M., Teasdale, N., & Corbeil, P. (2012b). The effects of added mass on plantar sole sensitivity in upright standing. *Journal of Biomechanics*, 45(S1), S233.
- Harris, S., Dallal, G. E., & Dawson-Hughes, B. (1992). Influence of body weight on rates of change in bone density of the spine, hip, and radius in postmenopausal women. *Calcified Tissue International*, 50(1), 19-23.
- Hernan, M. A., & Robins, J. M. (2017). Per-protocol analyses of pragmatic trials. *The New England Journal of Medicine*, 377(14), 1391-1398.
- Himes, C. L., & Reynolds, S. L. (2012). Effect of obesity on falls, injury, and disability. *Journal of the American Geriatrics Society*, 60(1), 124-129.
- Hita-Contreras, F., Martinez-Amat, A., Lomas-Vega, R., Alvarez, P., Mendoza, N., Romero-Franco, N., & Aranega, A. (2013). Relationship of body mass index and body fat distribution with postural balance and risk of falls in spanish postmenopausal women. *Menopause*, 20(2), 202-208.
- Horak, F. B., & Nashner, L. M. (1986). Central programming of postural movements: adaptation to altered support-surface configurations. *Journal of Neurophysiology*, 55(6), 1369-1381.
- Horlings, C. G., van Engelen, B. G., Allum, J. H., & Bloem, B. R. (2008). A weak balance: The contribution of muscle weakness to postural instability and falls. *Nature clinical practice: Neurology*, 4(9), 504-515.



- Hue, O., Berrigan, F., Simoneau, M., Marcotte, J., Marceau, P., Marceau, S., Tremblay, A., & Teasdale, N. (2008). Muscle force and force control after weight loss in obese and morbidly obese men. *Obesity Surgery, 18*(9), 1112-1118.
- Hue, O., Simoneau, M., Marcotte, J., Berrigan, F., Dore, J., Marceau, P., Marceau, S., Tremblay, A., & Teasdale, N. (2007). Body weight is a strong predictor of postural stability. *Gait & Posture, 26*(1), 32-38.
- Hulens, M., Vansant, G., Lysens, R., Claessens, A. L., Muls, E., & Brumagne, S. (2001). Study of differences in peripheral muscle strength of lean versus obese women: An allometric approach. *International journal of obesity and related metabolic disorders, 25*(5), 676-681.
- Instituto Nacional de Saúde Doutor Ricardo Jorge. (2016). *1º Inquérito Nacional de Saúde com Exame Físico (INSEF 2015): Estado de Saúde*. Lisboa: Instituto Nacional de Saúde Doutor Ricardo Jorge.
- Jančová, J. (2008). Measuring the balance control system: Review. *Acta Medica (Hradec Kralove), 51*(3), 129-137.
- Janssen, I., Bacon, E., & Pickett, W. (2011). Obesity and its relationship with occupational injury in the canadian workforce. *Journal of Obesity, 2011*, 1-6.
- Johansson, H., Kanis, J. A., Oden, A., McCloskey, E., Chapurlat, R. D., Christiansen, C., Cummings, S. R., Diez-Perez, A., Eisman, J. A., Fujiwara, S., Gluer, C. C., Goltzman, D., Hans, D., Khaw, K. T., Krieg, M. A., Kroger, H., LaCroix, A. Z., Lau, E., Leslie, W. D., Mellstrom, D., Melton, L. J., 3rd, O'Neill, T. W., Pasco, J. A., Prior, J. C., Reid, D. M., Rivadeneira, F., van Staa, T., Yoshimura, N., & Zillikens, M. C. (2014a). A meta-analysis of the association of fracture risk and body mass index in women. *Journal of Bone and Mineral Research, 29*(1), 223-233.
- Johansson, H., Kanis, J. A., Oden, A., McCloskey, E., Chapurlat, R. D., Christiansen, C., Cummings, S. R., Diez-Perez, A., Eisman, J. A., Fujiwara, S., Gluer, C. C., Goltzman, D., Hans, D., Khaw, K. T., Krieg, M. A., Kroger, H., LaCroix, A. Z., Lau, E., Leslie, W. D., Mellstrom, D., Melton, L. J., 3rd, O'Neill, T. W., Pasco, J. A., Prior, J. C., Reid, D. M., Rivadeneira,

- F., van Staa, T., Yoshimura, N., & Zillikens, M. C. (2014b). A meta-analysis of the association of fracture risk and body mass index in women. *Journal of Bone and Mineral Research* 29(1), 223-233.
- Júnior, I. F. F., Cardoso, J. R., Christofaro, D. G. D., Codogno, J. S., de Moraes, A. C. F., & Fernandes, R. A. (2013). The relationship between visceral fat thickness and bone mineral density in sedentary obese children and adolescents. *BMC Pediatrics*, 13(1), 37.
- Kang, T., Wooldridge, J., Periou, L., & Richardson, W. S. (2012). Bariatric surgery significantly improves body proportion. *Ochsner Journal*, 12(1), 42-44.
- Kempegowda, H., Richard, R., Borade, A., Tawari, A., Graham, J., Suk, M., Howenstein, A., Kubiak, E. N., Sotomayor, V. R., Koval, K., Liporace, F. A., Tejwani, N., & Horwitz, D. S. (2017). Obesity is associated with high perioperative complications among surgically treated intertrochanteric fracture of the femur. *Journal of Orthopaedic Trauma*, 31(7), 352-357.
- Kessler, J., Koebnick, C., Smith, N., & Adams, A. (2013). Childhood obesity is associated with increased risk of most lower extremity fractures. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, 471(4), 1199-1207.
- Kohrt, W. M., Bloomfield, S. A., Little, K. D., Nelson, M. E., & Yingling, V. R. (2004). American College of Sports Medicine Position Stand: Physical activity and bone health. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 36(11), 1985-1996.
- Koning, L., Merchant, A. T., Pogue, J., & Anand, S. S. (2007). Waist circumference and waist-to-hip ratio as predictors of cardiovascular events: Meta-regression analysis of prospective studies. *European Heart Journal*, 28(7), 850-856.
- Kováčiková, Z., Svoboda, Z., Neumannová, K., Bizovská, L., Cuberek, R., & Janura, M. (2014). Assessment of postural stability in overweight and obese middle-aged women. *Acta Gymnica*, 44(3), 149-153.
- Ku, P. X., Abu Osman, N. A., Yusof, A., & Wan Abas, W. A. B. (2012). Biomechanical evaluation of the relationship between postural control and body mass index. *Journal of Biomechanics*, 45(9), 1638-1642.

- Lalmohamed, A., de Vries, F., Bazelier, M. T., Cooper, A., van Staa, T.-P., Cooper, C., & Harvey, N. C. (2012). Risk of fracture after bariatric surgery in the United Kingdom: Population based, retrospective cohort study. *British Medical Journal*, *345*, 1-11.
- Langley, F. A., & Mackintosh, S. F. (2007). Functional balance assessment of older community dwelling adults: A systematic review of the literature. *Internet Journal of Allied Health Sciences and Practice*, *5*(4), 13.
- Lanzara, R. G. (1994). Weber's law modeled by the mathematical description of a beam balance. *Mathematical Biosciences*, *122*(1), 89-94.
- Lee, S. H., & Kim, H. S. (2017). Exercise interventions for preventing falls among older people in care facilities: A meta-analysis. *Worldviews on Evidence-Based Nursing*, *14*(1), 74-80.
- Lesinski, M., Hortobagyi, T., Muehlbauer, T., Gollhofer, A., & Granacher, U. (2015). Effects of balance training on balance performance in healthy older adults: A systematic review and meta-analysis. *Sports Medicine*, *45*(12), 1721-1738.
- Li, X., & Aruin, A. S. (2009). The effect of short-term changes in body mass distribution on feed-forward postural control. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, *19*(5), 931-941.
- Li, Z., Liang, Y.-Y., Wang, L., Sheng, J., & Ma, S.-J. (2016). Reliability and validity of center of pressure measures for balance assessment in older adults. *Journal of Physical Therapy Science*, *28*(4), 1364-1367.
- Lin, H. W., & Bhattacharyya, N. (2014). Impact of dizziness and obesity on the prevalence of falls and fall-related injuries. *The Laryngoscope*, *124*(12), 2797-2801.
- Liu, J., Wang, X.-Q., Zheng, J.-J., Pan, Y.-J., Hua, Y.-H., Zhao, S.-M., Shen, L.-Y., Fan, S., & Zhong, J.-G. (2012). Effects of tai chi versus proprioception exercise program on neuromuscular function of the ankle in elderly people: A randomized controlled trial. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, *2012*, 1-8.

- Lloyd, J. T., Alley, D. E., Hawkes, W. G., Hochberg, M. C., Waldstein, S. R., & Orwig, D. L. (2014). Body mass index is positively associated with bone mineral density in US older adults. *Archives of Osteoporosis*, 9(175), 1-8.
- Maffiuletti, N., Agosti, F., Proietti, M., Riva, D., Resnik, M., Lafortuna, C., & Sartorio, A. (2005). Postural instability of extremely obese individuals improves after a body weight reduction program entailing specific balance training. *Journal of Endocrinological Investigation*, 28(1), 2-7.
- Maffiuletti, N. A., Jubeau, M., Munzinger, U., Bizzini, M., Agosti, F., De Col, A., Lafortuna, C. L., & Sartorio, A. (2007). Differences in quadriceps muscle strength and fatigue between lean and obese subjects. *European Journal of Applied Physiology*, 101(1), 51-59.
- Maggio, A. B., Belli, D. C., Puigdefabregas, J. W., Rizzoli, R., Farpour-Lambert, N. J., Beghetti, M., & McLin, V. A. (2014). High bone density in adolescents with obesity is related to fat mass and serum leptin concentrations. *Journal of Pediatric Gastroenterology and Nutrition*, 58(6), 723-728.
- Maki, B. E., Holliday, P. J., & Fernie, G. R. (1990). Aging and postural control : A comparison of spontaneous and induced sway balance tests. *Journal of the American Geriatrics Society*, 38(1), 1-9.
- Maki, B. E., & McIlroy, W. E. (2005). Change-in-support balance reactions in older persons: An emerging research area of clinical importance. *Neurologic Clinics*, 23, 751-783.
- Mancini, M., & Horak, F. B. (2010). The relevance of clinical balance assessment tools to differentiate balance deficits. *European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine*, 46(2), 239-248.
- Marques, E. A., Figueiredo, P., Harris, T. B., Wanderley, F. A., & Carvalho, J. (2017). Are resistance and aerobic exercise training equally effective at improving knee muscle strength and balance in older women? *Archives of Gerontology and Geriatrics*, 68, 106-112.
- Matrangola, S. L., & Madigan, M. L. (2009). Relative effects of weight loss and strength training on balance recovery. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 41(7), 1488-1493.

- Matrangola, S. L., & Madigan, M. L. (2011). The effects of obesity on balance recovery using an ankle strategy. *Human Movement Science, 30*(3), 584-595.
- Matter, K. C., Sinclair, S. A., Hostetler, S. G., & Xiang, H. (2007). A comparison of the characteristics of injuries between obese and non-obese inpatients. *Obesity (Silver Spring), 15*(10), 2384-2390.
- Melzer, I., & Oddsson, L. I. (2016). Altered characteristics of balance control in obese older adults. *Obesity Research & Clinical Practice, 10*(2), 151-158.
- Méndez, J. P., Rojano-Mejía, D., Pedraza, J., Coral-Vázquez, R. M., Soriano, R., García-García, E., Aguirre-García, M. d. C., Coronel, A., & Canto, P. (2013). Bone mineral density in postmenopausal mexican-mestizo women with normal body mass index, overweight, or obesity. *Menopause, 20*(5), 568-572.
- Menegoni, F., Galli, M., Tacchini, E., Vismara, L., Caviglioli, M., & Capodaglio, P. (2009). Gender-specific effect of obesity on balance. *Obesity, 17*(10), 1951-1956.
- Mignardot, J.-B., Olivier, I., Promayon, E., & Nougier, V. (2010). Obesity impact on the attentional cost for controlling posture. *PLoS One, 5*(12), e14387.
- Miszko, T. A., Cress, M. E., Slade, J. M., Covey, C. J., Agrawal, S. K., & Doerr, C. E. (2003). Effect of strength and power training on physical function in community-dwelling older adults. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences, 58*(2), M171-M175.
- Mitchell, R. J., Lord, S. R., Harvey, L. A., & Close, J. C. (2014). Associations between obesity and overweight and fall risk, health status and quality of life in older people. *Australian and New Zealand journal of Public Health, 38*(1), 13-18.
- Moghadam, M., Ashayeri, H., Salavati, M., Sarafzadeh, J., Taghipoor, K. D., Saeedi, A., & Salehi, R. (2011). Reliability of center of pressure measures of postural stability in healthy older adults: Effects of postural task difficulty and cognitive load. *Gait & Posture, 33*(4), 651-655.

- Monteiro, C. A., Moubarac, J. C., Cannon, G., Ng, S. W., & Popkin, B. (2013). Ultra-processed products are becoming dominant in the global food system. *Obesity Reviews*, *14*(Suppl 2), 21-28.
- Morris, C. E., Chander, H., Garner, J. C., DeBusk, H., Owens, S. G., Valliant, M. W., & Loftin, M. (2017). Evaluating human balance following an exercise intervention in previously sedentary, overweight adults. *Journal of Functional Morphology and Kinesiology*, *2*(2), 1-10.
- Nakamura, K. M., Haglund, E. G. C., Clowes, J. A., Achenbach, S. J., Atkinson, E. J., Melton, L. J., & Kennel, K. A. (2014). Fracture risk following bariatric surgery: A population-based study. *Osteoporosis International*, *25*(1), 151-158.
- Nardone, A., & Schieppati, M. (2010). The role of instrumental assessment of balance in clinical decision making. *European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine*, *46*(2), 221-237.
- Nelson, M. E., Rejeski, W. J., Blair, S. N., Duncan, P. W., Judge, J. O., King, A. C., Macera, C. A., & Castaneda-Sceppa, C. (2007). Physical activity and public health in older adults: Recommendation from the American College of Sports Medicine and the American Heart Association. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *39*(8), 1435-1445.
- Neri, S. G. R., Gadelha, A. B., Correia, A. L. M., Pereira, J. C., de David, A. C., & Lima, R. M. (2017). Obesity is associated with altered plantar pressure distribution in older women. *Journal of Applied Biomechanics*, *33*(5), 323-329.
- Ng, M., Fleming, T., Robinson, M., Thomson, B., Graetz, N., Margono, C., Mullany, E. C., Biryukov, S., Abbafati, C., Abera, S. F., Abraham, J. P., Abu-Rmeileh, N. M., Achoki, T., AlBuhairan, F. S., Alemu, Z. A., Alfonso, R., Ali, M. K., Ali, R., Guzman, N. A., Ammar, W., Anwari, P., Banerjee, A., Barquera, S., Basu, S., Bennett, D. A., Bhutta, Z., Blore, J., Cabral, N., Nonato, I. C., Chang, J. C., Chowdhury, R., Courville, K. J., Criqui, M. H., Cundiff, D. K., Dabhadkar, K. C., Dandona, L., Davis, A., Dayama, A., Dharmaratne, S. D., Ding, E. L., Durrani, A. M., Esteghamati, A., Farzadfar, F., Fay, D. F., Feigin, V. L., Flaxman, A., Forouzanfar, M. H.,

Goto, A., Green, M. A., Gupta, R., Hafezi-Nejad, N., Hankey, G. J., Harewood, H. C., Havmoeller, R., Hay, S., Hernandez, L., Husseini, A., Idrisov, B. T., Ikeda, N., Islami, F., Jahangir, E., Jassal, S. K., Jee, S. H., Jeffreys, M., Jonas, J. B., Kabagambe, E. K., Khalifa, S. E., Kengne, A. P., Khader, Y. S., Khang, Y. H., Kim, D., Kimokoti, R. W., Kinge, J. M., Kokubo, Y., Kosen, S., Kwan, G., Lai, T., Leinsalu, M., Li, Y., Liang, X., Liu, S., Logroscino, G., Lotufo, P. A., Lu, Y., Ma, J., Mainoo, N. K., Mensah, G. A., Merriman, T. R., Mokdad, A. H., Moschandreas, J., Naghavi, M., Naheed, A., Nand, D., Narayan, K. M., Nelson, E. L., Neuhauser, M. L., Nisar, M. I., Ohkubo, T., Oti, S. O., Pedroza, A., Prabhakaran, D., Roy, N., Sampson, U., Seo, H., Sepanlou, S. G., Shibuya, K., Shiri, R., Shiue, I., Singh, G. M., Singh, J. A., Skirbekk, V., Stapelberg, N. J., Sturua, L., Sykes, B. L., Tobias, M., Tran, B. X., Trasande, L., Toyoshima, H., van de Vijver, S., Vasankari, T. J., Veerman, J. L., Velasquez-Melendez, G., Vlassov, V. V., Vollset, S. E., Vos, T., Wang, C., Wang, X., Weiderpass, E., Werdecker, A., Wright, J. L., Yang, Y. C., Yatsuya, H., Yoon, J., Yoon, S. J., Zhao, Y., Zhou, M., Zhu, S., Lopez, A. D., Murray, C. J., & Gakidou, E. (2014). Global, regional, and national prevalence of overweight and obesity in children and adults during 1980-2013: A systematic analysis for the global burden of disease study 2013. *Lancet*, *384*(9945), 766-781.

Ogden, C. L., Carroll, M. D., Fryar, C. D., & Flegal, K. M. (2015). Prevalence of obesity among adults and youth: United states, 2011-2014. *NCHS Data Brief*, *219*, 1-8.

Orr, R., De Vos, N. J., Singh, N. A., Ross, D. A., Stavrinou, T. M., & Fiatarone-Singh, M. A. (2006). Power training improves balance in healthy older adults. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, *61*(1), 78-85.

Orr, R., Raymond, J., & Fiatarone Singh, M. (2008). Efficacy of progressive resistance training on balance performance in older adults : A systematic review of randomized controlled trials. *Sports Medicine*, *38*(4), 317-343.

- Paillard, T., & Noé, F. (2015). Techniques and methods for testing the postural function in healthy and pathological subjects. *BioMed Research International*, 2015, 1-15.
- Pajala, S., Era, P., Koskenvuo, M., Kaprio, J., Tormakangas, T., & Rantanen, T. (2008). Force platform balance measures as predictors of indoor and outdoor falls in community-dwelling women aged 63-76 years. *The Journals of Gerontology. Series A, Biological Sciences and Medical Sciences*, 63(2), 171-178.
- Palmieri, R. M., Ingersoll, C. D., Stone, M. B., & Krause, B. A. (2002). Center-of-pressure parameters used in the assessment of postural control. *Journal of Sport Rehabilitation*, 11(1), 51-66.
- Pamukoff, D. N., Haakonssen, E. C., Zaccaria, J. A., Madigan, M. L., Miller, M. E., & Marsh, A. P. (2014). The effects of strength and power training on single-step balance recovery in older adults: A preliminary study. *Clinical Interventions in Aging*, 9, 697-704.
- Panjan, A., & Sarabon, N. (2010). Review of methods for the evaluation of human body balance. *Sport Science Review*, 19(5-6), 131-163.
- Peckham, E., Brabyn, S., Cook, L., Devlin, T., Dumville, J., & Torgerson, D. J. (2015). The use of unequal randomisation in clinical trials : An update. *Contemporary Clinical Trials*, 45, 113-122.
- Pereira, A., Izquierdo, M., Silva, A. J., Costa, A. M., Bastos, E., González-Badillo, J., & Marques, M. C. (2012). Effects of high-speed power training on functional capacity and muscle performance in older women. *Experimental Gerontology*, 47(3), 250-255.
- Picot, J., Jones, J., Colquitt, J. L., Gospodarevskaya, E., Loveman, E., Baxter, L., & Clegg, A. J. (2009). The clinical effectiveness and cost-effectiveness of bariatric (weight loss) surgery for obesity: A systematic review and economic evaluation. *Health Technology Assessment* 13(41), 1-6.
- Piirtola, M., & Era, P. (2006). Force platform measurements as predictors of falls among older people: A review. *Gerontology*, 52(1), 1-16.
- Pirro, M., Fabbriciani, G., Leli, C., Callarelli, L., Manfredelli, M. R., Fioroni, C., Mannarino, M. R., Scarponi, A. M., & Mannarino, E. (2010). High weight



- or body mass index increase the risk of vertebral fractures in postmenopausal osteoporotic women. *Journal of Bone and Mineral Metabolism*, 28(1), 88-93.
- Pizzigalli, L., Micheletti Cremasco, M., Mulasso, A., & Rainoldi, A. (2015). The contribution of postural balance analysis in older adult fallers: A narrative review. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, 20(2), 409-417.
- Podsiadlo, D., & Richardson, S. (1991). The timed "Up & Go": A test of basic functional mobility for frail elderly persons. *Journal of the American Geriatrics Society*, 39(2), 142-148.
- Popkin, B. M. (1999). Urbanization, lifestyle changes and the nutrition transition. *World Development*, 27(11), 1905-1916.
- Popkin, B. M., Adair, L. S., & Ng, S. W. (2012). Global nutrition transition and the pandemic of obesity in developing countries. *Nutrition Reviews*, 70(1), 3-21.
- Prieto-Alhambra, D., Premaor, M. O., Fina Aviles, F., Hermosilla, E., Martinez-Laguna, D., Carbonell-Abella, C., Nogues, X., Compston, J. E., & Diez-Perez, A. (2012). The association between fracture and obesity is site-dependent: A population-based study in postmenopausal women. *Journal of Bone and Mineral Research*, 27(2), 294-300.
- Ramirez-Campillo, R., Castillo, A., de la Fuente, C. I., Campos-Jara, C., Andrade, D. C., Alvarez, C., Martinez, C., Castro-Sepulveda, M., Pereira, A., Marques, M. C., & Izquierdo, M. (2014). High-speed resistance training is more effective than low-speed resistance training to increase functional capacity and muscle performance in older women. *Experimental Gerontology*, 58, 51-57.
- Reid, I. R., Ames, R., Evans, M. C., Sharpe, S., Gamble, G., France, J. T., Lim, T., & Cundy, T. (1992a). Determinants of total body and regional bone mineral density in normal postmenopausal women--a key role for fat mass. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 75(1), 45-51.
- Reid, I. R., Plank, L. D., & Evans, M. C. (1992b). Fat mass is an important determinant of whole body bone density in premenopausal women but not

- in men. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 75(3), 779-782.
- Robinovitch, S. N., McMahon, T. A., & Hayes, W. C. (1995). Force attenuation in trochanteric soft tissues during impact from a fall. *Journal of Orthopaedic Research*, 13(6), 956-962.
- Rocha, E. S., Bratz, D. T. K., Gubert, L. C., de David, A., & Carpes, F. P. (2014). Obese children experience higher plantar pressure and lower foot sensitivity than non-obese. *Clinical Biomechanics*, 29(7), 822-827.
- Rojhani-Shirazi, Z., Azadeh Mansoriyan, S., & Hosseini, S. V. (2016). The effect of balance training on clinical balance performance in obese patients aged 20–50 years old undergoing sleeve gastrectomy. *European Surgery*, 48(2), 105-109.
- Rosenblatt, N. J., & Grabiner, M. D. (2012). Relationship between obesity and falls by middle-aged and older women. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 93(4), 718-722.
- Rossi-Izquierdo, M., Santos-Perez, S., Faraldo-Garcia, A., Vaamonde-Sanchez-Andrade, I., Gayoso-Diz, P., Del-Rio-Valeiras, M., Lirola-Delgado, A., & Soto-Varela, A. (2016). Impact of obesity in elderly patients with postural instability. *Aging Clinical and Experimental Research*, 28(3), 423-428.
- Rubenstein, L. Z. (2006). Falls in older people: Epidemiology, risk factors and strategies for prevention. *Age Ageing*, 35(Suppl 2), ii37-ii41.
- Russell, M., Mendes, N., Miller, K. K., Rosen, C. J., Lee, H., Klibanski, A., & Misra, M. (2010). Visceral fat is a negative predictor of bone density measures in obese adolescent girls. *The Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*, 95(3), 1247-1255.
- Ryan, D., & Heaner, M. (2014). Guidelines (2013) for managing overweight and obesity in adults. Preface to the full report. *Obesity (Silver Spring)*, 22(Suppl 2), S1-3.
- Saghaei, M. (2011). An overview of randomization and minimization programs for randomized clinical trials. *Journal of Medical Signals and Sensors*, 1(1), 55-61.

- Saghaei, M., & Saghaei, S. (2011). Implementation of an open-source customizable minimization program for allocation of patients to parallel groups in clinical trials. *Journal of Biomedical Science and Engineering*, 4(11), 734-739.
- Sartorio, A., Lafortuna, C. L., Conte, G., Faglia, G., & Narici, M. V. (2001). Changes in motor control and muscle performance after a short-term body mass reduction program in obese subjects. *Journal of Endocrinological Investigation*, 24(6), 393-398.
- Sayers, S. P., & Gibson, K. (2010). A comparison of high-speed power training and traditional slow-speed resistance training in older men and women. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 24(12), 3369-3380.
- Schoenfeld, B. J. (2010). The mechanisms of muscle hypertrophy and their application to resistance training. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(10), 2857-2872.
- Schwartz, A. V., Kelsey, J. L., Sidney, S., & Grisso, J. A. (1998). Characteristics of falls and risk of hip fracture in elderly men. *Osteoporosis International*, 8(3), 240-246.
- Scott, N. W., McPherson, G. C., Ramsay, C. R., & Campbell, M. K. (2002). The method of minimization for allocation to clinical trials. A review. *Control Clinical Trials*, 23(6), 662-674.
- Sems, S. A., Johnson, M., Cole, P. A., Byrd, C. T., Templeman, D. C., & Group, a. t. M. O. T. (2010). Elevated body mass index increases early complications of surgical treatment of pelvic ring injuries. *Journal of Orthopaedic Trauma*, 24(5), 309-314.
- Sherrington, C., Michaleff, Z. A., Fairhall, N., Paul, S. S., Tiedemann, A., Whitney, J., Cumming, R. G., Herbert, R. D., Close, J. C. T., & Lord, S. R. (2016). Exercise to prevent falls in older adults: An updated systematic review and meta-analysis. *British Journal of Sports Medicine*, 51(24), 1750-1758.
- Shumway-Cook, A., & Woollacott, M. H. (2012). *Motor control: Translating research into clinical practice* (4th ed.). Baltimore: Lippincott Williams & Wilkins.

- Skelton, D., Kennedy, J., & M Rutherford, O. (2002). Explosive power and asymmetry in leg muscle function in frequent fallers and non-fallers aged over 65. *Age and Aging, 31*, 119-125.
- Son, S. M. (2016). Influence of obesity on postural stability in young adults. *Osong Public Health Res Perspect, 7(6)*, 378-381.
- Steier, J., Lunt, A., Hart, N., Polkey, M. I., & Moxham, J. (2014). Observational study of the effect of obesity on lung volumes. *Thorax, 69(8)*, 752-759.
- Tanaka, S., Kuroda, T., Saito, M., & Shiraki, M. (2013). Overweight/obesity and underweight are both risk factors for osteoporotic fractures at different sites in Japanese postmenopausal women. *Osteoporosis International, 24(1)*, 69-76.
- Tang, X., Liu, G., Kang, J., Hou, Y., Jiang, F., Yuan, W., & Shi, J. (2013). Obesity and risk of hip fracture in adults: A meta-analysis of prospective cohort studies. *PLoS One, 8(4)*, e55077.
- Te Morenga, L. A., Howatson, A. J., Jones, R. M., & Mann, J. (2014). Dietary sugars and cardiometabolic risk: Systematic review and meta-analyses of randomized controlled trials of the effects on blood pressure and lipids. *The American Journal of Clinical Nutrition, 100(1)*, 65-79.
- 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(1)*, 153-160.
- Teasdale, N., Simoneau, M., Corbeil, P., Handrigan, G., Tremblay, A., & Hue, O. (2013). Obesity alters balance and movement control. *Current Obesity Reports, 2(3)*, 235-240.
- Thompson, L. A., Badache, M., Cale, S., Behera, L., & Zhang, N. (2017). Balance performance as observed by center-of-pressure parameter characteristics in male soccer athletes and non-athletes. *Sports, 5(4)*, 1-9.
- Tremollieres, F. A., Pouilles, J.-M., & Ribot, C. (1993). Vertebral postmenopausal bone loss is reduced in overweight women: A longitudinal study in 155 early postmenopausal women. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism, 77(3)*, 683-686.

- von Lengerke, T., & Krauth, C. (2011). Economic costs of adult obesity: a review of recent european studies with a focus on subgroup-specific costs. *Maturitas*, 69(3), 220-229.
- Wearing, S. C., Hennig, E. M., Byrne, N. M., Steele, J. R., & Hills, A. P. (2006). The biomechanics of restricted movement in adult obesity. *Obesity Reviews*, 7(1), 13-24.
- Winter, D. A. (1995). Human balance and posture control during standing and walking. *Gait & Posture*, 3(4), 193-214.
- Woodlief, T. L., Carnero, E. A., Standley, R. A., Distefano, G., Anthony, S. J., Dubis, G. S., Jakicic, J. M., Houmard, J. A., Coen, P. M., & Goodpaster, B. H. (2015). Dose response of exercise training following roux-en-Y gastric bypass surgery: A randomized trial. *Obesity (Silver Spring)*, 23(12), 2454-2461.
- World Health Organization. (2000). *Obesity: preventing and managing the global epidemic. Report of a WHO consultation* (Vol. 894). Geneva: World Health Organization.
- World Health Organization. (2003). *Diet, nutrition and the prevention of chronic diseases* (Vol. 916). Geneva: World Health Organization.
- World Health Organization. (2008). *Waist circumference and waist-hip ratio: report of a WHO expert consultation* Geneva: World Health Organization.
- World Health Organization. (2011). *Global status report on noncommunicable diseases 2010*. Geneva: World Health Organization.
- World Health Organization. (2013). *Methodology and summary - Country profiles on nutrition, physical activity and obesity in the 53 WHO European Region Member States*. Copenhagen: World Health Organization.
- World Health Organization. (2014). *Global status report on noncommunicable diseases 2014*. Geneva: World Health Organization.
- Wu, T., Gao, X., Chen, M., & van Dam, R. M. (2009). Long-term effectiveness of diet-plus-exercise interventions vs. diet-only interventions for weight loss: A meta-analysis. *Obesity Reviews*, 10(3), 313-323.
- Wu, W. L., Yang, Y. F., Chu, I. H., Hsu, H. T., Tsai, F. H., & Liang, J. M. (2017). Effectiveness of a cross-circuit exercise training program in improving the

- fitness of overweight or obese adolescents with intellectual disability enrolled in special education schools. *Research in Developmental Disabilities*, 60, 83-95.
- Wu, X., & Madigan, M. L. (2014). Impaired plantar sensitivity among the obese is associated with increased postural sway. *Neuroscience letters*, 583, 49-54.
- Yelnik, A., & Bonan, I. (2008). Clinical tools for assessing balance disorders. *Neurophysiologie Clinique*, 38(6), 439-445.
- Zhai, F. Y., Du, S. F., Wang, Z. H., Zhang, J. G., Du, W. W., & Popkin, B. M. (2014). Dynamics of the Chinese diet and the role of urbanicity, 1991-2011. *Obesity Reviews*, 15(Suppl 1), 16-26.
- Zhang, P., Peterson, M., Su, G. L., & Wang, S. C. (2015). Visceral adiposity is negatively associated with bone density and muscle attenuation. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 101(2), 337-343.
- Zhou, Z. Y., Liu, Y. K., Liu, F., & Chen, H. L. (2014). Body mass index and knee osteoarthritis risk: A dose-response meta-analysis. *Obesity (Silver Spring)*, 22(10), 2180-2185.

## **6. Anexos**





## 6. Anexos

### 6.1 Participation invitation



#### Convite

O Centro Hospitalar de São João em parceria com a Faculdade de Desporto da Universidade do Porto (FADE-UP), vem por este meio dar a conhecer a V. Exa. o novo projeto de investigação, designado BaSEIB (Bariatric Surgery and Exercise Intervention Bone trial). O referido estudo pretende avaliar os efeitos de um programa de exercício físico regular no metabolismo ósseo de pacientes que foram submetidos a cirurgia bariátrica. Juntamente com este convite, segue um folheto onde é descrita a informação essencial relativa ao projeto de investigação BaSEIB.

Nos próximos dias a equipa do projeto de investigação BaSEIB vai entrar em contacto consigo via telemóvel/telefone, para dar a conhecer melhor o projeto de investigação. Durante o contacto telefónico serão esclarecidas eventuais dúvidas, apresentados em detalhe os objetivos e características do estudo. Apenas após terem sido prestados todos os esclarecimentos, é que será feito o convite para integrar o estudo de investigação que estamos a realizar.

Caso queira obter mais informações, pode visitar o nosso site e contactar-nos através do endereço de e-mail ou número de telemóvel que constam no folheto.

Teremos todo o gosto em contar consigo, agradecendo antecipadamente a sua atenção.

Com os melhores cumprimentos da equipa de investigação.

## 6.2 Flyer



Informações adicionais no site:

[https://ciafel.fade.up.pt/p\\_baseib.php](https://ciafel.fade.up.pt/p_baseib.php)

Contactos:

Tel: 916073599

E-mail: [baseib@fade.up.pt](mailto:baseib@fade.up.pt)

Entidades promotoras:



Apoios:



### BaSEIB Ensaio Clínico

Efeitos de um programa de exercício físico no metabolismo ósseo de pacientes submetidos a cirurgia bariátrica

#### BaSEIB Ensaio Clínico

Atualmente a cirurgia bariátrica é um dos métodos mais eficazes para perda de peso. Para além disso, esta opção terapêutica contribui para a diminuição do risco de diversas doenças relacionadas com a obesidade, tais como diabetes, apneia do sono ou hipertensão.

Contudo, apesar dos reconhecidos benefícios da cirurgia bariátrica no controlo do peso e redução dos fatores de risco cardiovascular, existem evidências de que após a cirurgia os doentes poderão desenvolver alguma perda de densidade mineral óssea, massa muscular e força, o que poderá eventualmente aumentar o risco de fraturas ósseas a longo prazo.

A Faculdade de Desporto da Universidade do Porto e o Centro Hospitalar de São João estão a desenvolver um ensaio clínico inovador em doentes submetidos a cirurgia bariátrica com o intuito de compreender de que forma é que um programa de exercício físico pode ajudar a prevenir algumas dessas alterações ósseas e musculares decorrentes da cirurgia bariátrica.

Este projeto de investigação pretende avaliar as mudanças que ocorrem ao nível do metabolismo, da composição corporal e da aptidão física ao longo do primeiro ano após a cirurgia.

O ensaio clínico implicará a formação de dois grupos de doentes. Um grupo terá, um seguimento médico habitual após a cirurgia. O outro grupo, para além do seguimento médico habitual, participará num programa de exercício físico durante um ano. O programa de exercício será supervisionado e adaptado a doentes submetidos a cirurgia bariátrica. As aulas decorrerão nas instalações da Faculdade de Desporto da Universidade do Porto, junto às consultas externas do Centro Hospitalar de São João.

Ambos os grupos realizarão um conjunto de avaliações médicas em 4 momentos distintos:

- 1º momento — Antes da cirurgia;
- 2º momento — Um mês após a cirurgia;
- 3º momento — Seis meses após a cirurgia;
- 4º momento — Doze meses após a cirurgia.

Em cada um desses momentos serão avaliados os seguintes parâmetros:

- ✓ Composição corporal;
- ✓ Força muscular;
- ✓ Aptidão cardiorespiratória;
- ✓ Equilíbrio;
- ✓ Atividade física;
- ✓ Ingestão nutricional;
- ✓ Qualidade de vida;
- ✓ Análises sanguíneas.

No final da investigação cada participante receberá um relatório das avaliações realizadas, onde serão explicados os principais resultados e alterações observadas durante o primeiro ano após a cirurgia.

Este conjunto de avaliações e a eventual participação no programa de exercício físico serão totalmente gratuitos para os participantes.

Nos próximos dias será contactada(o) para saber se está interessada(o) em participar neste projeto.

## 6.3 Study summary

### Informação ao participante

**Projeto:** BaSEIB (*Bariatric Surgery and Exercise Intervention Bone trial*) - Avaliação do impacto de um programa de exercício físico no metabolismo ósseo em doentes submetidos a cirurgia bariátrica.

**Instituições participantes no estudo:**

Centro de Investigação em Atividade Física e Saúde (CIAFEL) da Faculdade de Desporto da Universidade do Porto.

Centro Hospitalar de São João.

Contacto telefónico: 916073599

E-mail: baseib@fade.up.pt

**Informações Gerais**

Este documento serve para lhe dar informação detalhada acerca do ensaio clínico que vamos realizar e para o qual gostaríamos de pedir a sua colaboração. Por favor, leia com atenção a informação relativa ao projeto e se tiver alguma dúvida ser-lhe-ão prestados todos os esclarecimentos que achar necessários.

**Objetivos e estrutura geral do projeto de investigação:**

Apesar dos inúmeros benefícios que a cirurgia bariátrica tem no controlo do excesso de peso e na redução de fatores de risco cardiovascular, sabe-se atualmente que os doentes submetidos a esta cirurgia poderão a longo prazo vir a desenvolver perdas de massa óssea e muscular significativas e que estas poderão, mais tarde, aumentar o risco de fraturas ósseas. Sabe-se também que o exercício físico é um excelente meio para contrariar a perda da massa muscular e densidade mineral óssea numa série de situações. Contudo, os benefícios do exercício físico em pessoas que realizaram cirurgia bariátrica não estão suficientemente estudados. Assim, o objetivo do estudo que estamos a realizar é, por um lado, conhecer melhor as alterações físicas, metabólicas e de composição corporal que ocorrem durante o primeiro ano após a cirurgia bariátrica, e por outro avaliar o efeito de um programa de exercício físico adaptado a pessoas que realizaram esta cirurgia na prevenção da perda de massa óssea e massa muscular e perceber de que forma é que o exercício físico poderá melhorar o estado geral de saúde dos doentes durante o primeiro ano após a cirurgia.

Pretendemos convidar pessoas com idades compreendidas entre os 18 e os 65 anos, que venham a ser submetidas a bypass gástrico em Y de roux (RYGB) ou Sleeve a participar de forma voluntária neste estudo. Os participantes a recrutar, deverão ter residência na região norte, preferencialmente na área metropolitana do Porto, de forma a facilitar a sua deslocação ao Centro Hospitalar de São João e à Faculdade de Desporto da Universidade do Porto onde serão realizadas as avaliações.

Este estudo implicará a formação de dois grupos de doentes. Após aceitarem participar de forma voluntária no estudo, os doentes serão selecionados de forma aleatória para integrarem um de dois grupos distintos:

- I. Num dos grupos, após a cirurgia, os doentes receberão acompanhamento habitual com consultas médicas periódicas, de forma semelhante aquilo que aconteceria se não integrassem qualquer ensaio clínico. Estes doentes serão contudo seguidos de forma mais apertada e serão por isso submetidos a um conjunto mais alargado de avaliações médicas e fisiológicas do que o que seria habitual realizarem.
- II. No outro grupo, os doentes, para além de receberem o acompanhamento médico habitual, participarão num programa de exercício físico na Faculdade de Desporto da Universidade do Porto e serão também sujeitos a um conjunto mais alargado de avaliações médicas e fisiológicas do que o que seria habitual.

#### Estrutura do programa de exercício físico:

O programa de exercício físico decorrerá nas instalações da Faculdade de Desporto da Universidade do Porto e será organizado e supervisionado por profissionais de desporto com formação adequada. O programa de exercício físico terá uma frequência de 3 sessões por semana, cada uma com uma duração de 60 minutos.

As sessões de exercício físico serão estruturadas de forma a incluírem as seguintes componentes: i) ativação geral; ii) exercícios de equilíbrio; iii) exercícios de treino de força; iv) exercidos para melhoria da massa óssea e, v) retorno à calma. Embora a estrutura das sessões de treino seja igual para todos os que nelas vierem a participar, a prescrição será individualizada para cada participante em função da sua aptidão física, técnica e condição clínica avaliada no início do estudo e nos períodos de controlo ou avaliações intercalares. A progressão das exigências associadas ao exercício será também realizada em função das respostas individuais registadas nas avaliações intercalares e ainda com base nos indicadores de resposta ao exercício

em cada uma das sessões. Este programa é portanto adequado a qualquer pessoa independentemente de ter ou não experiência anterior em programas de exercício físico ou do seu nível de aptidão física.

#### **Avaliações médicas e fisiológicas**

Independentemente do grupo a que forem alocados, todos os participantes irão ser avaliados em quatro momentos distintos pela equipa de investigação:

- Antes da cirurgia bariátrica;
- 1 mês após a cirurgia bariátrica;
- 6 meses após a cirurgia bariátrica;
- 12 meses após a cirurgia bariátrica;

Em todos os momentos de avaliação serão realizadas as seguintes avaliações:

- Colheitas de sangue;
- Avaliação da atividade física diária;
- Avaliação da aptidão cardiorrespiratória;
- Avaliação da força;
- Avaliação do equilíbrio;
- Avaliação nutricional;
- Avaliação da composição corporal;
- Avaliação da densidade mineral óssea;
- Questionários para avaliação do estado de saúde, qualidade de vida, ansiedade e depressão.

As colheitas de sangue serão realizadas na Faculdade de Desporto da Universidade do Porto, por enfermeiros habilitados e têm como objetivo quantificar um conjunto de parâmetros endocrinológicos relacionados sobretudo com o metabolismo ósseo e metabolismo energético.

Na avaliação da atividade física diária o participante deverá utilizar um sensor de movimento (acelerómetro) durante sete dias seguidos. Este sensor é um pequeno aparelho do tamanho de uma caixa de fósforos que é colocado à cintura e que passa despercebido na roupa.

Na avaliação da aptidão cardiorrespiratória será realizada uma prova de esforço submáxima em tapete rolante durante a qual são analisados os gases respiratórios (oxigénio e dióxido de carbono).

A avaliação da força muscular dos membros inferiores e do tronco será realizada por dinamometria isocinética. O doente estará sentado numa cadeira adaptada e realizará movimentos de flexão e de extensão das pernas e do tronco a uma determinada velocidade pré-estabelecida e o equipamento detetará a força máxima que está a ser realizada durante o movimento.

A avaliação do equilíbrio estático será realizada com recurso a uma plataforma de força. Ao doente será pedido que permaneça durante alguns segundos o mais imóvel possível, enquanto a plataforma detetará pequenas oscilações no centro de gravidade. A avaliação do equilíbrio dinâmico será realizada durante a marcha num tapete rolante instrumentado com plataformas de forças.

A avaliação da densitometria mineral óssea e da composição corporal (quantidade de tecido adiposo e massa muscular) será realizada por densitometria radiológica de dupla energia (DXA). O exame apenas implica que o doente permaneça deitado numa marquesa enquanto o equipamento realiza a avaliação. Este equipamento emite uma dose extremamente baixa de radiação, bastante inferior à radiação a que está exposto quando realiza uma radiografia convencional.

A avaliação nutricional será realizada através do preenchimento de um diário alimentar, durante quatro dias seguidos, onde serão registados todos os tipos e quantidades de alimentos e líquidos ingeridos nesse período.

A avaliação do estado geral de saúde, do impacto do peso na qualidade de vida e da ansiedade e depressão será realizada através do preenchimento de questionários médicos validados para esse efeito.

As avaliações da aptidão cardiorrespiratória, da força, do equilíbrio, da densidade mineral óssea e da composição corporal, serão realizadas na Faculdade de Desporto da Universidade do Porto.

#### **Benefícios e possíveis inconvenientes da participação no ensaio clínico**

Ao aceitar participar neste projeto de investigação terá direito a receber toda a informação das avaliações efetuadas e às explicações sobre essa informação pelos elementos que integram a equipa do projeto de investigação. Os benefícios previsíveis da sua participação serão um rigoroso acompanhamento clínico pré e pós cirurgia e o melhor conhecimento dos cuidados e

medidas necessárias para a prevenção da perda de massa óssea, quedas, melhoria da aptidão física, composição corporal e do estado geral de saúde.

Os riscos associados à participação no estudo serão o desconforto muscular associado ao exercício nos momentos de avaliação e na participação no programa de exercício supervisionado, e a eventualidade de ocorrência de lesões durante o exercício. Contudo, estes riscos serão minimizados não só pelo facto de o projeto integrar especialistas na deteção de indivíduos em risco, pela supervisão por profissionais com formação e experiência na prescrição e supervisão do exercício e pela garantia de assistência imediata em caso de necessidade.

Como principais incómodos destacam-se o número de avaliações necessárias e as deslocações que o participante terá que fazer à Faculdade de Desporto para realizar as avaliações e, caso seja o caso, para participar nas sessões de exercício. Como forma de atenuar este incómodo, procurar-se-á que as avaliações a realizar na Faculdade de Desporto (duração estimada de 2 horas) coincidam com os dias em que ocorram as consultas médicas de seguimento marcadas no Centro Hospital de São João. Para os participantes que se deslocarem em viatura própria será disponibilizado o parque de estacionamento da Faculdade de Desporto de forma gratuita. Os participantes selecionados para o programa de exercício físico terão que se deslocar três vezes por semana até às instalações da Faculdade de Desporto da Universidade do Porto.

#### Informações finais

Sendo a participação no estudo voluntária, qualquer participante poderá em qualquer momento desistir da sua participação, sem que desse facto resulte qualquer consequência relativa ao acompanhamento e cuidados médicos habituais. Terá o tempo necessário para refletir sobre o pedido de participação, e pode ouvir a opinião de familiares e/ou amigos.

Com exceção das deslocações que terá que realizar, não terá nenhum outro encargo financeiro com a participação no estudo, quer pela realização de exames adicionais, quer pela participação nas sessões de exercício físico.

Adicionalmente, nenhuma informação fornecida por si ou recolhida nas avaliações que serão realizadas será utilizada para além dos fins deste estudo, sendo garantida a privacidade e a confidencialidade dos seus dados.

Os participantes que aceitarem participar neste estudo, estarão abrangidos por um seguro de responsabilidade civil, conforme o determinado na lei que regulamenta a investigação clínica (Lei 21/2014), não tendo qualquer encargo financeiro com o mesmo.

Este trabalho foi aprovado pela Comissão de Ética do Centro Hospitalar de São João.

Obrigado pela sua disponibilidade em participar neste projeto de investigação.

Data: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

Equipa de investigação,  
\_\_\_\_\_



## 6.4 Informed consent

# 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)

*Designação do Estudo (em português):*

**Eu, abaixo-assinado, (nome completo do doente ou voluntário são)**

declaro não ter participado em nenhum outro projecto de investigação durante este internamento, tendo compreendido a explicação que me foi fornecida acerca do meu caso clínico e da investigação que se tenciona realizar. Foi-me ainda dada oportunidade de fazer as perguntas que julguei necessárias, e de todas obtive resposta satisfatória.

Tomei conhecimento de que, de acordo com as recomendações da Declaração de Helsínquia, a informação ou explicação que me foi prestada versou os objectivos, os métodos, os benefícios previstos, os riscos potenciais e o eventual desconforto. Além disso, foi-me afirmado que tenho o direito de recusar a todo o tempo a minha participação no estudo, sem que isso possa ter como efeito qualquer prejuízo na assistência que me é prestada.

Por isso, consinto que me seja aplicado o método, o tratamento ou o inquérito proposto pelo investigador.

Data: \_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ / 201\_\_

**Assinatura do doente ou voluntário são:** \_\_\_\_\_

O Investigador responsável:

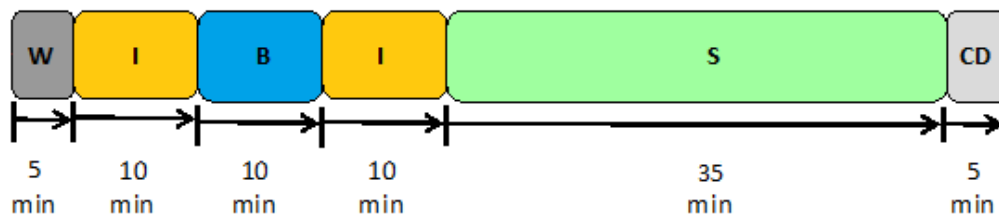
**Nome:**

**Assinatura:**

## 6.5 Exercise training program - BaSEIB

The intervention program began one month after BS and was extended for 22 weeks. The exercise training program started one month after the surgery due to post-surgical recovery needs. The exercise-training program was divided into two periods: an adaptation phase, with 1-month duration and a 4-month intermediate/advanced phase. The adaptation phase was planned due to the low participant's physical fitness, decreased motor skills and post-surgical care (i.e. avoid excessive intra-abdominal pressure) that should be considered until the second month after surgery.

The exercise training program aimed to develop three fundamental components: impact, balance and strength. Each training session was designed according to Figure 1, with a 75min duration and in 3 alternated week days always supervised by physical exercise experts in Faculty of Sport, University of Porto.



**Figure 1.** Representation of training sessions structure (W - Warm up; I - Impact component; B - Balance component; S - Strength component; CD - Cool down).

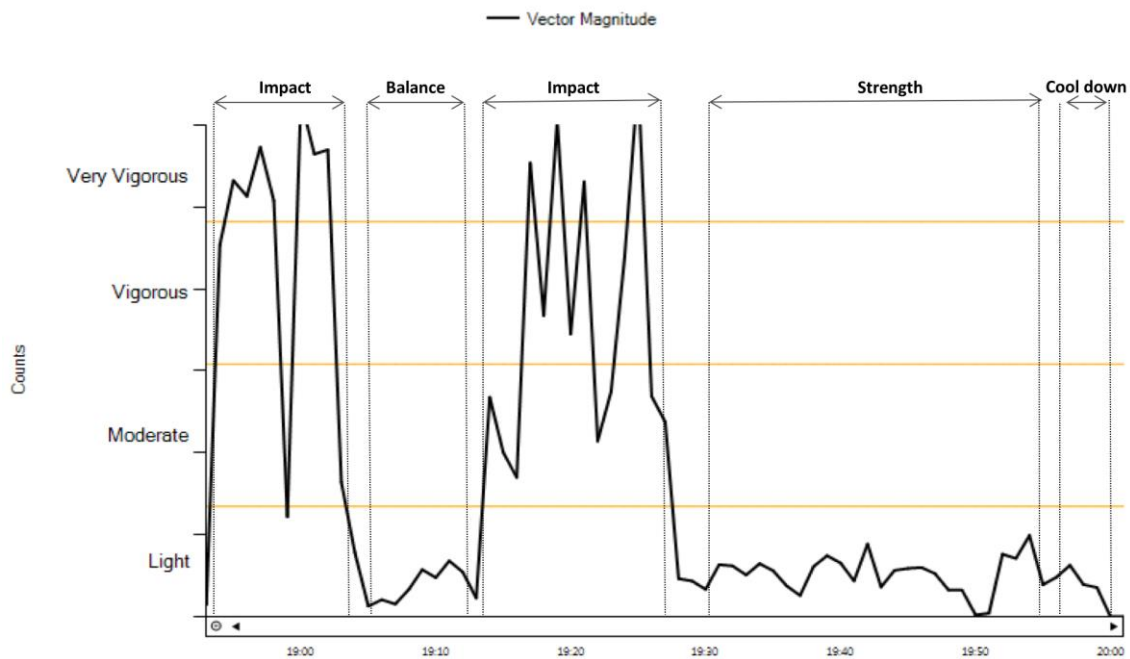
Table 1 presents the characteristics of training components. Impact was composed by 4 to 5 exercises according to a circuit training regime. Balance comprised 4 to 5 exercises working postural control in static and dynamic conditions. The last component, strength was composed by 7 to 8 exercises focusing on muscular groups of the trunk, upper and lower limbs.

**Table 1.** Characteristics of training components.

Components	Exercises	Work regime	Time/ Repetitions	Rest
Impact	- 3 to 4 multidirectional jumps - 1 to 2 run/slalom exercises	Circuit	3min or 30s	1min or 10s
Balance	- 1 to 2 basic balance exercises - 1 to 2 external perturbation exercises - 1 to 2 multitask exercises	2 series	30-45s	15-30s
Strength	- 4 exercises for large muscle groups - 1 to 2 exercises for small muscle groups - 2 core exercises	2 to 3 series	4 to 12 repetitions	30s-2min

## Impact

This training component aimed to manipulate 4 variables: magnitude (amount of mechanical stimuli), direction (antero-posterior, medio-lateral and vertical) and frequency (number of stimuli/time) (Guadalupe-Grau et al., 2009; Kohrt et al., 2004). In each session the circuit training was composed by multidirectional jumps and run/slalom exercises with different times of execution and rest (table 1). Two approaches were used to prescribe impact exercises to the intermediate/advanced phase: a) 3min of continuous execution of all exercises of the circuit interspersed with 1min rest; or b) 30s continuous execution in each exercise station followed by 10s rest. These two options of impact protocol were applied alternatively among training sessions. The two impact blocks together promoted 20min of moderate to vigorous physical activity (Figure 2). To exercise performance were used materials such as steps, agility ladders, jump ropes, jump boxes, poles, cones and treadmills. Adaptation phase comprised low impact exercises in treadmill gait with speed varying between 3 to 6 km/h according to participants' skills and physical fitness.



**Figure 2.** Representation of one training session intensity through accelerometer output obtained from the ActiLife software.

## Balance

The exercise training program tried to improve balance capacity both in the static and dynamic conditions. In the intermediate/advanced phase, static condition includes exercises to sustain balance in the bipodal or unipodal base support, whereas dynamic condition includes tasks that involve space progression (e.g. gait). Balance component was composed by 1 to 2 exercises focusing in improving basic balance skills (e.g. manipulation of base support, vision and proprioception), 1 to 2 external perturbation exercises and 1 to 2 multitask exercises (table 1). Each exercise comprised 2 series with 30 to 45s of execution time each and 15 to 30s rest (table 1). Table 2 and 3 show balance prescription variables and an example of progressive difficulty increment is exhibited in figure 3. In the adaptation phase, exercise prescription aimed to execute correctly basic tasks to posteriorly facilitate the progression of balance exercises. In this phase variables such as base of support, feet position, alternated surfaces and vision are manipulated. To perform exercise, we used materials such as ankle disks, swiss balls, balls, bars, cones, beams, rackets and gymnastic mattresses.

**Table 2.** Static balance exercise prescription.

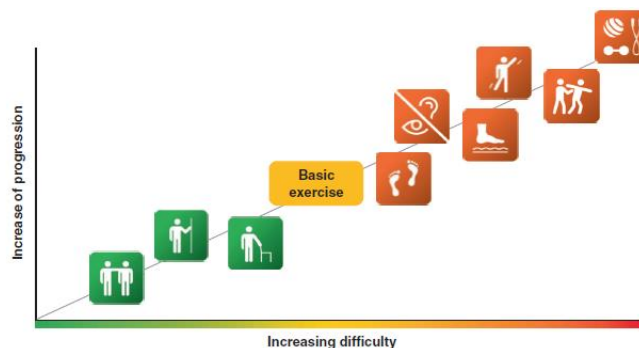
Exercise variables	Examples
Base of support	Stable to unstable: bipedal – semi-tandem – tandem – one leg stance
Position of feet	i.e., lateral or medial weight shift on heels or toe angle in or out
Surface	i.e., from soft to hard (e.g., grass to concrete), from stable to unstable (e.g., concrete to sand)
Sensory input	Impede vision or hearing
Speed of movement	Decrease or increase of execution speed (e.g., upper arm movements)
Equipment	Use of free weight, elastic bands, balls...
Perturbation	Reaction to external stimulus applied varying in speed, amplitude and direction on ankle, hip, trunk or shoulder level
Multitask - Motor tasks	Involves doing a primary task (e.g., maintaining postural control) while performing a secondary task (e.g., a manual task such as carrying an item)
Multitask - Cognitive tasks	Involves doing a primary task (e.g., maintaining postural control) while performing a secondary task (e.g., naming objects or arithmetic task)

Adapted from Gschwind et al. (2013)

**Table 3.** Dynamic balance exercise prescription.

Exercise variables	Examples
Base of support	Stable to unstable: normal gait – narrow gait – overlapping gait – tandem gait
Position of feet	i.e., lateral or medial weight shift on heels or toe angle in or out
Surface	i.e., from soft to hard (e.g., grass to concrete), from stable to unstable (e.g., concrete to sand)
Sensory input	Impede vision or hearing
Speed of movement	Decrease or increase of execution speed (e.g., upper arm movements)
Equipment	Use of free weight, elastic bands, balls...
Perturbation	Reaction to external stimulus applied varying in speed, amplitude and direction on ankle, hip, trunk or shoulder level
Multitask - Motor tasks	Involves doing a primary task (e.g., maintaining walking speed) while performing a secondary task (e.g., a manual task such as carrying an item)
Multitask - Cognitive tasks	Involves doing a primary task (e.g., maintaining walking speed) while performing a secondary task (e.g., a cognitive challenge such as counting backwards)

Adapted from Gschwind et al. (2013)



**Figure 3.** Example of balance exercise progression.

Adapted from Gschwind et al. (2013)

## Strength

Strength component was composed by 2 exercises focused in large trunk muscle groups (anterior or posterior trunk region), 2 exercises in large lower limb muscle groups (anterior or posterior thigh region) 1 or 2 exercises in small lower limb muscle groups (anterior or posterior arm region) and 2 exercises in core (abdominals and/or lumbar). Strength training session was split in two ways: A) anterior trunk region muscle groups + anterior thigh region muscle groups + posterior arm region muscle groups + core; B) posterior trunk region muscle groups + posterior thigh region muscle groups + anterior arm region muscle groups + core. Training A and B were performed intercalated between sessions (table 6). Strength training was composed by a mesocycle that englobes eleven microcycles (table 4). Microcycle characteristics are described in table 5. Microcycle A (adaptation phase) was performed in a circuit regime to increase participant's muscle and joint resistance and to acknowledge basic strength training techniques (e.g. squat or push) always avoiding high intra-abdominal pressures. The intermediate/advanced phases include microcycles H1, H2, S1 and S2 with the purpose of optimizing muscle mass and maximal strength (Schoenfeld, 2010). In these microcycles training was performed in a series regime following the next order: 1) anterior or posterior trunk region muscle groups; 2) anterior or posterior thigh region muscle groups; 3) anterior or posterior arm region muscle groups; 4) core (abdominals and/or lumbar). In microcycle R, participants executed a low intensity strength training to promote a recovery period. We used materials such as: free weights (weight bars, dumbbells, weight grip plates, fitness balls and elastic bands.

**Table 4.** Strength training periodization.

Training type	Mesocycle - 5 training months (22 weeks)										
	A	H1	H2	S1	S2	R	H1	H2	S1	S2	R
<b>Weeks</b>	4	2	2	2	2	1	2	2	2	2	1

Adapted from Boppre (2017)

**Table 5.** Strength microcycle characteristics.

Phase	Exercises	Number exercises	of Series	Repetitions	Rest between series	Rest between exercises	Execution velocity
H1	Trunk	2	3				
	Lower limbs	2	3	10 - 12 RM	30''	1'	1:3
	Upper limbs	2	2				
H2	Trunk	2	2				
	Lower limbs	2	3	8 - 10 RM	1'	1'30''	1:3
	Upper limbs	2	2				
S1	Trunk	2	2				
	Lower limbs	2	3	6 - 8 RM	1'30''	2'	1:1
	Upper limbs	1	3				
S2	Trunk	2	2				
	Lower limbs	2	2	4 - 6 RM	2'	2'30''	1:1
	Upper limbs	1	3				

Abbreviations: RM - maximal repetition.

Adapted from Boppre (2017)

**Table 6.** Example of an annual strength training plan.

Year	Month	Week	Days	Micro	Training		Year	Month	Week	Days	Micro	Training
2017	July	10 – 16	10				2017	October	23 – 29	23	A	
			12							25	A	
			14							27	A	
		17 – 23	17				2017	November	30 – 5	30	H1	A
			19							1	H1	B
			21							3	H1	A
		24 – 30	24						6 – 12	6	H1	B
			26							8	H1	A
			28							10	H1	B
2017	August	31 – 6	31						13 – 19	13	H2	A
			1							15	H2	B
			3							17	H2	A
		7 – 13	7						20 – 26	20	H2	B
			9							22	H2	A
			11							24	H2	B
		14 – 20	14						27 – 03	27	S1	A
			16							29	S1	B
			18							1	S1	A
		21 – 27	21				2017	December	4 – 10	4	S1	B
			23							6	S1	A
			25							8	S1	B
2017	September	28 – 3	28						11 – 17	11	S2	A
			30							13	S2	B
			1							15	S2	A
		4 – 10	4						18 – 24	18	S2	B
			6							20	S2	A
			8							22	S2	B
		11 – 17	11						25 – 31	25	R	A
			13							27	R	B
			15							29	R	A
		18 – 24	18				2018	January	1 – 7	1	H1	B
			20							3	H1	A
			22							5	H1	B
		25 – 1	25						8 – 14	8	H1	A
			27							10	H1	B
			29							12	H1	A
2017	October	2 – 8	2	A					15 – 21	15	H2	B
			4	A						17	H2	A
			6	A						19	H2	B
		9 – 15	9	A					22 – 28	22	H2	A
			11	A						24	H2	B
			13	A						26	H2	A
		16 – 22	16	A				February	29 – 4	29	S1	B
			18	A						31	S1	A
			20	A						2	S1	B



## References

- Boppre, G. F. (2017). *Alterações da massa magra e massa óssea após cirurgia bariátrica: Efeitos de um programa de exercício físico*. Porto: Giorjines Boppre. Dissertação de Mestrado apresentada a Faculdade de Desporto da Universidade do Porto.
- Gschwind, Y. J., Kressig, R. W., Lacroix, A., Muehlbauer, T., Pfenninger, B., & Granacher, U. (2013). A best practice fall prevention exercise program to improve balance, strength / power, and psychosocial health in older adults: study protocol for a randomized controlled trial. *BMC Geriatrics*, *13*(105), 1-13.
- Guadalupe-Grau, A., Fuentes, T., Guerra, B., & Calbet, J. A. (2009). Exercise and bone mass in adults. *Sports Medicine*, *39*(6), 439-468.
- Kohrt, W. M., Bloomfield, S. A., Little, K. D., Nelson, M. E., & Yingling, V. R. (2004). American College of Sports Medicine Position Stand: Physical activity and bone health. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *36*(11), 1985-1996.
- Schoenfeld, B. J. (2010). The mechanisms of muscle hypertrophy and their application to resistance training. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *24*(10), 2857-2872.