



Avaliação da composição corporal e da densidade mineral óssea por dois métodos

Estudo em mulheres obesas e não obesas

Evaluation of body composition and bone mineral density by two methods

Study of obese and non-obese women

Madalena Simão Ramalho Ortigão

Mestrado em Nutrição Clínica

Faculdade de Ciências da Nutrição e Alimentação da Universidade do Porto

2017



Título: Avaliação da composição corporal e da densidade mineral óssea por dois métodos - Estudo em mulheres obesas e não obesas

Nome do autor: Madalena Simão Ramalho Ortigão (licenciada em Ciências da Nutrição)

Faculdade de Ciências da Nutrição e Alimentação da Universidade do Porto, Porto.

Orientador: Professora Doutora Maria Flora Ferreira Sampaio Carvalho Correia, Unidade de Nutrição e Dietética, Centro Hospitalar de São João e Faculdade de Ciências da Nutrição e Alimentação da Universidade do Porto.

Coorientador: Professor Doutor Bruno Paz Mendes de Oliveira, Faculdade de Ciências da Nutrição e Alimentação da Universidade do Porto.

Dissertação de candidatura ao grau de Mestre em Nutrição Clínica apresentada à Faculdade de Ciências da Nutrição e Alimentação da Universidade do Porto

2017

Agradecimentos

Aos meus queridos pais, por para além de terem tornado isto possível, terem feito de mim o que sou hoje e por serem o maior exemplo na minha vida.

Às minhas irmãs, que apesar de terem estado na outra ponta do planeta, fazem sempre parte de mim.

A toda a minha família pelo apoio incondicional.

Ao Chico pela paciência, carinho e confiança.

Aos meus amigos do Porto, por terem tornado esta experiência tão incrível e por terem feito desta a minha segunda Casa.

Aos meus amigos de Lisboa que estão sempre ao meu lado, para tudo.

Ao meu grupinho preferido de nutricionistas que eu gosto e admiro tanto, Olga, Maria e Margarida.

À minha família do Porto, as Areias.

Ao Luís e à Margarida, os meus companheiros neste percurso, por terem facilitado tanto este trabalho, através da entre-ajuda, diversão e macacada.

Às participantes do estudo.

Ao Tiago Montanha pela incrível e espectacular disponibilidade!

Ao Professor Bruno, por todo o apoio e salvação neste trabalho. Pelas ideias espectaculares, pela genialidade e pelo sentido de humor.

À Professora Flora, pelo apoio e paciência para aturar mais uma moura. Pela sabedoria inesgotável, pelas orientações imprescindíveis e por ser o exemplo de Nutricionista que quero seguir.

Esta dissertação foi fruto de um enorme trabalho de equipa.

Resumo

A obesidade é considerada, segundo a Organização Mundial de Saúde, o maior problema de saúde pública dos países desenvolvidos e começa também a sê-lo nos países em desenvolvimento. A avaliação da composição corporal é crucial para a compreensão e descodificação de processos de patogénicos envolvidos em várias doenças. A DEXA (Absorciometria por duplo feixe de Raios-X) é considerado um método de referência para a avaliação da composição corporal e a IBE (Impedância Bioelétrica) é um método bastante utilizado na prática clínica.

A cirurgia bariátrica é um tipo de tratamento para a obesidade e alguns estudos sugerem que pode ter um impacto negativo na saúde óssea, provocando uma diminuição da Densidade Mineral Óssea (DMO).

Este trabalho tem como objetivo comparar avaliação da composição corporal por dois métodos distintos, DEXA e IBE, em mulheres obesas e não-obesas, bem como avaliar e comparar a densidade mineral óssea em mulheres obesas submetidas a cirurgia bariátrica em três momentos: pré-operatório, 1º mês e 3º mês pós-cirurgia.

A amostra foi de 37 participantes, divididas em dois grupos: o grupo de estudo foi constituído por 22 mulheres da consulta multidisciplinar para o tratamento cirúrgico da obesidade e o grupo de controlo foi constituído por 15 mulheres funcionárias do Hospital de S. João da mesma faixa etária. Uma subamostra de 7 mulheres obesas também foi avaliada ao 1º e 3º mês pós-cirurgia.

Neste estudo verificaram-se diferenças entre os dois métodos de avaliação corporal nos quatro parâmetros avaliados, peso, percentagem de massa gorda, massa isenta de gordura e osso e conteúdo mineral ósseo.

Relativamente à subamostra avaliada, não se verificou perda de densidade mineral óssea nos três momentos, no entanto houve uma diminuição de peso, percentagem de massa gorda e massa isenta de gordura e osso.

Palavras-chave

Obesidade; cirurgia bariátrica; composição corporal; densidade mineral óssea; DEXA; Bioimpedância.

Abstract

Obesity is according to the World Health Organisation the biggest public health issue in the developed countries, while in the developing countries it is also becoming a serious issue. The evaluation of body composition is crucial for understanding and decoding the pathogenic process involved in different diseases. DXA (dual-energy x-ray absorptiometry) is a gold standard method for the evaluation of body composition and BIA (bioelectrical impedance analysis) is a frequently used method in clinical practice.

Bariatric surgery is a type of obesity treatment that is more and more used and consequently also more studied. Some studies suggest that bariatric surgery has a negative impact in bone health leading to a decrease in bone mineral density.

This study aims to compare two different methods of evaluation of body composition, DXA and BIA, in obese and non-obese women. Furthermore it also aims to study the evolution of bone mineral density in obese women submitted to bariatric surgery, in three moments: pre-surgery, 1st and 3rd months after surgery.

Our study population was constituted by 37 women, divided in two groups: the study group, which englobed 22 women of the obesity surgery treatment consult and the control group, which englobed 15 women that worked in Hospital de São João, from the same age range. A smaller sample of 7 obese women was also evaluated on the 1st and 3rd months after surgery.

In the present study we verified significant differences between the two methods of body composition evaluation in the four parameters, weight, body fat percentage, lean mass free of bone and bone mineral content.

Regarding the sub-sample, there was no significant loss of bone mineral density in the three moments, but there was a significant loss of weight, body fat percentage and lean mass free of bone.

Key-words

Obesity; bariatric surgery; body composition; bone mineral density; DXA; BIA.

Índice

Agradecimentos	iv
Resumo.....	v
Abstract	vi
Índice.....	vii
Lista de Abreviaturas	viii
Lista de Tabelas.....	viii
Lista de Gráficos.....	viii
Introdução	1
Objetivos.....	6
Material e Métodos	7
Metodologia	7
Análise Estatística	8
Resultados	10
Discussão	15
Conclusões	19
Referências Bibliográficas	20

Lista de Abreviaturas

CC - Composição Corporal

CHSJ - Centro Hospitalar de São João

DEXA - Absorciometria por duplo feixe de Raios-X

DMO - Densidade Mineral Óssea

IBE - Impedância Bioelétrica

IMC - Índice de Massa Corporal

MIG - Massa Isenta de Gordura

MIGO - Massa Isenta de Gordura e Osso

MG - Massa Gorda

PMG - Percentagem de Massa Gorda

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Comparação entre grupos relativamente à idade, altura, peso, percentagem de massa gordada (PMG), massa isenta de gordura e osso (MIGO) e conteúdo mineral ósseo (CMO). 10

Tabela 2 - Discrepância entre métodos para o peso, percentagem de massa gordada, massa isenta de gordura e osso e conteúdo mineral ósseo..... 12

Tabela 3 - Relação entre a discrepância entre métodos do peso, percentagem de massa gordada (PMG), massa isenta de gordura e osso (MIGO) e conteúdo mineral ósseo (CMO) com o grupo, idade e altura. 13

Tabela 4 - Evolução do peso, percentagem de massa gordada, massa isenta de gordura e osso e densidade mineral óssea, nos três momentos de avaliação..... 14

Lista de Gráficos

Figura 1 - Gráficos de Bland-Altman comparando a DEXA e a IBE para o peso, percentagem de massa gordada, massa isenta de gordura e osso e conteúdo mineral ósseo 11

Introdução

Em 2014, 2 mil milhões de adultos no mundo tinham excesso de peso e mais de metade destes eram obesos [1]. A obesidade é considerada, segundo a Organização Mundial de Saúde, o maior problema de saúde pública dos países desenvolvidos, e começa também a sê-lo nos países em desenvolvimento [1].

A obesidade é uma doença crónica definida por uma acumulação excessiva de gordura corporal, >20% para o homem e >30% para a mulher, que pode constituir um risco para a saúde. O Índice de Massa Corporal é uma medida que relaciona o peso e a estatura, considerando um indivíduo obeso para um $IMC \geq 30$ kg/m^2 [1]. É causada pela combinação de fatores genéticos e ambientais, sendo a principal causa a elevada ingestão energética associada a uma baixa atividade física, ao longo do tempo. Deve-se principalmente ao aumento do consumo de alimentos com um elevado valor energético, pelo seu baixo custo e grande disponibilidade e acessibilidade, e ao aumento do sedentarismo [2-5]. A obesidade é um problema grave por afectar grande parte do metabolismo do organismo humano, é também um fator de risco no desenvolvimento de outras patologias, como a diabetes mellitus tipo 2, doenças cardiovasculares, cancro, doenças respiratórias, doenças hepáticas, depressão, entre outras [2-5]. Estas co-morbilidades têm um grande impacto financeiro, tanto a nível pessoal como a nível estatal, no Sistema Nacional de Saúde. Esta é uma doença que reduz significativamente a qualidade de vida, para além do que foi já mencionado, reduz também a empregabilidade, potencia a estigmatização e dificulta a integração social [2]. Antes do tratamento, a prevenção é essencial. A obesidade infantil, segundo a OMS, está a atingir proporções alarmantes em vários países que não podem ser ignoradas, caso contrário poderá ter consequências sociais e económicas graves na saúde pública [6].

O tratamento da obesidade tem provado ser desafiante, passando principalmente por uma mudança de estilo de vida, através da alteração de hábitos alimentares e aumento da atividade física, intervenção a nível comportamental e psicológico, a utilização de terapêutica farmacológica ou intervenção cirúrgica. Existem poucas evidências científicas que provem qual o tratamento mais eficaz, no entanto, a maioria dos autores defende ser através da mudança de estilo de vida [7,

8]. A cirurgia bariátrica é um tipo de tratamento que tem mostrado ser eficiente em termos de perda de peso, sendo um tratamento de última linha, isto é, deve ser utilizado depois dos outros não terem tido sucesso e sempre acompanhados de mudanças comportamentais [9-11].

Os procedimentos cirúrgicos têm evoluído muito nos últimos 50 anos [11]. Existem dois tipos de cirurgia: restritiva, que surgiu com o objetivo de reduzir a capacidade do estômago e retardar o esvaziamento gástrico; restritiva parcialmente malabsortiva, em que, não só há uma redução da capacidade do estômago, como também, a exclusão de segmentos do intestino delgado que vai provocar uma diminuição na absorção dos nutrientes [12-17]. Várias foram as técnicas cirúrgicas desenvolvidas ao longo dos anos. Atualmente, as mais utilizadas em Portugal são o *bypass* gástrico de Roux-em-Y (RYGB), do tipo restritivo malabsortivo e o *sleeve* gástrico, do tipo restritivo. A banda gástrica é também uma técnica restritiva mas cada vez menos utilizada [11-20].

A cirurgia bariátrica leva, não só a uma rápida perda de peso, como também a alterações nas adipoquinas libertadas pelo tecido adiposo, como a leptina e adiponectina, nas hormonas intestinais reguladoras do apetite, como o peptídeo YY (PYY), GLP-1 e grelina, na hormona da paratiróide (PTH) e nos reguladores do balanço energético como o neuropeptídeo Y (NPY) [21, 22]. Existe também um aumento dos ácidos biliares [22], uma diminuição do fator intrínseco e uma acidificação, o que irá provocar uma diminuição da absorção da vitamina B12 [23]. Os doentes poderão ter uma deficiência nas vitaminas lipossolúveis (A,D,E e K) e em alguns minerais, como o ferro e cálcio [24-26].

Esta perda de peso traduz-se na redução da mortalidade e melhoria das comorbilidades, no controlo metabólico da diabetes tipo 2, na diminuição de riscos cardiovasculares, na fertilidade, na apneia de sono e noutras complicações relacionadas com a obesidade [15, 27-30]. A cirurgia bariátrica é o tratamento eficaz na obesidade mórbida, no entanto os efeitos a longo prazo são ainda pouco entendidos [11, 19, 21].

Recentemente alguns estudos têm sugerido que a cirurgia bariátrica tem um impacto negativo na saúde óssea, provocando um aumento dos marcadores de remodelação óssea e uma diminuição da Densidade Mineral Óssea (DMO) que irão

acelerar a perda óssea e aumentar a sua fragilidade, conseqüentemente aumentando também o risco de fraturas [28, 31]. A força dos ossos é determinada na prática clínica pela DMO, no entanto, existem outros fatores que influenciam a qualidade do osso, como alterações na sua microarquitetura, remodelação e mineralização óssea que podem, independentemente, aumentar o risco de fraturas [30]. Um osso é um tecido em constante renovação [32], no entanto, se houver alguma alteração na concentração dos seus precursores, poderá haver uma lacuna no seu crescimento ou remodelação. Alguns estudos demonstraram haver uma correlação direta entre a perda de peso e a perda de DMO [33, 34]. No entanto a explicação ainda não é clara.

Os possíveis mecanismos fisiopatológicos já estudados, envolvidos na perda de massa óssea em doentes submetidos a cirurgia bariátrica são as alterações na biomecânica dos ossos, diminuição da secreção de ácido gástrico, alteração no metabolismo do cálcio e das hormonas calciotrópicas (hormonas que têm um papel importante no crescimento ou na remodelação óssea), diminuição da absorção de vitamina D e alterações no metabolismo dos peptídeos gastrointestinais [30]. Múltiplos efeitos da cirurgia bariátrica no organismo, como diminuição da secreção de ácido gástrico, exclusão do duodeno, rápido esvaziamento gástrico, malabsorção lipídica intestinal influenciam o metabolismo e absorção do cálcio. Para além destes, a alteração das concentrações da PTH e da vitamina D, também é característica nestes doentes que irá influenciar o metabolismo do cálcio [30]. A diminuição da vitamina D tem um papel importante na remodelação óssea e poderá alterar o seu mecanismo. Em contraste, alguns estudos demonstraram haver um aumento da PTH nesta população, associado a um hiperparatiroidismo secundário [35]. Esta hormona é responsável pelo aumento da remodelação óssea e diminuição da força óssea [33]. A grelina é um peptídeo produzido do fundo do estômago, que induz a fome no ser humano. Alguns estudos sugerem haver uma diminuição deste peptídeo em doentes submetidos a RYBG [36] e a *sleeve* gástrico [37]. Foi demonstrado, *in vitro*, que a grelina aumenta a proliferação e diferenciação dos osteoblastos. Os mecanismos fisiopatológicos que podem levar à diminuição da DMO em doentes submetidos a cirurgia bariátrica são diversos e complexos mas também pouco estudados. E o impacto da cirurgia bariátrica na saúde óssea é também pouco clara, não havendo nenhum estudo, até à data, conclusivo que

mostre realmente haver uma relação direta deste tratamento com a perda de DMO e consequente aumento de risco de fratura.

A composição corporal (CC) é crucial para a compreensão e descodificação de processos de patogénicos envolvidos em várias doenças, como a obesidade, diabetes, doenças endócrinas e gastrointestinais, renais, nervosas, infecciosas, entre outras [38]. A composição corporal é “o conjunto de componentes físicas e químicas que coletivamente dão origem à massa de um organismo, definida de uma maneira sistemática” [39]. Evidências da importância do estudo da CC têm crescido rapidamente ao longo dos últimos anos. O corpo humano pode ser dividido, num nível molecular básico, em dois compartimentos, massa gorda (MG) e massa isenta de gordura (MIG). O primeiro, é relativamente homogéneo, no entanto, o segundo, é uma mistura heterogénea de água, minerais, proteína e outros constituintes minoritários [40].

A DEXA (Absorciometria por duplo feixe de Raios-X) é considerada uma técnica “*gold standard*” na avaliação da CC [38]. O princípio físico base desta técnica é a medição da transmissão de raios-X de dois níveis diferentes energia (alta e baixa) pela região avaliada. Avalia o corpo inteiro ou por região, a nível molecular, e é baseada em dois compartimentos, conteúdo mineral ósseo (CMO) e tecido mole. A energia do feixe de raios-X é atenuada durante a passagem por tecido e esta atenuação é influenciada pela intensidade de energia e pela densidade e espessura do tecido humano. Tecidos de baixa densidade (i.e. tecidos moles) permitem a passagem de uma maior quantidade de fótons, ou seja, deixam o feixe de raios-X atenuar menos do que tecidos densos (i.e. osso). Em áreas onde existe osso, a DEXA avalia conteúdo mineral ósseo e tecido mole, em áreas onde não existe osso, a DEXA avalia a massa gorda (MG) e massa isenta de gordura (MIG), fornecendo resultados de três compartimentos da composição corporal (MG, MIG, CMO). Numa avaliação ao corpo inteiro, cerca de 40-45% de píxeis contêm osso; até agora, a DEXA distingue osso de tecido mole (MG+MIGO). Pelos restantes píxeis que contêm o tecido mole adjacente ao osso é calculada a proporção MG/MIGO [38].

Para além da composição corporal na prática clínica, a DEXA é também utilizada para avaliar a DMO podendo levar ao diagnóstico de osteoporose e verificar o risco de fraturas. A DMO é o parâmetro medido e permite calcular o CMO,

em gramas, e a área projetada de osso de duas dimensões que está a ser avaliada, em cm^2 . No entanto o valor utilizado para diagnosticar osteoporose, é o valor de *T-score*, este caracteriza-se pela diferença entre o valor de DMO avaliado e o valor médio de jovens adultos, para uma população normal do mesmo género e etnia, expresso em desvio padrão (dp). Apesar das suas limitações, que afetam principalmente as mulheres pós-menopausa e homens com idades superiores a 50 anos, é este o critério utilizado atualmente. Segundo a OMS, a osteoporose é caracterizada por valores de *T-score* inferiores as -2,5, a osteopenia com valores entre -2,5 e -1,0, e os valores considerados “normais” são acima de -1,0. O *Z-score*, também calculado pela DEXA, é semelhante ao *T-score* mas compara a DMO do indivíduo com a média do grupo, para além da mesma etnia e género, também da mesma idade. O resultado é expresso em desvio padrão. Para se poder diagnosticar osteoporose, a ISCD (*International Society of Clinical Densitometry*) recomenda a medição da DMO no cólo do fémur ou na coluna lombar [41].

A impedância biolétrica (IBE) mede a resistência que o corpo exerce à passagem de corrente elétrica de uma frequência entre diferentes pontos de contacto da superfície corporal (por exemplo pés e mãos). A água corporal é condutora de corrente elétrica, ou seja, a medição da impedância corporal pode, indiretamente, fornecer informação sobre o conteúdo dos tecidos corporais. A avaliação da composição corporal baseia-se no facto de que a massa isenta de gordura (MIG) contém a maioria da água corporal e os electrólitos condutores de corrente elétrica, oferecendo menor resistência eléctrica, ao contrário da MG [42]. Este método permite estimar os diferentes componentes corporais através de equações previamente elaboradas e fornecidas pelo fabricante do aparelho [42, 43]. Existem vários aparelhos IBE com diferentes características. Os de multi-frequências permitem medições em várias frequências usam como modelo o corpo humano dividido em cinco cilindros (braços, tronco e pernas) com diferentes resistências onde a impedância é avaliada separadamente, permitindo uma avaliação segmentar dos diferentes componentes [42, 43]. A IBE é um método prático e muito utilizado em clínica para comparar a avaliação da composição corporal ao longo do tratamento. A DEXA, apesar de ser o método de referência, é de difícil utilização diária.

Objetivos

Este trabalho tem por objectivo comparar a avaliação da composição corporal por dois métodos distintos DEXA e IBE, bem como estudar a evolução da densidade mineral óssea no sub-grupo das mulheres que foram submetidas a cirurgia bariátrica, avaliadas em três momentos: pré-operatório, 1º mês e 3º mês de pós-operatório.

Material e Métodos

Metodologia

Entre Fevereiro a Dezembro de 2016, foram estudadas 37 participantes, divididas em dois grupos:

- O grupo de *estudo* foi constituído por 22 mulheres da Consulta de Avaliação Multidisciplinar para o Tratamento Cirúrgico da Obesidade (CAMTCO) do Centro Hospitalar de São João, E.P.E. (CHSJ), propostas para Cirurgia Bariátrica, no mesmo hospital e que cumprissem os critérios de inclusão descritos na Circular Normativa nº2/2008 de 13/08/2008 da Direção Geral de Saúde. Foram critérios de exclusão: indivíduos que tenham sido submetidos a segunda cirurgia bariátrica.

- O grupo *controlo* é constituído por 15 indivíduos do sexo feminino, com idades compreendidas entre os 18 e os 65 anos, normoponderais ou com excesso de peso sem co-morbilidades associadas, funcionárias do Hospital de S. João.

Foi estudada uma subamostra do grupo de estudo, constituída pelas mulheres que foram operadas no CHSJ desde 11 de maio a 1 de outubro.

As participantes no estudo assinaram um consentimento informado e o estudo foi submetido a avaliação e aprovação pela Comissão de Ética para a Saúde do CHSJ.

As mulheres do grupo de estudo foram avaliadas na consulta de pré-cirurgia e uma subamostra de 7 mulheres também foi avaliada ao 1º e 3º mês pós cirurgia. As mulheres do grupo de controlo foram avaliadas uma só vez, permitindo a comparação com os dados pré-cirurgia das mulheres do grupo de estudo. No dia da avaliação, num intervalo inferior a 60 minutos, realizou-se a avaliação antropométrica e avaliação da composição corporal por bioimpedância (IBE) e por DEXA. Foram registadas a idade, altura (m), peso (kg), o Índice de Massa Corporal (IMC), a massa gorda (MG, kg), percentagem de massa gorda (PMG, %), conteúdo mineral ósseo (CMO, kg) e a massa isenta de gordura e osso (MIGO, kg calculada subtraindo a massa gorda e o conteúdo mineral ósseo ao peso). No subgrupo de 7 mulheres avaliou-se nos 3 momentos a densidade mineral óssea da coluna lombar (L1-L4) por DEXA. Registou-se a discrepância, em percentagem (calculada como o quociente entre: a diferença da medição pelo aparelho de bioimpedância e a

medição por DEXA, com a média das medições), das medições dos dois aparelhos para os parâmetros peso, PMG, CMO e MIGO (discPeso, discMG, discMIGO e discCMO, respectivamente).

A IBE foi efetuada utilizando o o aparelho *Inbody 720* do CHSJ. Para a DEXA foi utilizado o aparelho *Hologic Explorer 4500 QDR*, do Centro de Investigação em Actividade Física, Saúde e Lazer, da Faculdade de Desporto da Universidade do Porto. O aparelho de DEXA utilizado tem como limite de peso de 137 kg e uma área de digitalização de 195cm x 65cm. Para contrariar a reduzida largura da área, foi utilizada, quando necessário, a técnica de avaliação corporal de meio-corpo, partindo do pressuposto que o corpo é simétrico. Esta técnica tem mostrado ser precisa, tendo sido validada por alguns estudos [44, 45].

Ambos os métodos utilizados têm condições preferíveis de avaliação. Para se obter resultados mais precisos em ambos os métodos, os indivíduos devem ser analisados depois de um jejum prolongado, com abstenção de atividade física vigorosa nas últimas horas antes do exame e normalmente hidratados, sem consumo de água antes do exame. A temperatura ambiente da sala deve estar entre os 20 e 30°C [38, 46, 47]. As condições em que este estudo foi efetuado não possibilitou o cumprimento destes requisitos. Este poderá ser um fator confundidor, no entanto o objetivo deste trabalho passa pela comparação da avaliação corporal nas condições habituais a que os doentes frequentam a consulta.

Análise Estatística

A análise estatística dos dados foi feita recorrendo ao programa IBM SPSS Statistics para MacOSx, versão 24.0.0.0 e o programa Numbers. Para a análise descritiva dos dados foram utilizadas a média, desvio padrão, mínimo, máximo, para as variáveis contínuas e as frequências para as variáveis nominais. Foi avaliada a normalidade das variáveis contínuas usando o teste de *Shapiro-Wilk*, verificando-se que todas as variáveis seguiam uma distribuição próxima da Normal, com excepção, para a amostra total, do peso, percentagem de massa gorda e conteúdo mineral ósseo. Para comparar dois grupos realizaram-se testes *t-Student* para amostras independentes, para as variáveis que seguem uma distribuição próxima da Normal, e testes de *Mann-Whitney*, para as variáveis que seguem uma distribuição diferente da Normal. Avaliou-se o grau de associação entre pares de variáveis contínuas

usando o coeficiente de correlação de *Pearson* (R), quando ambas seguiam uma distribuição Normal. Para avaliar se as discrepâncias entre os métodos estavam próximas de zero aplicou-se o teste *t-Student* para 1 amostra. Na comparação entre métodos, foi ainda calculado o desvio quadrático médio (RMSD, *root mean square deviation*). Valores mais elevados de RMSD indicam que as medições são mais discrepantes. Para avaliar se o valor de RMSD da discrepância era superior a 5%, aplicou-se o teste do qui-quadrado. Avaliou-se ainda o efeito ajustado do grupo a que pertencem as mulheres (caso ou controlo), da idade e da altura na discrepância entre os métodos, usando um Modelo Linear Geral Univariado. Relativamente à subamostra avaliada ao longo três momentos, para estudar a evolução ao longo do tempo, utilizou-se um Modelo Linear Geral para medidas repetidas. Em todos os testes estatísticos realizados, considerou-se um nível de significância de 5%. A magnitude do efeito foi avaliada através do eta parcial ao quadrado (η_p^2) segundo critérios propostos por Cohen [48], sendo classificado como pequeno ($\eta_p^2 < 0,030$), médio ($0,030 \leq \eta_p^2 < 0,100$) ou grande ($\eta_p^2 \geq 0,100$).

Resultados

Na tabela 1 pode-se verificar a caracterização da amostra em estudo quanto à idade, altura e parâmetros antropométricos avaliados por IBE e DEXA. O grupo controlo (n=22) e o grupo caso (n=15) apresentam médias semelhantes relativamente à média de idades e altura. Nos parâmetros relativos à composição corporal encontram-se diferenças significativas. Observámos ainda que as mulheres mais velhas são mais baixas ($R=-0,492$; $p=0,002$).

Tabela 1 - Comparação entre grupos relativamente à idade, altura, peso, percentagem de massa gorda (PMG), massa isenta de gordura e osso (MIGO) e conteúdo mineral ósseo (CMO).

	média		desvio padrão		mínimo		máximo		p
	grupo		grupo		grupo		grupo		
	Controlo	Caso	Controlo	Caso	Controlo	Caso	Controlo	Caso	
Idade (anos)	38	45	10	10	24	26	55	62	0,052 ^t
Altura (m)	1,596	1,598	0,073	0,072	1,460	1,500	1,730	1,780	0,944 ^t
Peso_IBE (kg)	65,31	112,95	11,01	14,67	50,70	87,20	94,90	146,50	<0,001 ^{MW}
PMG_IBE (%)	35,20	51,87	8,96	3,10	23,30	41,20	50,60	56,00	<0,001 ^{MW}
MIGO_IBE (kg)	39,15	51,34	3,86	7,03	30,45	39,96	44,14	67,02	<0,001 ^t
CMO_IBE (kg)	2,475	2,944	0,266	0,507	1,950	2,370	2,870	4,310	0,002 ^t
Peso_DXA (kg)	63,51	110,40	10,63	14,17	49,14	85,41	92,30	142,86	<0,001 ^{MW}
PMG_DXA (%)	38,60	51,84	5,63	3,19	29,50	43,90	47,70	56,20	<0,001 ^{MW}
MIGO_DXA (kg)	36,61	50,72	4,15	5,97	31,20	41,02	46,02	62,87	<0,001 ^t
CMO_DXA (kg)	1,986	2,282	0,301	0,373	1,492	1,513	2,654	3,232	0,015 ^t

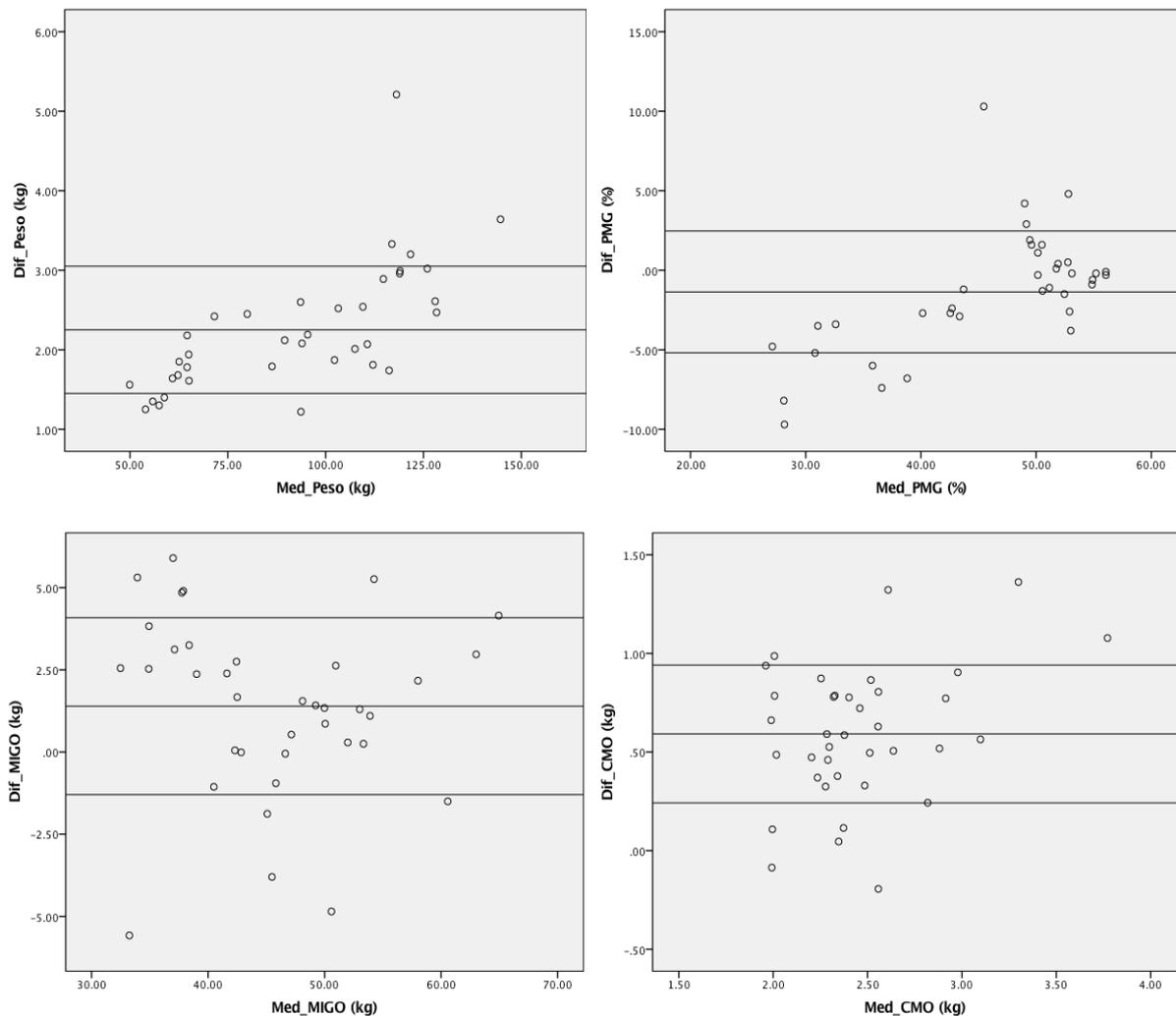
^t teste t-student para amostras independentes

^{MW} teste Mann-Whitney

A relação entre a discrepância entre os dois métodos (IBE-DEXA) e a média destes dois é apresentada nos gráficos de *Bland-Altman* (Figura 1). Podemos observar que para o peso, a média da discrepância é perto de 2kg e os valores da IBE são sempre superiores aos da DEXA, podendo esta diferença chegar aos 5kg. Relativamente à PMG, a média da discrepância é 1,36%. No entanto para alguns indivíduos a IBE apresenta resultados superiores aos da DEXA e para outros apresenta resultados inferiores, havendo casos com uma discrepância próxima de 10%. Similarmente para a MIGO, chegam a haver discrepâncias de 5kg, quer

positivas quer negativas. Relativamente ao CMO, geralmente, a IBE apresenta valores superiores relativamente à DEXA. Neste caso as maiores discrepâncias são quase metade da média das medições e há uma grande dispersão dos resultados.

Figura 1 - Gráficos de Bland-Altman comparando a DEXA e a IBE para o peso, percentagem de massa gorda, massa isenta de gordura e osso e conteúdo mineral ósseo



Na tabela 2 está representada a discrepância, em percentagem, entre os dois métodos, IBE e DEXA. Segundo os valores de RMSD da discrepância, o peso e a PMG apresentam valores próximos entre métodos, com valores de RMSD inferiores a 5%. A variável que apresenta maior discrepância entre métodos é o CMO. Verificou-se que esta, tal como a MIGO, têm os maiores valores de média, de dp e, conseqüentemente, de RMSD, sendo ambos superiores a 5%. Verificou-se que as

mulheres que têm menor discrepância de MIGO têm também menor discrepância (em módulo) de peso ($R=0,388$; $p=0,018$) e de PMG ($R=-0,980$; $p<0,001$).

Tabela 2 - Discrepância entre métodos para o peso, percentagem de massa gorda, massa isenta de gordura e osso e conteúdo mineral ósseo.

	N	média	desvio padrão	mínimo	máximo	RMSD	P (RMSD > 5%)
discPeso	37	2,48	0,58	1,30	4,41	2,54	1,000
discPMG	37	-1,36	3,83	-9,70	10,30	4,01	0,951
discMIGO	37	3,33	6,75	-16,79	15,95	7,45	0,000
discCMO	37	24,01	13,90	-7,59	50,67	27,65	0,000

Valor de RMSD e teste do qui-quadrado para comparar o valor de RMSD com 5%.

Aplicando o modelo linear geral univariado (Tabela 3) estudou-se o efeito de cada uma das variáveis independentes (altura, idade e grupo) nas discrepâncias, ajustado para as restantes. Relativamente à discrepância do peso, verificamos que a diferença entre os dois grupos não é significativa. A idade tem um efeito grande, observando-se que quanto maior a idade menor a discrepância entre métodos. Para a discrepância da percentagem de massa gorda, a altura tem um efeito grande, verificando-se que quanto maior a altura, maior a discrepância (em módulo) entre métodos. O grupo tem também um efeito grande tendo o grupo de controlo uma discrepância maior. Relativamente à discrepância da massa isenta de gordura e osso, verificamos que a média do grupo controlo é maior do que o grupo caso, sendo este efeito grande. A altura tem um efeito grande na discrepância da MIGO, observando-se que quanto maior a altura, maior a discrepância entre métodos. Para a discrepância entre métodos do conteúdo mineral ósseo, a altura tem um efeito grande, revelando que quanto maior a altura, maior a discrepância entre os dois métodos.

Tabela 3 - Relação entre a discrepância entre métodos do peso, percentagem de massa gorda (PMG), massa isenta de gordura e osso (MIGO) e conteúdo mineral ósseo (CMO) com o grupo, idade e altura.

	grupo	média	desvio padrão	R	p	η_p^2
discPeso (%)	Controlo	2,78	0,37	–	0,075	0,093
	Caso	2,27	0,62	–		
	idade	–	–	-0,390	0,015	0,166
	altura	–	–	-0,095	0,069	0,097
discPMG (%)	Controlo	-3,40	4,90	–	0,004	0,222
	Caso	0,03	2,02	–		
	idade	–	–	0,370	0,957	<0,001
	altura	–	–	-0,439	0,009	0,189
discMIGO (%)	Controlo	6,77	8,22	–	0,010	0,183
	Caso	0,99	4,34	–		
	idade	–	–	-0,396	0,669	0,006
	altura	–	–	0,419	0,023	0,147
discCMO (%)	Controlo	22,27	16,49	–	0,884	0,001
	Caso	25,20	12,11	–		
	idade	–	–	0,035	0,260	0,038
	altura	–	–	0,300	0,037	0,125

Modelo linear geral univariado. Média, desvio padrão e correlações de *Pearson* (R).

Evolução da DMO

Foi estudada a subamostra de mulheres avaliada nos três momentos. Estas mulheres tinham uma média de idades de 45 anos (dp=10) e uma média de alturas de 1,576m (dp=0,051). Na tabela 4 pode-se verificar que para o peso houve uma diminuição significativa nos três momentos, para a PMG houve uma diminuição significativa do 2º para o 3º momento e para a MIGO, houve uma diminuição significativa do 1º para o 2º momento. Nestas três variáveis o efeito foi grande. Relativamente à DMO, não se verificaram diferenças significativas ao longo do tempo, apesar de existir uma ligeira diminuição, nos três momentos.

Tabela 4 - Evolução do peso, percentagem de massa gorda, massa isenta de gordura e osso e densidade mineral óssea, nos três momentos de avaliação.

	N	média	desvio padrão	máximo	mínimo	p	η_p^2
Peso_DXA ^a	7	106,55	12,79	124,48	88,48		
Peso_DXA2 ^b	7	97,44	13,04	113,61	79,56	<0,001	0,952
Peso_DXA3 ^c	7	88,84	12,07	103,64	73,85		
PMG_DXA ^a	7	51,47	2,83	55,3	48,5		
PMG_DXA2 ^a	7	50,93	3,02	55,0	47,1	<0,001	0,846
PMG_DXA3 ^b	7	47,93	3,35	53,0	44,6		
MIGO_DXA ^a	7	49,40	5,87	61,32	42,28		
MIGO_DXA2 ^b	7	45,45	6,20	56,70	36,59	<0,001	0,880
MIGO_DXA3 ^b	7	43,86	4,91	52,43	36,63		
DMO_CL1 ^a	7	1,051	0,133	1,238	0,900		
DMO_CL2 ^a	7	1,049	0,144	1,247	0,866	0,483	0,099
DMO_CL3 ^a	7	1,040	0,143	1,228	0,842		

Modelo linear geral para medidas repetidas. a,b,c - indicam médias diferentes

Discussão

A importância da avaliação da composição corporal ao longo do tratamento da obesidade tem impulsionado o desenvolvimento de métodos adequados para a realizar. Na prática clínica, pretende-se um método preciso, prático, rápido e, se possível, económico, que possa avaliar a evolução dos diferentes compartimentos ao longo do tempo. Este estudo recorreu a dois métodos diferentes: a bioimpedância, um método prático e que possibilita a utilização diária em contexto clínico; e a DEXA, um método de referência mas menos prático e mais dispendioso, o que dificulta a sua utilização diária em prática clínica.

São poucos os estudos que relacionam a bioimpedância com a DEXA, principalmente na população obesa, caracterizada por um excesso de massa gorda e uma maior variabilidade da hidratação da massa livre de gordura e da distribuição corporal da água quando comparada com indivíduos normoponderais [49]. No entanto, apesar da DEXA ser considerado um método de referência continua a ser uma estimativa da composição corporal. Anderson *et al.* questiona a precisão do uso da DEXA como padrão em estudos de validação [42]. Alves *et al.* compararam a avaliação corporal por dois métodos de IBE e DEXA, em 55 doentes com insuficiência cardíaca, com uma média de idades de 55 anos. Verificaram que a IBE comparada com a DEXA, sobrestima a PMG em cerca de 0,8% (dp=1,96) [50]. Faria *et al.* avaliaram a composição corporal por IBE e por DEXA em 73 indivíduos obesos, com uma média de idades de 37 anos, com critérios para admissão para cirurgia bariátrica. Relativamente à PMG, contrariamente ao estudo anterior, obtiveram uma média discrepância entre os dois métodos (IBE-DEXA) de 1,61% (dp ≈3) [51], semelhante ao verificado no nosso estudo, onde encontramos uma média de discrepância, na mesma direção, de 1,36% (dp=3,83).

Existem alguns estudos de validação da DEXA. LaForgia *et al.* avaliaram a composição corporal, em 18 indivíduos, considerando um método de quatro compartimentos. A densidade corporal, água corporal total e massa mineral óssea foram avaliadas por pesagem hidrostática, deutério e DEXA respetivamente. A partir destes valores foi calculada a PMG. Verificaram não haver diferenças significativas entre as médias de PMG dos dois métodos. Os autores consideram que a DEXA pode apresentar dados descritivos razoáveis em estudos transversais mas é menos

robusto na precisão dos dados individuais [52]. Fuller *et al.* avaliaram a composição corporal, em 28 adultos saudáveis. A densidade corporal e o potássio corporal total foram medidos por pesagem hidrostática e por contagem da emissão de ^{40}K , respetivamente. A percentagem de massa gorda foi obtida através da densidade corporal e a massa muscular foi obtida através da área e volume medidos na avaliação antropométrica segmentar. Quando compararam estas medições com as da DEXA concluíram ser um método preciso para a avaliação da composição corporal, tendo como maior vantagem a avaliação segmentar [53]. Norcross *et al.* avaliaram a composição corporal, em 56 indivíduos considerando um modelo de 2 compartimentos. Avaliaram a densidade corporal por pesagem hidrostática e percentagem de massa gorda, calculada pela equação de Siri [54]. Consideraram também um modelo de 3 compartimentos e estimaram a densidade corporal, percentagem de massa gorda e conteúdo mineral ósseo. Quando comparada a média da percentagem de massa gorda entre estes dois métodos e DEXA, verificaram não haver diferenças significativas. No entanto revelaram que a DEXA tende representar valores mais elevados. Apesar disso concluíram que a DEXA é um método conveniente e preciso para a avaliação da composição corporal [55].

Apesar da medição da composição corporal por DEXA, alguns autores demonstram a preocupação relativamente à precisão de avaliação devido à densidade e hidratação dos tecidos. Wells *et al.* referem que a DEXA poderá ter limitações na avaliação corporal por existir um viés associado ao volume corporal e à espessura dos tecidos [56]. Knapp *et al.* referem que a precisão da DEXA diminui com o aumento do índice de massa corporal (IMC). A elevada espessura dos tecidos reduz a razão entre sinal emitido e o sinal recebido devido à maior dificuldade da passagem de fótons através dos tecidos. Por outro lado, existe também um aumento da heterogeneidade da composição dos tecidos moles [57].

Anderson *et al.* avaliaram a composição corporal por DEXA e por IBE através de dois aparelhos (*InBody 520* e *InBody 720*) em 50 indivíduos com uma média de idades de 27 anos. Verificaram haver uma correlação forte entre a DEXA e a IBE (*InBody 720*) quer para a massa isenta de gordura quer para a massa gorda. Nas mulheres, relativamente à massa gorda registaram uma correlação de 0,98. Concluíram que os dois aparelhos de IBE são estimadores válidos para a MIG e MG e podem ser utilizados em substituição da DEXA [42].

Estudando a evolução pós-cirúrgica, podemos concluir que houve uma perda significativa para a percentagem de massa gorda ao longo do tempo. Este resultado é expectável, havendo uma diminuição entre a pré-cirurgia e o 3º mês de cerca de 3,5% de PMG. Carey *et al.* avaliaram a evolução da massa gorda, PMG e massa isenta de gordura (obtidas a partir da pesagem hidrostática e equação de Siri [54]) em 19 doentes submetidos a cirurgia bariátrica. Destes doentes, 18 foram submetidos a bypass gástrico de *Roux-em-Y* e um a banda gástrica. Concluíram haver diferenças significativas na massa gorda e na massa isenta de gordura, com uma perda de 3,6% de PMG do pré-operatório ao 3º mês após a cirurgia [58]. Zalesin *et al.* avaliaram a composição corporal em 32 doentes submetidos a bypass gástrico de Roux-em-Y, por DEXA. Foram feitas duas medições, uma antes da cirurgia e outra cerca de cinco meses após. Obtiveram uma diferença significativa de PMG entre os dois momentos, de cerca de 8,6% [59]. Neves *et al.* avaliaram a evolução da composição corporal em 189 doentes submetidos a *bypass* gástrico de Roux-em-Y, verificando uma diminuição de cerca de 5% de PMG, 3 meses após a cirurgia [60].

Relativamente à densidade mineral óssea, comparando com os estudos previamente realizados [17, 31, 61], a amostra desta dissertação é consideravelmente pequena e o tempo de avaliação é curto. Verificou-se uma diminuição média de 1,04% da densidade mineral óssea, desde o primeiro momento, pré-cirurgia, até ao 3º mês pós-cirurgia. No entanto, esta diminuição não teve significado estatístico. Yu *et al.* avaliaram a DMO de 30 indivíduos que foram submetidos a *bypass* gástrico em quatro momentos, 6 meses antes da cirurgia e 6, 12 e 24 meses após a cirurgia. Concluíram a existência de uma perda significativa de 6% de DMO nos primeiros 12 meses [28, 62]. Carrasco *et al.* avaliaram a evolução da DMO em 43 mulheres, antes da cirurgia, 6 e 12 meses após, concluindo haver uma perda significativa da DMO de 3,5% um ano após a cirurgia [61]. Johnson *et al.* defendem haver uma diminuição da DMO no primeiro/segundo ano após *bypass* gástrico, com uma amostra de 230 indivíduos. Verificaram também haver uma perda de 4,53% de DMO na coluna lombar, após um ano [63].

O nosso estudo apresentou como principais limitações, o reduzido tamanho amostral, principalmente na avaliação da composição corporal ao longo dos três momentos.

Os resultados deste estudo levantaram algumas questões pertinentes. A DEXA obtém a massa corporal total, o peso, através da soma dos três compartimentos (conteúdo mineral ósseo, massa gorda e massa isenta de gordura e osso), não tendo uma balança incorporada. A balança do equipamento de bioimpedância utilizado no presente estudo foi devidamente calibrado. No entanto houve uma discrepância peso de 2,7% entre os dois métodos utilizados, havendo inclusivamente um caso de uma diferença de 5kg de um método para outro. Os indivíduos foram avaliados nas mesmas condições, no intervalo de tempo máximo de 60 minutos, tendo sido primeiramente avaliados por DEXA e de seguida por bioimpedância. O peso é a variável que apresenta valores mais surpreendentes tendo em conta que é de fácil medição, seria de esperar que fosse o parâmetro com menor discrepância entre os dois métodos. Até à data, não foram encontrados estudos que analisem esta componente, a literatura existente apenas estuda os restantes parâmetros da composição corporal. É necessária a realização de mais investigações para entender melhor a discrepância entre os dois métodos, principalmente relativamente ao peso.

Um outro aspeto a considerar relativamente à DEXA é o fato de esta assumir a estabilidade da hidratação do tecido isento de gordura [64-67]. Casos de hiper ou hipo-hidratação poderão influenciar a medição dos diferentes compartimentos, em particular, em doentes submetidos a cirurgia bariátrica, nestes casos o fator de hidratação pode também estar enviesado devido à acumulação excessiva de água no espaço extra-celular [68, 69]. Por esta razão poder constituir uma possível explicação para as discrepância encontradas para o peso decidimos, no final da recolha de dados, fazer uma experiência que revela resultados interessantes para uma possível investigação futura. Foi feita a avaliação corporal por DEXA a uma mulher nas condições descritas neste estudo e, de seguida, a avaliação foi repetida com uma garrafa de 1,5L localizada no tronco superior. O total de massa corporal obtido foi de 82,71kg (sem garrafa) e de 84,05kg (com garrafa), havendo um ganho de 1,34kg, sendo que o esperado seria 1,5kg. Verificamos que houve um aumento de 0,10kg de massa gorda, um aumento de 1,31kg de massa isenta de gordura e uma diminuição de 0,07kg de conteúdo mineral ósseo. Estes resultados poderão revelar que em situações clínicas em que haja uma influência no compartimento da água, poderemos ter erros de avaliação. Apesar de não se poderem retirar

conclusões relativamente a estes resultados, consideramos os mesmos interessantes e poderão ser a base de futuras investigações.

Conclusões

Os dois métodos de avaliação da composição corporal utilizados demonstraram ser diferentes. No caso do peso a DEXA subestima estes valores em todas mulheres estudadas. Nas mulheres com percentagem de massa perto de 30% os valores obtidos por bioimpedância são inferiores aos de DEXA. Nas mulheres com percentagem de massa gorda próxima de 50% as diferenças são menores (em módulo). Relativamente à massa isenta de gordura a dispersão de resultados é maior, superior a 5%. No conteúdo mineral ósseo foram encontradas as maiores discrepâncias obtendo-se valores de RMSD de 27,65%.

Para a amostra em estudo, não se verificou uma perda de densidade mineral óssea após a cirurgia bariátrica no período de tempo estudado. Verificou-se por outro lado uma diminuição do peso, da percentagem de massa gorda e da massa isenta de gordura e osso dos indivíduos da amostra.

Referências Bibliográficas

1. World Health Organisation. *Obesity and overweight*. Fact sheet N°311 2015 January 2015 June 2016]; Available from: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs311/en/>.
2. Rossner, S., Obesity: the disease of the twenty-first century. *Int. J. Obes. Relat. Metab. Disord.*, 2002. **26 Suppl 4**: p. S2-4.
3. Islam, N., Obesity: an epidemic of the 21st century. *J Pak Med Assoc*, 2005. **55(3)**: p. 118-23.
4. Wright, S.M. and L.J. Aronne, *Causes of obesity*. *Abdom. Imaging*, 2012. **37(5)**: p. 730-2.
5. Morris, M.J., et al., Why is obesity such a problem in the 21st century? The intersection of palatable food, cues and reward pathways, stress, and cognition. *Neurosci Biobehav Rev*, 2015. **58**: p. 36-45.
6. World Health Organization, Report of the commission on ending childhood obesity. 2016.
7. Kopelman, P., S.A. Jebb, and B. Butland, Executive summary: Foresight 'Tackling Obesities: Future Choices' project. *Obes Rev*, 2007. **8 Suppl 1**: p. vi-ix.
8. Dyson, P.A., The therapeutics of lifestyle management on obesity. *Diabetes Obes Metab*, 2010. **12(11)**: p. 941-6.
9. Maggard, M.A., et al., Meta-analysis: surgical treatment of obesity. *Ann Intern Med*, 2005. **142(7)**: p. 547-59.
10. Mamplekou, E., et al., Psychological condition and quality of life in patients with morbid obesity before and after surgical weight loss. *Obes Surg*, 2005. **15(8)**: p. 1177-84.
11. Arterburn, D.E. and A.P. Courcoulas, Bariatric surgery for obesity and metabolic conditions in adults. *BMJ*, 2014. **349**: p. g3961.
12. Biertho, L., et al., Laparoscopic gastric bypass versus laparoscopic adjustable gastric banding: a comparative study of 1,200 cases. *J. Am. Coll. Surg.*, 2003. **197(4)**: p. 536-44; discussion 544-5.

13. Weber, M., et al., Laparoscopic gastric bypass is superior to laparoscopic gastric banding for treatment of morbid obesity. *Ann. Surg.*, 2004. **240**(6): p. 975-82; discussion 982-3.
14. Puzziferri, N., et al., Variations of weight loss following gastric bypass and gastric band. *Ann. Surg.*, 2008. **248**(2): p. 233-42.
15. Lee, D.Y., et al., Outcomes of laparoscopic Roux-en-Y gastric bypass versus laparoscopic adjustable gastric banding in adolescents. *Obes. Surg.*, 2012. **22**(12): p. 1859-64.
16. Davies, S.W., et al., Twenty-first century weight loss: banding versus bypass. *Surg. Endosc.*, 2015. **29**(4): p. 947-54.
17. Uebelhart, B., Effects of bariatric surgery on bone. *Joint Bone Spine*, 2016. **83**(3): p. 271-5.
18. Buchwald, H., et al., Bariatric surgery: a systematic review and meta-analysis. *JAMA*, 2004. **292**(14): p. 1724-37.
19. Tice, J.A., et al., Gastric banding or bypass? A systematic review comparing the two most popular bariatric procedures. *Am J Med*, 2008. **121**(10): p. 885-93.
20. Chakravarty, P.D., et al., Comparison of laparoscopic adjustable gastric banding (LAGB) with other bariatric procedures; a systematic review of the randomised controlled trials. *Surgeon*, 2012. **10**(3): p. 172-82.
21. Brzozowska, M.M., et al., Bariatric surgery, bone loss, obesity and possible mechanisms. *Obes Rev*, 2013. **14**(1): p. 52-67.
22. Albaugh, V.L., et al., Recent advances in metabolic and bariatric surgery. *F1000Res*, 2016. **5**.
23. Smith, C.D., et al., Gastric acid secretion and vitamin B12 absorption after vertical Roux-en-Y gastric bypass for morbid obesity. *Ann. Surg.*, 1993. **218**(1): p. 91-6.
24. Hatizifotis, M., et al., Symptomatic vitamin A deficiency following biliopancreatic diversion. *Obes. Surg.*, 2003. **13**(4): p. 655-7.
25. Slater, G.H., et al., Serum fat-soluble vitamin deficiency and abnormal calcium metabolism after malabsorptive bariatric surgery. *J. Gastrointest. Surg.*, 2004. **8**(1): p. 48-55; discussion 54-5.

26. Khanbhai, M., et al., The prevalence of iron deficiency anaemia in patients undergoing bariatric surgery. *Obes Res Clin Pract*, 2015. **9**(1): p. 45-9.
27. Mason, M.E., H. Jalagani, and A.I. Vinik, Metabolic complications of bariatric surgery: diagnosis and management issues. *Gastroenterol. Clin. North Am.*, 2005. **34**(1): p. 25-33.
28. Yu, E.W., et al., Bone loss after bariatric surgery: discordant results between DXA and QCT bone density. *J Bone Miner Res*, 2014. **29**(3): p. 542-50.
29. Schafer, A.L., et al., Intestinal Calcium Absorption Decreases Dramatically After Gastric Bypass Surgery Despite Optimization of Vitamin D Status. *J Bone Miner Res*, 2015. **30**(8): p. 1377-85.
30. Sakhaee, K., J. Poindexter, and C. Aguirre, The effects of bariatric surgery on bone and nephrolithiasis. *Bone*, 2016. **84**: p. 1-8.
31. Lu, C.W., et al., Fracture Risk After Bariatric Surgery: A 12-Year Nationwide Cohort Study. *Medicine (Baltimore)*, 2015. **94**(48): p. e2087.
32. Clarke, B., Normal bone anatomy and physiology. *Clin. J. Am. Soc. Nephrol.*, 2008. **3 Suppl 3**: p. S131-9.
33. Coates, P.S., et al., Gastric bypass surgery for morbid obesity leads to an increase in bone turnover and a decrease in bone mass. *J. Clin. Endocrinol. Metab.*, 2004. **89**(3): p. 1061-5.
34. Vilarrasa, N., et al., Evaluation of bone mineral density loss in morbidly obese women after gastric bypass: 3-year follow-up. *Obes. Surg.*, 2011. **21**(4): p. 465-72.
35. Hamoui, N., et al., The significance of elevated levels of parathyroid hormone in patients with morbid obesity before and after bariatric surgery. *Arch. Surg.*, 2003. **138**(8): p. 891-7.
36. Cummings, D.E., et al., Plasma ghrelin levels after diet-induced weight loss or gastric bypass surgery. *N. Engl. J. Med.*, 2002. **346**(21): p. 1623-30.
37. Karamanakos, S.N., et al., Weight loss, appetite suppression, and changes in fasting and postprandial ghrelin and peptide-YY levels after Roux-en-Y gastric bypass and sleeve gastrectomy: a prospective, double blind study. *Ann. Surg.*, 2008. **247**(3): p. 401-7.

38. Bazzocchi, A., et al., DXA: Technical aspects and application. *Eur J Radiol*, 2016. **85**(8): p. 1481-92.
39. Stewart, A.D., Kinanthropometry and body composition: a natural home for three-dimensional photonic scanning. *J Sports Sci*, 2010. **28**(5): p. 455-7.
40. Santos, D.A., et al., Accuracy of DXA in estimating body composition changes in elite athletes using a four compartment model as the reference method. *Nutr Metab (Lond)*, 2010. **7**: p. 22.
41. Watts, N.B., Fundamentals and pitfalls of bone densitometry using dual-energy X-ray absorptiometry (DXA). *Osteoporos Int*, 2004. **15**(11): p. 847-54.
42. Anderson, L.J., D.N. Erceg, and E.T. Schroeder, Utility of multifrequency bioelectrical impedance compared with dual-energy x-ray absorptiometry for assessment of total and regional body composition varies between men and women. *Nutr Res*, 2012. **32**(7): p. 479-85.
43. Esco, M.R., et al., Comparison of total and segmental body composition using DXA and multifrequency bioimpedance in collegiate female athletes. *J Strength Cond Res*, 2015. **29**(4): p. 918-25.
44. Tataranni, P.A. and E. Ravussin, Use of dual-energy X-ray absorptiometry in obese individuals. *Am J Clin Nutr*, 1995. **62**(4): p. 730-4.
45. Rothney, M.P., et al., Body composition measured by dual-energy X-ray absorptiometry half-body scans in obese adults. *Obesity (Silver Spring)*, 2009. **17**(6): p. 1281-6.
46. Biospace Co., L., *InBody 720 User's Manual*. 2004.
47. Nana, A., et al., Methodology review: using dual-energy X-ray absorptiometry (DXA) for the assessment of body composition in athletes and active people. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*, 2015. **25**(2): p. 198-215.
48. Cohen, J., *The Analysis of Variance*. Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences. 1988, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates Publishers.
49. Widen, E.M., et al., Validity of bioelectrical impedance analysis for measuring changes in body water and percent fat after bariatric surgery. *Obes Surg*, 2014. **24**(6): p. 847-54.

50. Alves, F.D., et al., Comparison of two bioelectrical impedance devices and dual-energy X-ray absorptiometry to evaluate body composition in heart failure. *J Hum Nutr Diet*, 2014. **27**(6): p. 632-8.
51. Faria, S.L., et al., Validation study of multi-frequency bioelectrical impedance with dual-energy X-ray absorptiometry among obese patients. *Obes Surg*, 2014. **24**(9): p. 1476-80.
52. LaForgia, J., et al., Validation of DXA body composition estimates in obese men and women. *Obesity (Silver Spring)*, 2009. **17**(4): p. 821-6.
53. Fuller, N.J., M.A. Laskey, and M. Elia, Assessment of the composition of major body regions by dual-energy X-ray absorptiometry (DEXA), with special reference to limb muscle mass. *Clin Physiol*, 1992. **12**(3): p. 253-66.
54. Siri, W.E., Body composition from fluid spaces and density: analysis of methods. 1961. *Nutrition*, 1993. **9**(5): p. 480-91; discussion 480, 492.
55. Norcross, J. and M.D. Van Loan, Validation of fan beam dual energy x ray absorptiometry for body composition assessment in adults aged 18-45 years. *Br J Sports Med*, 2004. **38**(4): p. 472-6.
56. Wells, J.C., et al., Evaluation of DXA against the four-component model of body composition in obese children and adolescents aged 5-21 years. *Int J Obes (Lond)*, 2010. **34**(4): p. 649-55.
57. Knapp, K.M., et al., Obesity increases precision errors in dual-energy X-ray absorptiometry measurements. *J. Clin. Densitom.*, 2012. **15**(3): p. 315-9.
58. Carey, D.G., et al., Body composition and metabolic changes following bariatric surgery: effects on fat mass, lean mass and basal metabolic rate. *Obes Surg*, 2006. **16**(4): p. 469-77.
59. Zalesin, K.C., et al., Differential loss of fat and lean mass in the morbidly obese after bariatric surgery. *Metab Syndr Relat Disord*, 2010. **8**(1): p. 15-20.
60. Neves, O., B. Oliveira, and M.F. Correia, *Evolução da composição corporal e indicadores de anemia de doentes obesos submetidos a cirurgia bariátrica*. 2015.
61. Carrasco, F., et al., Changes in bone mineral density after sleeve gastrectomy or gastric bypass: relationships with variations in vitamin D, ghrelin, and adiponectin levels. *Obes Surg*, 2014. **24**(6): p. 877-84.

62. Yu, E.W., et al., Two-year changes in bone density after Roux-en-Y gastric bypass surgery. *J Clin Endocrinol Metab*, 2015. **100**(4): p. 1452-9.
63. Johnson, J.M., et al., Effects of gastric bypass procedures on bone mineral density, calcium, parathyroid hormone, and vitamin D. *J Gastrointest Surg*, 2005. **9**(8): p. 1106-10; discussion 1110-1.
64. Wang, Z., et al., Hydration of fat-free body mass: new physiological modeling approach. *Am. J. Physiol.*, 1999. **276**(6 Pt 1): p. E995-E1003.
65. Testolin, C.G., et al., Dual-energy X-ray absorptiometry: analysis of pediatric fat estimate errors due to tissue hydration effects. *J Appl Physiol (1985)*, 2000. **89**(6): p. 2365-72.
66. St-Onge, M.P., et al., Dual-energy X-ray absorptiometry lean soft tissue hydration: independent contributions of intra- and extracellular water. *Am. J. Physiol. Endocrinol. Metab.*, 2004. **287**(5): p. E842-7.
67. Andreoli, A., et al., Body composition assessment by dual-energy X-ray absorptiometry (DXA). *Radiol Med*, 2009. **114**(2): p. 286-300.
68. Waki, M., et al., Relative expansion of extracellular fluid in obese vs. nonobese women. *Am J Physiol*, 1991. **261**(2 Pt 1): p. E199-203.
69. Mazariegos, M., et al., Body composition and surgical treatment of obesity. Effects of weight loss on fluid distribution. *Ann Surg*, 1992. **216**(1): p. 69-73.

Avaliação da composição corporal e da densidade mineral óssea por dois métodos
Madalena Simão Ramalho Ortigão

FACULDADE DE CIÊNCIAS DA NUTRIÇÃO E ALIMENTAÇÃO

