

A ultrassonografia enquanto método para caracterização do tecido adiposo abdominal

Ricardo Teresa Ribeiro^{1,2}, Daniel Leitão³, Luís Dinis⁴, Aida Ferreira^{1,2,5}

1. Unidade de Ensino e Investigação em Fisiologia, Imagem Médica e Terapia, Escola Superior de Tecnologia da Saúde de Lisboa, Instituto Politécnico de Lisboa. Lisboa, Portugal. aida.ferreira@estesl.ipl.pt
2. H&TRC – Centro de Investigação em Saúde e Tecnologia. ESTeSL – Escola Superior de Tecnologia da Saúde, Instituto Politécnico de Lisboa. Lisboa, Portugal.
3. Cuf Infante Santo Hospital. Lisboa, Portugal.
4. Hospital do SAMS. Lisboa, Portugal.
5. Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias. Lisboa, Portugal.

RESUMO: Objetivo – Comparar a espessura do tecido adiposo subcutâneo, pré-peritoneal e visceral medida por ultrassonografia (US) e relacioná-la com o valor do Índice de Massa Corporal (IMC). **Métodos** – Duzentos e dezoito voluntários (177 do género feminino e 41 do masculino, entre os 18 e os 33 anos de idade e IMC entre 20,03 e 37,27kg/m²) foram submetidos a uma avaliação antropométrica (peso, altura, perímetro abdominal e questões sobre o estilo de vida) e a uma ultrassonografia abdominal. **Resultados** – A US permitiu quantificar e classificar de forma objetiva e reprodutível o tecido adiposo subcutâneo, pré-peritoneal e visceral, para $p < 0,01$. A correlação de Pearson (com $p < 0,01$) não evidenciou variabilidade interobservador nas medições por US do tecido adiposo subcutâneo ($r = 0,9871$), pré-peritoneal ($r = 0,9003$) e visceral ($r = 0,9407$). Identificou-se uma correlação linear forte entre o IMC com o tecido adiposo subcutâneo ($r = 0,64$) e uma correlação moderada com o pré-peritoneal ($r = 0,56$). Verificou-se que a US consegue classificar o género (masculino/feminino) com base nas espessuras do tecido adiposo intra-abdominal, perímetro abdominal e IMC com uma exatidão total de 86,69%. **Conclusões** – A US demonstra ser um método objetivo e capaz na caracterização e diferenciação do tecido adiposo intra-abdominal. A utilização combinada de dados demográficos (excepto peso e altura) e US permite uma correta estimativa do IMC. Estudos futuros são necessários para se perceber a utilidade das *frameworks* de *Deep Learning* na deteção automática dos diferentes tipos de tecido adiposo abdominal, garantindo assim a possibilidade de a US se tornar um método preventivo e rápido para avaliação da obesidade.

Palavras-chave: Ultrassonografia; Obesidade; Índice de massa corporal; Tecido adiposo subcutâneo.

Ultrasonography as a method of characterizing abdominal fat tissue

ABSTRACT: Aim of the study – To compare the thickness of subcutaneous, preperitoneal and visceral adipose tissue measured by ultrasonography (US) and relate them to the value of Body Mass Index (BMI). **Methods** – Weight, height and the abdominal perimeter were determined in 218 volunteers (177 females and 41 males, aged between 18 and 33 years, with a body mass index between 20.03 and 37.27kg/m²), later submitted to abdominal ultrasonography. Further, four lifestyle questions were answered by the volunteers. **Results** – The US allowed to quantify and classify objectively and reproducibly subcutaneous adipose tissue, preperitoneal and visceral, for $p < 0.01$. Pearson's correlation ($p < 0.01$) did not show inter-observer variability in US measurements of subcutaneous adipose tissue ($r = 0.9871$), preperitoneal ($r = 0.9003$), and visceral ($r = 0.9407$). A strong linear correlation between BMI with subcutaneous adipose tissue ($r = 0.64$) and with preperitoneal ($r = 0.56$) was identified. It was verified that the US can classify the genus based on the thickness of the intra-abdominal adipose tissue, abdominal perimeter and BMI with a total accuracy of 86.69%. **Conclusions** – US shows to be an objective and capable method in the characterization and differentiation of intra-abdominal adipose tissue. The combined use of biometric (except weight and height) and US data allows a correct estimation of BMI. Future studies are

needed to understand the usefulness of the Deep Learning frameworks in the automatic detection of different types of abdominal adipose tissue, thus guaranteeing the possibility of the US becoming a quick and preventive method for assessing obesity.

Keywords: Ultrasonography; Obesity; Body Mass Index; Subcutaneous adipose tissue.

Introdução

A obesidade é um problema que afeta grande parte da população mundial, estando associada a riscos para a saúde, nomeadamente doenças cardiovasculares¹⁻². A literatura também refere que a obesidade aumenta em nove vezes o risco de morte por doença cardiovascular (DCV)³. Efetivamente, existe uma correlação entre o aumento do risco de desenvolver DCV e a quantidade de tecido adiposo intra-abdominal⁴⁻⁵. Torna-se crítico garantir que a quantificação dos diferentes tipos de tecido adiposo intra-abdominal (subcutâneo, pré-peritoneal e visceral) é efetuada da forma mais objetiva e reprodutível possível⁶⁻⁸.

Os diferentes métodos para a quantificação do tecido adiposo intra-abdominal podem ser organizados em dois grandes grupos: a medição baseada em métodos de imagem médica [onde se enquadram a tomografia computadorizada (TC), a ressonância magnética (RM) ou a ultrassonografia (US)]; e a medição baseada em métodos métricos de avaliação corporal (no qual se enquadram o IMC, o perímetro abdominal ou *ratio* do perímetro cintura-anca, entre outros)⁷⁻¹³. Os métodos presentes no grupo de avaliação corporal são pouco precisos na diferenciação dos diferentes tipos de tecido adiposo¹⁴.

No que concerne aos métodos baseados em imagem médica, a TC e a RM são métodos muito precisos, na medida em que permitem uma adequada diferenciação entre os vários tipos de tecido adiposo, possuem uma melhor resolução espacial, possibilitam efetuar reconstruções de pós-processamento, bem como medições tridimensionais do abdómen sem sobreposição de estruturas. Outro fator que favorece a avaliação do tecido adiposo intra-abdominal pela TC e RM é o facto de não dependerem da experiência do operador para identificar as estruturas durante o exame, assim como não sofrem influência da pressão do transdutor sobre o abdómen durante a obtenção das medidas¹⁵. No entanto, apresentam características que inviabilizam a sua utilização como método preventivo e rápido, uma vez que apresentam um elevado custo, a TC recorre a radiação ionizante e a RM é de difícil acessibilidade¹⁴.

A US é, por outro lado, uma modalidade de imagem com potencialidade de ser a mais usada na diferenciação entre os vários tipos de tecido adiposo. A primeira referência encontrada, datada de 1987, descreve o trabalho dos autores Black e colaboradores, demonstrando que a US era um método mais preciso e objetivo que o realizado através da medição de pregas cutâneas¹⁶.

Outros estudos comprovaram que a US é um método equivalente à TC na identificação do tecido adiposo intra-abdominal¹⁷. Na mesma linha, a TC e a US são idênticas na avaliação do tecido adiposo intra-abdominal, sendo a US

mais vantajosa devido ao seu custo, acessibilidade e ausência de radiação ionizante, logo, não invasiva¹⁸. A US é o melhor método alternativo à TC (considerado o método *gold standard*) na medição do tecido adiposo intra-abdominal em mulheres obesas e, quando combinada com as medições antropométricas, tem um valor diagnóstico mais relevante¹⁹.

Perante estes factos, optou-se pela utilização da US dado que, de acordo com a bibliografia consultada, é a melhor alternativa face ao método *gold standard*, a TC¹⁸, e apresenta as características pretendidas, ou seja, é barata, de fácil acesso e inócua.

O objetivo do presente trabalho foi analisar a relação entre a espessura do tecido adiposo subcutâneo, pré-peritoneal e visceral medida por ultrassonografia (US) e o índice de massa corporal (IMC).

Para atingir esse objetivo traçaram-se as seguintes etapas: quantificar e caracterizar o tecido adiposo subcutâneo, pré-peritoneal e visceral no abdómen por US; identificar possíveis relações entre as medidas de tecido adiposo subcutâneo, pré-peritoneal e visceral por US, com o valor de IMC e perímetro abdominal; avaliar o grau de variabilidade interobservador nas medições do tecido adiposo intra-abdominal por US e, por último, classificar o tecido adiposo intra-abdominal e dados demográficos por género masculino/feminino.

Métodos

Trata-se de um estudo do tipo descritivo-exploratório, já que visa analisar e relacionar os valores obtidos das diferentes espessuras de tecido adiposo por US com o IMC e consequente risco de doenças cardiovasculares²⁰.

A população em estudo corresponde a todos os estudantes da Escola Superior de Tecnologia de Saúde de Lisboa (ESTeSL), tendo sido recolhida uma amostra de 218 voluntários através de uma técnica de amostragem por conveniência, após consentimento informado. Todos os dados recolhidos foram tratados de forma anónima e confidencial.

Todos os indivíduos pertencentes à população foram convocados diretamente, através de uma abordagem pessoal ou por meio eletrónico (*e-mail*), após autorização da presidência da ESTeSL, no período de cinco semanas compreendido entre os meses de fevereiro e junho de 2012.

Foram avaliados 177 estudantes do sexo feminino e 41 do sexo masculino, selecionados aleatoriamente, com idades entre 18 e 33 anos e IMC entre 20,03 e 37,27kg/m².

Após assinar o consentimento informado e compreender o contexto da investigação, cada voluntário foi submetido a um breve questionário sobre os seus estilos de vida e foram recolhidas medidas antropométricas, imediatamente antes da aquisição das imagens US. Os dados foram recolhidos por ambos os investigadores de forma independente.

Para a recolha das medidas antropométricas pediu-se aos voluntários que ficassem apenas com roupas leves, sem sapatos e em ortostatismo, efetuando-se de seguida a medição de:

1. Pesagem corporal com o recurso a uma balança digital de coluna SECA® 701 com aproximação de 0,1kg;
2. Altura com o recurso a um estadiómetro acoplado à balança com aproximação de 0,1mm;
3. Perímetro abdominal com aproximação de 0,1mm, utilizando-se para tal uma fita plástica não elástica de 0,7cm de largura – o valor do perímetro abdominal foi considerado a menor medida horizontal entre a última costela e as cristas ilíacas, estando o indivíduo em ortostatismo²¹.
4. O cálculo do IMC foi obtido dividindo o peso pelo quadrado da altura:

$$\text{IMC} = \text{peso}/(\text{altura})^2$$

Foram também recolhidas as seguintes questões relativas ao seu estilo de vida (com decisões binárias do tipo Sim/Não):

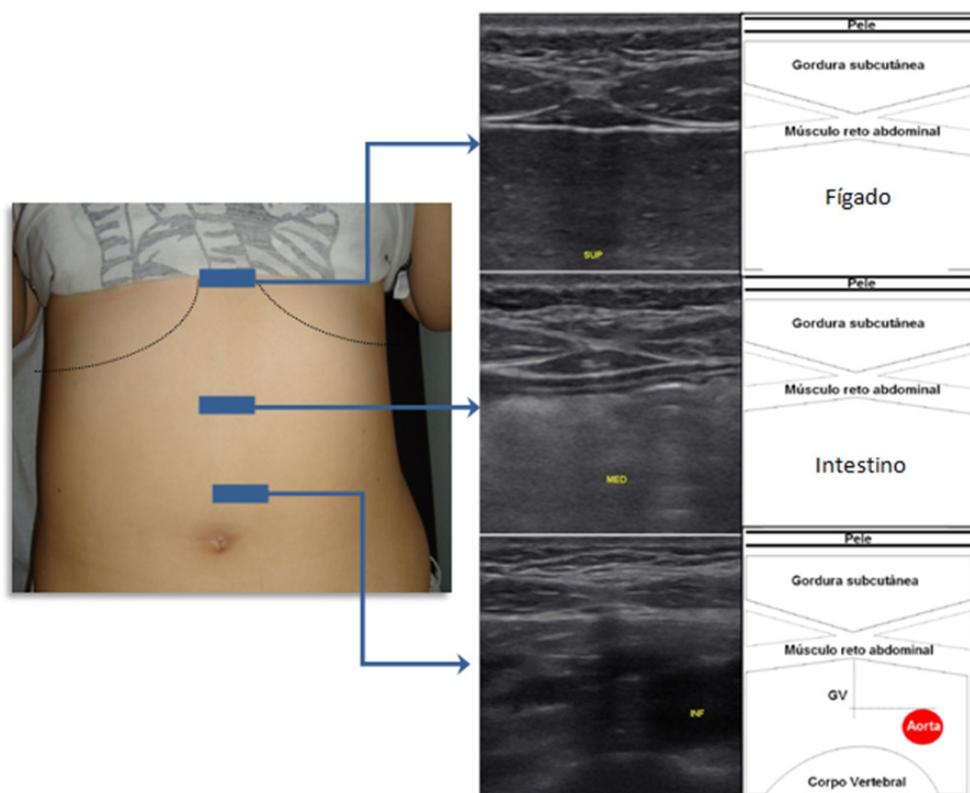
1. Consumo regular de álcool;
2. Considera-se saudável;
3. Hábitos tabágicos;
4. Prática de atividade física regular.

A inclusão destas variáveis está intimamente relacionada com a predisposição ao desenvolvimento de obesidade e, conseqüentemente, ao risco de desenvolver doenças cardiopulmonares^{13,21}.

Por cada voluntário, dois observadores adquiriram seis imagens de US no ecógrafo MindRay M5 com um transdutor linear multifrequências presente na ESTeSL. De forma a uniformizar o protocolo de aquisição utilizou-se uma frequência fundamental de 10 MHz, uma profundidade média de 6cm para todas as imagens e dois focos posicionados a meio da profundidade selecionada (correspondente à zona de interesse). O ganho geral foi adaptado ao biótipo de cada voluntário e foi utilizada a técnica de *spatial compound imaging* para eliminação do ruído *speckle*.

Cada observador adquiriu duas imagens transversais em três regiões distintas do abdómen, ao longo da linha branca, tendo por base o protocolo para o estudo do tecido adiposo visceral, pré-peritoneal e subcutâneo¹⁹ (cf. Figura 1). Realizou-se o seguinte protocolo com o voluntário em decúbito dorsal:

1. Iniciou-se o estudo com o transdutor transversal imediatamente abaixo do apêndice xifóide, sendo visível o lobo esquerdo do fígado, imediatamente abaixo da região em estudo;



Adaptado de: Valéria SG. Avaliação ultrassonográfica da gordura visceral em participantes do Projecto "Atividade Física Na Vila": ênfase na correlação com os factores de risco cardiometabólicos [dissertation]. Rio de Janeiro: Centro Biomédico da Faculdade de Ciências Médicas; 2009.

Figura 1. Esquema que ilustra a localização do transdutor no abdómen (à esquerda) com a respetiva imagem «tipo» à direita, juntamente com um esquema que descreve as imagens de forma sucinta.

2. Posteriormente colocou-se o transdutor 5cm abaixo do apêndice xifoide onde são visíveis as ansas intestinais, imediatamente posterior à região em estudo;
3. Finalizou-se o protocolo colocando o transdutor na região umbilical com ligeiro varrimento para a esquerda da linha branca para se visualizar a aorta abdominal posteriormente à região em estudo.

De forma a estudar a variabilidade interobservador do método em estudo, cada observador adquiriu duas imagens por cada região do abdômen no mesmo voluntário.

Depois de adquiridas as imagens US procedeu-se à medição dos diferentes tipos de tecido adiposo, de acordo com a seguinte metodologia:

- O tecido adiposo subcutâneo foi medido no seu eixo ântero-posterior, correspondente à distância entre a parede posterior da derme e a parede anterior da linha branca^{19,22};
- O tecido adiposo pré-peritoneal foi medido no seu eixo ântero-posterior, correspondente à distância entre a parede posterior da linha branca até ao folheto parietal do peritôneu²²;
- O tecido adiposo visceral foi medido no seu eixo ântero-posterior que corresponde à distância entre a parede posterior da linha branca até uma linha perpendicular que é traçada na parede anterior da artéria aorta¹⁹.

Estas medições foram efetuadas de forma independente por cada observador e foram realizadas com recurso à opção de medição disponível no equipamento de US. As espessuras do tecido adiposo subcutâneo e pré-peritoneal foram realizadas nas três regiões em estudo e a espessura do tecido adiposo visceral foi medida apenas na região umbilical.

Os dados recolhidos foram tratados através de testes paramétricos para determinar se existia uma diferença significativa entre as medições efetuadas pelos dois observadores. Para avaliar a objetividade do método e variabilidade interobservador foi utilizada a correlação de Pearson e o coeficiente de correlação intraclasse (ICC) para analisar as variações entre as medições efetuadas pelos dois observadores ($p=0,01$).

De forma a estudar e classificar a distribuição de gordura e restantes variáveis demográficas por género foi utilizada uma função discriminativa (função de Fisher).

A correlação de Pearson foi usada para estudar possíveis relações entre os tipos de tecido adiposo intra-abdominal medidos por US e as variáveis idade, peso, altura, perímetro abdominal e o IMC.

Para determinar os possíveis efeitos de cada variável independente medida por US (espessura superior, média e inferior do tecido adiposo pré-peritoneal e sub-cutâneo e espessura do tecido adiposo visceral) em relação à variável dependente (IMC) foi utilizada uma regressão linear múltipla, pelo método *stepwise* ($p=0,01$).

Por último, com a função discriminante de Fisher procurou-se classificar os participantes por género (masculino/feminino) e caracterizar as diferenças entre estes, através

do cálculo dos coeficientes das variáveis medidas (tecido adiposo intra-abdominal, perímetro abdominal e IMC).

Toda a análise estatística foi realizada usando o MATLAB[®] 2011a.

Resultados

Foram observados 218 voluntários com uma média de idades de 20 anos \pm 18 meses, 1,66 \pm 0,08 metro de altura, peso médio de 60,80 \pm 11,70 kg, perímetro abdominal de 77,60 \pm 9,19 cm e IMC de 22 \pm 3,39 kg/m² (cf. Tabela 1).

Tabela 1. Análise demográfica da amostra utilizada no estudo

Características	Média	Desvio-Padrão
Altura (m)	1,659	+/-0,080
IMC (Kg/m ²)	22,005	+/-3,395
Idade (anos)	20,422	+/-1,767
Perímetro abdominal (cm)	77,603	+/-9,185
Peso (Kg)	60,798	+/-11,703

Relativamente aos comportamentos que tomam e estilo de vida, 91,28% (199) dos voluntários dizem não ter hábitos etanólicos, 81,65% (178) dizem não ter hábitos tabágicos, 66,06% (144) dizem não fazer atividade física frequentemente e 89,45% (195) dizem sentir-se saudáveis (cf. Tabela 2).

Tabela 2. Caracterização dos 218 voluntários estudados relativamente aos seus estilos de vida

Questões	Freq.	%
Hábitos etanólicos		
Sim	19	8,72
Não	199	91,28
Tabagismo		
Sim	40	18,35
Não	178	81,65
Saudável		
Sim	195	89,45
Não	23	10,55
Atividade física		
Sim	74	33,94
Não	144	66,06

Na Tabela 3 estão expressas as médias e desvio-padrão das medições dos diferentes tipos de tecido adiposo intra-abdominal realizadas pelos dois observadores. A Figura 2 ilustra o diagrama de extremos e quartis das referidas medições. Todas as medições foram obtidas em centímetros.

Através da análise univariada observou-se não existir variações interobservador entre as medidas dos tecidos subcutâ-

Tabela 3. Resultados da média e desvio-padrão das medições (cm) dos diferentes tipos de tecido adiposo intra-abdominal efetuadas pelos dois observadores

	Média	Desvio-Padrão
Pré-peritoneal		
Superior	0,828	0,374
Médio	0,507	0,289
Inferior	0,595	0,254
Subcutânea		
Superior	0,884	0,420
Médio	1,078	0,488
Inferior	1,145	0,556
Visceral		
Inferior	1,220	0,616

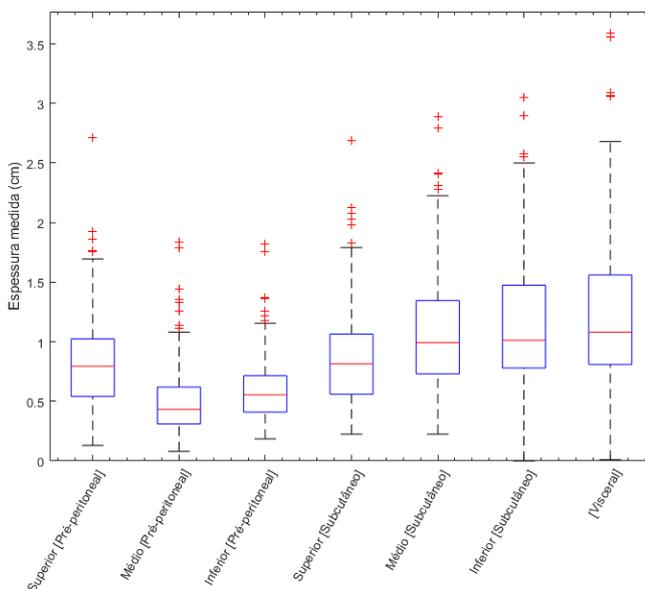
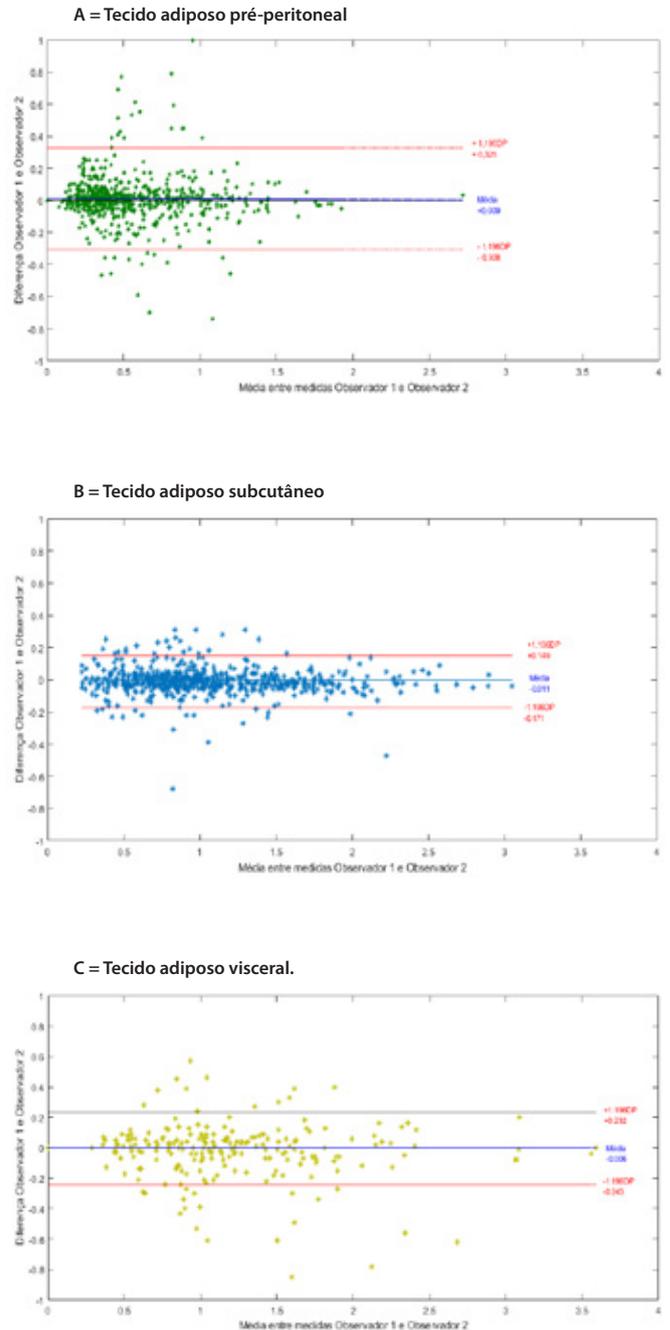


Figura 2. Diagrama de extremos e quartis da espessura do tecido adiposo abdominal [(pré-peritoneal, subcutâneo, Visceral) medidos por US nos diferentes pontos abdominais definidos (superior, médio e inferior)].

neos, pré-peritoneal e visceral ($p > 0,01$). No entanto, existem variações estatisticamente significativas nas medições do tecido adiposo pré-peritoneal na região inferior do abdômen.

O estudo da reprodutibilidade do método através da variação interobservador encontra-se representado na Figura 3. Verificou-se uma correlação muito forte ($r > 0,90$) entre os observadores, para um nível de significância estatís-



Legenda: A = Tecido adiposo pré-peritoneal; B = Tecido adiposo subcutâneo; C = Tecido adiposo visceral.

Figura 3. Diagrama de dispersão Bland-Altman (diferença entre observadores) para os diferentes tipos de tecido adiposo medidos por US.

tica de $p < 0,01$ (cf. Tabela 4). No tecido adiposo pré-peritoneal obteve-se um ICC de 0,900 ($p < 0,01$), no tecido adiposo subcutâneo um ICC de 0,986 ($p < 0,01$) e no tecido adiposo visceral um ICC de 0,939 ($p < 0,01$).

Tabela 4. Resultados da correlação de Pearson ($p < 0,01$) referente à reprodutibilidade das medições interobservadores

Medições	r
Tecido adiposo subcutâneo	
Superior	0,9839
Média	0,9801
Inferior	0,9929
Total	0,9871
Tecido adiposo pré-peritoneal	
Superior	0,9014
Média	0,8725
Inferior	0,3538
Total	0,9003
Tecido adiposo visceral	
Inferior	0,9407
Total	0,9407

Na Tabela 5 encontram-se demonstradas as médias das espessuras dos tecidos intra-abdominais (cm) e os valores médios do perímetro abdominal e do IMC por género. As diferenças verificadas entre os géneros feminino e masculino demonstraram ser estatisticamente significativas ($p < 0,01$). De forma a classificar os valores das variáveis por géneros masculino ou feminino utilizou-se a função discriminante de Fisher. Para esta classificação foram consideradas as espessuras dos

Tabela 5. Médias das medições (cm) dos diferentes tipos de tecido adiposo intra-abdominal; valores médios do perímetro abdominal e IMC por género

	Feminino	Masculino
Tipos de tecido adiposo intra-abdominal		
Subcutâneo	1,05	1,01
Pré-peritoneal	0,54	0,70
Visceral	1,14	1,54
Perímetro abdominal	75,92	84,87
IMC	21,77	23,03

tecidos adiposos intra-abdominais, o perímetro abdominal e o IMC. A função de Fisher demonstrou haver uma afinidade de 94,91% para a classificação do género feminino e 51,21% para o género masculino (cf. Tabela 6).

Tabela 6. Resultados da função discriminante de Fisher relativos à classificação das variáveis por género

Feminino	Masculino	Exatidão Total
94,91%	51,21%	86,69%
168/177	21/41	

Verificou-se, através da correlação de Pearson, a existência de uma correlação forte entre os valores das espessuras do tecido adiposo subcutâneo ($r = 0,64$) e menos evidente para o tecido pré-peritoneal ($r = 0,56$) com o IMC ($p < 0,01$), como se pode observar na Tabela 7.

Tabela 7. Resultados da correlação de Pearson para averiguar a existência de alguma correlação entre as medições do tecido adiposo intra-abdominal e as variáveis em questão

Médias das medições do tecido adiposo (mm)	Visceral	Pré-peritoneal	Subcutânea
Idade	0,09	0,16	0,12
Altura	0,08	0,08	-0,05
Peso	0,15	0,50	0,49
Perímetro abdominal	0,14	0,50	0,56
IMC	0,13	0,56	0,64

Na Tabela 8 são apresentados os resultados da análise de regressão linear múltipla, onde se verifica que das sete variáveis independentes incluídas na análise apenas três (espessura superior e média do tecido adiposo pré-peritoneal e espessura média do tecido subcutâneo) são preditores do IMC ($R^2 = 0,672$, $p < 0,01$). A Figura 4 ilustra a relação entre o IMC calculado teoricamente (através do peso e altura) e o IMC estimado através do modelo das três variáveis anteriormente descritas. Observou-se um erro médio de 2,19Kg/m² na estimativa realizada.

Tabela 8. Resultados do modelo de regressão linear múltipla (método stepwise) para o IMC ($R^2=0,672$)

	Coeficientes	Erro Padrão	t	valor p	IC (95%)	
					LI	LS
Contante	2,898	1,210	2,395	<0,01		
Espessura superior tecido pré-peritoneal	0,211	0,018	11,831	<0,01	0,162	0,262
Espessura média tecido pré-peritoneal	1,577	0,544	2,897	<0,01	0,032	3,172
Espessura superior tecido subcutâneo	1,770	0,341	5,192	<0,01	0,987	2,671

Legendas: IC = Intervalo de confiança; LI = Limite inferior; LS = Limite superior.

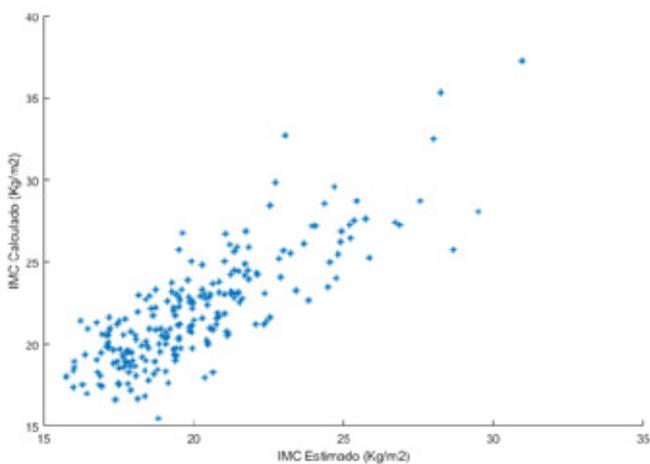


Figura 4. Regressão entre o IMC estimado e o IMC calculado com base no peso e altura.

Discussão

De acordo com os resultados obtidos verificou-se que a US é um bom método para quantificar e caracterizar o tecido adiposo subcutâneo, pré-peritoneal e visceral, indo de encontro aos resultados observados na bibliografia consultada.

Igualmente é possível referir que a US é um método objetivo, já que não se observaram diferenças estatisticamente significativas entre os dois observadores ($p < 0,01$) e os seus resultados estão fortemente correlacionados.

Segundo a bibliografia consultada, a US demonstrou ser um método útil para a avaliação da distribuição do tecido adiposo intra-abdominal^{17,23-25}. Esta afirmação foi comprovada pelos resultados do presente estudo; tendo por base as três regiões abdominais estudadas observou-se que não existe variabilidade interobservador para todas as medições nas regiões superior e média. Contudo, observaram-se

algumas diferenças estatisticamente significativas, entre os observadores, na medição do tecido pré-peritoneal na região inferior (região umbilical).

Estas diferenças podem ser explicadas por fatores intrínsecos ao protocolo utilizado (e.g., a pressão exercida com o transdutor e a sua perpendicularidade à pele) ou fatores extrínsecos (e.g., a distribuição não uniforme deste tipo de tecido adiposo no abdômen)²⁶⁻²⁷.

No que diz respeito à diferenciação por género dos voluntários obteve-se, através da função discriminante, uma exatidão de 86,69%. As diferentes espessuras dos vários tipos de tecido adiposo intra-abdominal, o perímetro abdominal e o IMC são as variáveis que permitiram chegar a este resultado. Os resultados da classificação obtidos por classe, feminino e masculino, demonstram uma afinidade de 94,91% (16/177) e de 51,21% (21/41), respetivamente. Estes resultados demonstram que existem diferenças na distribuição da gordura entre géneros e que a US permite a identificação dessas variações. O baixo valor obtido para o género masculino pode estar relacionado com uma menor afluência dos voluntários deste género (41 dos 218 voluntários).

A literatura refere que a US é um método com uma boa reprodutibilidade e mostra que é capaz de medir as diferentes espessuras do tecido adiposo intra-abdominal²⁸. No presente estudo, este facto foi não só confirmado como também permitiu classificar e quantificar os vários tipos de tecido adiposo intra-abdominal presentes no abdômen.

O IMC é uma medida biométrica utilizada comumente para predizer o risco de doenças cardiovasculares. Diversos estudos já demonstraram que quanto maior o valor de IMC da população maior é a prevalência de fatores de risco cardiovascular²⁹⁻³¹. Indubitavelmente, este mostra-se uma medida rotineira de medição da gordura corporal por ser rápido e de fácil aplicação prática¹¹. Todavia, o IMC apresenta baixa precisão, uma vez que não permite diferenciar os vários tipos de tecido adiposo intra-abdominal, apresentando também limitação na determinação de qual das componentes corporais (massa gorda ou massa magra) se encontra alterada

e, ainda, na presença de excesso de algum destes tipos de tecido adiposo mostra-se incapaz de avaliar a sua distribuição no abdómen³².

Para perceber se a US é um método que permita estimar o IMC foi necessário verificar se havia alguma correlação entre as medições dos tecidos adiposos intra-abdominais e o peso, altura, idade, perímetro abdominal e IMC.

De acordo com os resultados verificou-se a existência de uma correlação linear entre a espessura do tecido adiposo pré-peritoneal e o IMC ($r=0,56$), bem como a existência de uma correlação linear forte entre o tecido adiposo subcutâneo e o IMC ($r=0,64$).

Porém, o estudo desenvolvido não pode ser aplicado diretamente a uma população infantil, uma vez que o tecido adiposo intra-abdominal se distribui de forma diferente no abdómen das crianças³³. Também nos doentes com ascite ou pós cirurgia à região epigástrica, a US não permite efetuar medidas exatas dos tecidos adiposos intra-abdominais³⁴.

De igual modo, a frequência de 10MHz não permite alcançar elevadas profundidades, o que pode revelar-se como uma limitação na avaliação do tecido adiposo visceral em doentes com obesidade extrema.

Sugere-se, assim, a continuação deste estudo com uma amostra pediátrica em diferentes faixas etárias, bem como com diferentes níveis de obesidade, por forma a perceber a influência no peso corporal dos diferentes tecidos adiposos intra-abdominais.

Através da proposta de estimação do IMC, com base na medida da espessura superior e média do tecido adiposo pré-peritoneal e espessura média do tecido adiposo subcutâneo (cf. Figura 4 e Tabela 8), verificou-se que o IMC estimado aproxima-se do IMC calculado e que a US é um método que nos permite estimar o IMC através da medição da espessura dos diferentes tipos de tecido adiposo abdominal, seguindo o protocolo de aquisição descrito. É, assim, possível referir que a US poderá vir a ser um método rápido e preventivo no risco de desenvolvimento de DCV, bem como permitir um rápido acesso a múltiplos indicadores úteis para avaliação de tratamentos de obesidade e programas de prevenção.

Conclusão

A US é um método que permite quantificar e caracterizar os vários tecidos adiposos intra-abdominais, permitindo, com base no cálculo do IMC, estimar o risco de desenvolvimento de DCV correlacionado com a presença de obesidade.

Demonstrou-se que é um método objetivo e que, em conjunto com outros dados demográficos (com exceção do peso e altura), é possível realizar uma estimativa do IMC.

A US demonstrou ter capacidade para conseguir definir qual o género do voluntário com base nas medições realizadas. No entanto, o facto de a amostra ser de apenas 41 voluntários do género masculino demonstrou ser uma limitação do estudo, sugerindo-se um estudo futuro com uma amostra de maiores dimensões e utilizando as medições do tecido adiposo intra-abdominal, perímetro abdominal e IMC.

Em suma, utilizando a US é possível prever-se o risco de desenvolvimento de DCV, com base nas medições dos

tecidos adiposos intra-abdominais, seguindo o protocolo de aquisição referido, sem necessidade de calcular o IMC de forma tradicional.

Para além das propostas de continuação do estudo agora apresentado, os autores procuram desenvolver uma metodologia de quantificação automática do tecido adiposo por US, através da aplicação de metodologias de *computer vision* e *Deep learning*, aliando, assim, a engenharia biomédica à prática clínica.

Referências bibliográficas

1. World Health Organization. World health statistics 2011 [homepage]. Geneva: WHO; 2011. Available from: <https://www.who.int/whosis/whostat/2011/en/>
2. Malnick SD, Knobler H. The medical complications of obesity. QJM. 2006;99(9):565-79.
3. Flegal KM, Graubard BI, Williamson DF, Gail MH. Cause-specific excess deaths associated with underweight, overweight, and obesity. JAMA. 2007;298(17):2028-37.
4. Kaplan NM. The deadly quartet: upper-body obesity, glucose intolerance, hypertriglyceridemia, and hypertension. Arch Intern Med. 1989;149(7):1514-20.
5. Després JP, Lamarche B. Effects of diet and physical activity on adiposity and body fat distribution: implications for the prevention of cardiovascular disease. Nutr Res Rev. 1993;6(1):137-59.
6. Seidell JC, Cigolini M, Charzeswka J, Ellsinger BM, Deslypere JP, Cruz A. Fat distribution in European men: a comparison of anthropometric measurements in relation to cardiovascular risk factors. Int J Obes Relat Metab Disord. 1992;16(1):17-22.
7. World Health Organization. Obesity: preventing and managing the global epidemic [homepage]. Geneva: WHO; 2004. Available from: https://www.who.int/nutrition/publications/obesity/WHO_TRS_894/en/
8. Calle EE, Thun MJ, Petrelli JM, Rodriguez C, Heath Jr CW. Body mass index and mortality in a prospective cohort of US adults. N Engl J Med. 1999;341(15):1097-105.
9. Pouliot MC, Després JP, Lemieux S, Moorjani S, Bouchard C, Tremblay A, et al. Waist circumference and abdominal sagittal diameter: best simple anthropometric indexes of abdominal visceral adipose tissue accumulation and related cardiovascular risk in men and women. Am J Cardiol. 1994;73(7):460-8.
10. Larsson B, Svärdsudd K, Welin L, Wilhelmsen L, Björntorp P, Tibblin G. Abdominal adipose tissue distribution, obesity, and risk of cardiovascular disease and death: 13 year follow up of participants in the study of men born in 1913. Br Med J. 1984;288(6428):1401-4.
11. Leite CC, Wajchenberg BL, Radominski R, Matsuda D, Cerri GG, Halpern A. Intra-abdominal thickness by ultrasonography to predict risk factors for cardiovascular disease and its correlation with anthropometric measurements. Metabolism. 2002;51(8):1034-40.
12. Tokunaga K, Matsuzawa Y, Ishikawa K, Tarui S. A novel technique for the determination of body fat by computed tomography. Int J Obes. 1983;7(5):437-45.

13. Seidell JC, Bakker CJ, van der Kooy K. Imaging techniques for measuring adipose-tissue distribution: a comparison between computed tomography and 1.5-T magnetic resonance. *Am J Clin Nutr.* 1990;51(6):953-7.
14. Kawasaki S, Aoki K, Hasegawa O, Numata K, Tanaka K, Shibata N, et al. Sonographic evaluation of visceral fat by measuring para- and perirenal fat. *J Clin Ultrasound.* 2008;36(3):129-33.
15. Kvist H, Chowdhury B, Sjöström L, Tylén U, Cederblad A. Adipose tissue volume determination in males by computed tomography and 40K. *Int J Obes.* 1988;12(3):249-66.
16. Black D, Vora J, Hayward M, Marks R. Measurement of subcutaneous fat thickness with high frequency pulsed ultrasound: comparisons with a caliper and a radiographic technique. *Clin Phys Physiol Meas.* 1988;9(1):57-64.
17. Armellini F, Zamboni M, Rigo L, Todesco T, Bergamo-Andreis IA, Procacci C, et al. The contribution of sonography to the measurement of intra-abdominal fat. *J Clin Ultrasound.* 1990;18(7):563-7.
18. Pontrioli AE, Pizzocri P, Giacomelli M, Marchi M, Vedani P, Cucchi E, et al. Ultrasound measurement of visceral and subcutaneous fat in morbidly obese patients before and after laparoscopic adjustable gastric banding: comparison with computerized tomography and with anthropometric measurements. *Obes Surg.* 2002;12(5):648-51.
19. Fortin M. O processo de investigação: da concepção à realização. 2ª ed. Loures: Lusociência; 2000. ISBN 9789728383107
20. Visscher TL, Seidell JC, Molarius A, van der Kuip D, Hofman A, Witteman JC. A comparison of body mass index, waist-hip ratio and waist circumference as predictors of all-cause mortality among the elderly: the Rotterdam Study. *Int J Obes Relat Metab Disord.* 2001;25(11):1730-5.
21. Ribeiro-Filho FF, Faria AN, Azjen S, Zanella MT, Ferreira SR. Methods of estimation of visceral fat: advantages of ultrasonography. *Obes Res.* 2003;11(12):1488-94.
22. Liu KH, Chan YL, Chan WB, Kong WL, Kong MO, Chan JC. Sonographic measurement of mesenteric fat thickness is a good correlate with cardiovascular risk factors: comparison with subcutaneous and preperitoneal fat thickness, magnetic resonance imaging and anthropometric indexes. *Int J Obes Relat Metab Disord.* 2003;27(10):1267-73.
23. Fanelli MT, Kuczmarski RJ. Ultrasound as an approach to assessing body composition. *Am J Clin Nutr.* 1984;39(5):703-9.
24. Suzuki R, Watanabe S, Hirai Y, Akiyama K, Nishide T, Matsushima Y, et al. Abdominal wall fat index, estimated by ultrasonography, for assessment of the ratio of visceral fat to subcutaneous fat in the abdomen. *Am J Med.* 1993;95(3):309-14.
25. Armellini F, Zamboni M, Rigo L, Bergamo-Andreis IA, Robbi R, De Marchi M, et al. Sonography detection of small intra-abdominal fat variations. *Int J Obes.* 1991;15(12):847-52.
26. An P, Rice T, Borecki IB, Pérusse L, Gagnon J, Leon AS, et al. Major gene effect on subcutaneous fat distribution in a sedentary population and its response to exercise training: the HERITAGE Family Study. *Am J Hum Biol.* 2000;12(5):600-9.
27. Kanaley JA, Sames C, Swisher L, Swick AG, Ploutz-Snyder LL, Steppan CM, et al. Abdominal fat distribution in pre- and postmenopausal women: the impact of physical activity, age and menopausal status. *Metabolism.* 2001;50(8):976-82.
28. Diniz AL, Tomé RA, Debs CL, Carraro R, Roever LB, Pinto RM. Reproducibility of ultrasonography as a method to measure abdominal and visceral fat. *Radiol Bras.* 2009;42(6):353-7.
29. Manson JE, Colditz GA, Stampfer MJ, Willett WC, Rosner B, Monson RR, et al. A prospective study of obesity and risk of coronary heart disease in women. *N Engl J Med.* 1990;322(13):882-9.
30. Rabkin SW, Chen Y, Leiter L, Liu L, Reeder BA. Risk factor correlates of body mass index. *CMAJ.* 1997;157(Suppl 1):S26-31.
31. Lamon-Fava S, Wilson PW, Schaefer EJ. Impact of body mass index on coronary heart disease risk factors in men and women: the Framingham Offspring Study. *Arterioscler Thromb Vasc Biol.* 1996;16(12):1509-15.
32. Ribeiro-Filho FF, Mariosa LS, Ferreira SR, Zanella MT. Gordura visceral e síndrome metabólica: mais que uma simples associação [Visceral fat and metabolic syndrome: more than a simple association]. *Arq Bras Endocrinol Metab.* 2006;50(2):230-8. Portuguese
33. Tanaka Y, Kikuchi T, Nagasaki K, Hiura M, Ogawa Y, Uchiyama M. Lower birth weight and visceral fat accumulation are related to hyperinsulinemia and insulin resistance in obese Japanese children. *Hypertens Res.* 2005;28(6):529-36.
34. Vlachos IS, Hatzioannou A, Perelas A, Perrea DN. Sonographic assessment of regional adiposity. *AJR Am J Roentgenol.* 2007;189(6):1545-53.

Conflito de interesses

Os autores declaram não ter quaisquer conflitos de interesse. Artigo recebido em 15.11.2018 e aprovado em 29.02.2020