

ULTRASSOM COMO FERRAMENTA DE AVALIAÇÃO DA COMPOSIÇÃO CORPORAL

Virginia Alves Ribeiro¹, Bruna Ramos da Silva², Alceu Afonso Jordao², Mirele Savegnago Mialich²

RESUMO

A avaliação da composição corporal é uma das etapas mais importantes para o diagnóstico nutricional e a tomada de decisões para a intervenção nutricional e nos últimos anos vem sendo alvo de grandes evoluções. Neste cenário, a avaliação por ultrassom (US) vem ganhando destaque como um método rápido, prático e confiável para ser utilizado na prática clínica. O presente estudo teve como objetivo realizar uma revisão da literatura sobre o uso do US para avaliação da composição corporal e para isso foram descritos os princípios técnicos deste método, para avaliação do tecido adiposo subcutâneo (TAS) e para medida da área de seção transversa (AST) muscular. Além de ser avaliada a aplicabilidade do US comparada a outros métodos de avaliação da composição corporal em diferentes contextos clínicos, com sarcopenia e cenário esportivo, esta revisão apresenta um comparativo entre as principais técnicas de análise de composição corporal, destacando as principais vantagens e desvantagens de cada uma. Adicionalmente, são descritos os pontos anatômicos e os procedimentos para medição tanto do TAS como da AST, incluindo pontos relevantes a serem observados durante esta padronização. Diante do conteúdo apresentado é possível concluir que a ultrassonografia é capaz de fornecer uma análise precisa, reproduzível e rápida dos tecidos corporais e sua aplicação pode ser expandida em diferentes contextos clínicos e esportivos. Por fim, acredita-se no potencial de contribuição e atualização que este presente estudo promove aos profissionais de saúde envolvidos no contexto de análise da composição corporal.

Palavras-chave: Ultrassom. Ultrasonografia. Composição corporal. Antropometria.

1 - Curso de Especialização em Nutrição, Metabolismo e Fisiologia do Exercício Físico, Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo-USP, Ribeirão Preto, São Paulo, Brasil.

ABSTRACT

Ultrasound as a body composition assessment tool

The assessment of body composition is one of the most important steps for nutritional diagnosis and decision-making for nutritional intervention and, in recent years, it has been the target of major developments. In this scenario, ultrasound (US) has gained importance as a fast, practical and reliable method to be used in clinical practice. The present study aimed to carry out a literature review on the use of the USA to assess body composition and, for that, the technical principles of this method were described, for the assessment of subcutaneous adipose tissue (SAT) and for measurement of the cross-sectional area (CSA) muscle. In addition to evaluating the applicability of US compared to other methods of assessing body composition in different clinical contexts, with sarcopenia and sports. This review has an update character, as it presents a comparison between the main body composition analysis techniques, highlighting the main advantages and disadvantages of each. Additionally, the anatomical points and procedures to assess both the SAT and the CSA are described, including relevant points to be observed during this standardization. Given the content presented, it is possible to demand that an ultrasound can provide an accurate, reproducible and rapid analysis of body tissues and its application can be expanded in different clinical and sports contexts. Finally, we believe in the potential contribution and update that this present study promotes to health professionals involved in the context of body composition field.

Key words: Ultrasound. Ultrasonography. Body composition. Anthropometry.

2 - Departamento de Ciências da Saúde, Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo-USP, Ribeirão Preto, São Paulo, Brasil.

INTRODUÇÃO

A avaliação da composição corporal é uma das etapas mais importantes para o diagnóstico nutricional e a tomada de decisões para a intervenção nutricional. Ela possibilita a identificação do risco à saúde, podendo ser associado tanto a quantidades excessivamente elevadas como baixas de gordura corporal.

Além disso, auxilia no monitoramento das mudanças na composição corporal relacionados com condições clínicas específicas como também ao próprio processo de envelhecimento, além de favorecer a avaliação da eficácia de intervenções nutricionais e de exercício físico.

As técnicas de análise da composição corporal se subdividem em: direta, indireta e duplamente indireta.

Por volta do início do século XX, a análise da composição corporal foi realizada de maneira direta por meio da dissecação de cadáveres, sendo o método direto considerado de elevada precisão; entretanto, de utilização limitada e com pouca aplicabilidade clínica (Clarys, Martin, Drinkwater, 1984).

O método indireto de avaliação de composição corporal contempla técnicas como: pesagem hidrostática; pletismografia (PLTS); absorciometria radiológica de feixe duplo (DXA); ultrassonografia; tomografia computadorizada (TC); ressonância magnética (RM) entre outros. A pesagem hidrostática foi muito utilizada para validar as técnicas duplamente indiretas, sendo nestas últimas incluídas as dobras cutâneas; impedância bioelétrica (BIA) e circunferências (Mialich e colaboradores, 2014).

As técnicas duplamente indiretas apresentam menor custo financeiro, possuem ampla aplicação prática podendo ser utilizadas para avaliar a composição corporal tanto no contexto clínico como científico (Ceniccola e colaboradores, 2019).

A tabela 1 apresenta um panorama comparativo entre os principais métodos para avaliação da composição corporal, ressaltando que cada técnica possui suas vantagens e desvantagens, sendo o foco deste presente trabalho irá se concentrar na utilização do ultrassom para a análise da composição corporal.

Tabela 1 - Principais técnicas de análise da composição corporal.

Metodo	Princípios	Vantagens	Desvantagens
INDIRETO			
Tomografia computadorizada (TC)*	relata as pequenas diferenças em atenuação do raio x para as diferentes densidades dos tecidos, construindo uma imagem bidimensional em corte transversal	<ul style="list-style-type: none"> . valores de corte validados . ↑ acurácia quantitativa e qualitativa . ↑ resolução de imagem . capaz de determinar a qualidade do tecido . ↑ precisão . Uso secundário, por exemplo em pacientes com câncer, que requer o uso frequente da TC . Avalia gordura intramuscular 	<ul style="list-style-type: none"> . não portátil . custo ↑ . grande exposição à radiação . requer habilidade técnica para análise da imagem . exame de conveniência
DXA**	baseia-se na suposição de que o corpo é formado por 3 compartimentos, gordura, mineral ósseo e tecido magro não ósseo, todos com densidades diferentes.	<ul style="list-style-type: none"> . capaz de diferenciar gordura, magra e tecido ósseo . rápido e não invasivo . ↓ exposição à radiação . possibilidade de obtenção de medidas . seguro para medidas repetidas . ↑ precisão e exatidão 	<ul style="list-style-type: none"> . não portátil . custo ↑ . variabilidade da calibração do instrumento . procedimentos, hardware e software versão entre fabricantes . espessura corporal e estado de hidratação podem influenciar as medições . Ø na gravidez . incapacidade de discriminar os diferentes tipos

			Imagem bi-dimensional de gordura (visceral, subcutânea e intramuscular) <ul style="list-style-type: none"> . requer habilidades técnicas específicas e experiência do operador Não avalia qualidade do tecido muscular
Ressonância magnética (RM)	a radiação eletromagnética exercita os núcleos de hidrogênio da água e das moléculas lipídicas, gerando imagens do tecido.	<ul style="list-style-type: none"> . não utiliza radiação iônica . Imagem tri-dimensional . capaz de determinar a qualidade do tecido . ↑ precisão . Avalia gordura intramuscular . ↑ acurácia quantitativa e qualitativa 	<ul style="list-style-type: none"> - custo elevado; . dificuldade no manuseio
Ultrassom	funciona a partir da conversão de energia em ondas sonoras, que passam através dos tecidos adiposo, muscular e ósseo, de modo que parte da energia é refletida no receptor da sonda e transformada em energia elétrica, qualificando a espessura dos tecidos muscular e adiposo.	<ul style="list-style-type: none"> . portátil . acessível . ↓ custo . não invasivo . Avalia qualidade do tecido muscular . Avalia gordura intramuscular . confiabilidade satisfatória intra e inter avaliador . seguro para medidas repetidas . avalia mudanças longitudinais nos músculos 	<ul style="list-style-type: none"> . falta de pontos de corte para fazer diagnósticos . escassez de protocolos clínicos e acordo sobre seu uso
DUPLAMENTE INDIRETO Dobras Cutâneas	mede a espessura das DC	<ul style="list-style-type: none"> . ↓ custo . praticidade 	os índices são afetados pelos seguintes fatores: <ul style="list-style-type: none"> . habilidade do avaliador; . tipo de compasso utilizado; . compressibilidade do tecido adiposo; . nível de hidratação do paciente.
Impedância Bioelétrica (BIA)	avalia a composição corporal a partir passagem, pelo corpo de uma corrente elétrica imperceptível, de modo que a resistência à passagem dessa corrente é mensurada.	<ul style="list-style-type: none"> . portátil . ↓ custo . rápido e não invasivo . simples e reproduzível . seguro para medidas repetidas . ângulo de fase (fator prognóstico e de saúde celular) 	<ul style="list-style-type: none"> . método indireto . limitado pelo estado de hidratação - hidratação da massa livre de gordura fixada em 73% . requer equação específica necessária para cada população
Circunferências	pode ser utilizado para avaliar a composição corporal total ou regional.	<ul style="list-style-type: none"> . método simples . ↓ custo 	a acurácia pode ser modificada: <ul style="list-style-type: none"> . pelos instrumentos utilizados; . pela prática do avaliador; . pela distribuição da gordura corporal do avaliado.

Legenda: *TC: Tomografia Computadorizada; **DXA: absorciometria radiológica de feixe duplo; ↑alto; ↓baixo; Ø contraindicado; (Ceniccola e colaboradores, 2019).

A avaliação da composição corporal vem sendo alvo de grandes evoluções ao longo dos últimos anos, especialmente, ao se considerar a sarcopenia, a qual é marcada pela redução significativa da massa muscular podendo ser ligada ao processo natural do envelhecimento (sarcopenia primária) e/ou relacionada a alguma condição clínica (sarcopenia secundária), como por exemplo o câncer, e ainda coexistir com a elevação do tecido adiposo, conhecida como obesidade sarcopênica (Cruz-Jentof e colaboradores, 2018).

Neste sentido, o ultrassom emerge como um método potencialmente preciso para a avaliação da composição corporal nestas diferentes condições clínicas, podendo inclusive ter seu uso estendido para o contexto esportivo (Müller e colaboradores, 2013).

Historicamente, o uso do equipamento de ultrassom é muito popular para visualização do feto durante o pré-natal assim como para monitoramento e/ou diagnóstico de doenças.

Entretanto, esta utilização do US voltada para aferição da espessura de tecido adiposo teve seu início em meados da década de 1960 (Bullen e colaboradores 1965; Wagner, 2013) e apesar de passados todos estes anos, até pouco tempo atrás, ele ainda era uma técnica muito pouco explorada para medida do tecido adiposo subcutâneo e pouco familiar para pesquisadores e/ou profissionais de saúde.

Adicionalmente, nota-se um anseio por parte dos clientes/pacientes por novos equipamentos para avaliação da composição corporal, o que também contribui para direcionar os profissionais de saúde em busca de técnicas validadas e de fácil aplicação.

Diante disso, o equipamento de ultrassom para a avaliação da composição corporal vem ganhando destaque como um método rápido, prático e confiável para ser utilizado na prática clínica.

Este presente estudo tem como objetivo realizar uma revisão da literatura sobre o uso do ultrassom para avaliação da composição corporal em diferentes contextos clínicos e para isso serão descritos os princípios técnicos que embasam a utilização deste método de avaliação dos tecidos corporais; além de comparar a aplicabilidade de ultrassom com outros métodos de avaliação da composição corporal e por fim, destacar as principais vantagens e desvantagens em

relação a outros métodos, considerando suas aplicações para diferentes populações.

MATERIAIS E MÉTODOS

A revisão de literatura englobou publicações nacionais e internacionais, com datas compreendidas entre janeiro de 2010 a dezembro de 2020.

As bases de dados eletrônicas utilizadas para efetuar a busca foram Elsevier, Medline, Pubmed, Scopus, Sportdiscus e Web of Science.

Os descritores utilizados combinados entre si para a busca dos artigos foram de acordo com os descritores em ciências da saúde (DeCS), considerando-se as seguintes palavras-chave: “ultrassom”, “ultrassonografia”, “composição corporal” além de seus respectivos correspondentes em língua inglesa: “ultrasound”, “ultrasonography”, “body composition”.

As palavras-chave foram vinculadas usando o operador Booleano “OR” e os resultados das duas seções foram combinados usando o operador Booleano “AND”.

Foram incluídos no presente estudo artigos originais em inglês e português que constavam nas bases, dentro do intervalo de tempo estudado, que abordassem a utilização da ultrassonografia com o objetivo de avaliar a composição corporal.

Para a seleção dos artigos obtidos na busca foram aplicados os seguintes critérios de exclusão: artigos redigidos em idiomas diferentes de inglês e português, artigos utilizando experimentação em animais, artigos que não seguiram nenhum protocolo detalhado utilizando o ultrassom para avaliação da composição corporal, trabalhos com materiais e métodos inconsistentes, que não estavam disponíveis na íntegra e/ou duplicados.

REVISÃO DA LITERATURA

Princípios do Ultrassom

O exame de imagem por US é utilizado na medicina há algumas décadas e se destaca por sua confiabilidade e precisão.

Conforme já mencionado previamente, o ultrassom é uma técnica comumente disponível usada para fins de diagnóstico e acompanhamento e a sua utilização no cenário da composição corporal se tornou viável, especialmente, devido à sua habilidade para

quantificar a espessura do tecido (Prado e Heymsfield, 2014).

De acordo com os princípios técnicos, o feixe de ultrassom é transmitido através da pele e quando este entra em contato com uma interface de tecido (por exemplo, pele-gordura subcutânea, gordura-músculo e músculo-osso), é parcialmente refletido de volta para o transdutor como um eco (Wagner, 2013).

A quantidade de som refletido depende das mudanças na impedância acústica entre duas interfaces de tecido. A impedância acústica é o produto da densidade do tecido e velocidade acústica. O ar quase não tem impedância, enquanto gordura e músculo têm impedâncias de $0,138 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$ e $0,170 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$, respectivamente, e o osso tem um valor relativamente alto de impedância $0,78 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$, podendo ser simplificadas na escala ar <tecido adiposo <músculo <osso (Bushberg e colaboradores, 2002).

Quanto mais alto a impedância acústica, mais forte será a reflexão gerada e, portanto, melhor será a qualidade da imagem (Bushberg e colaboradores, 2002).

De uma maneira geral, os ecos são convertidos em sinais para processamento pelo transdutor e a força de cada onda refletida é representada por um ponto, e a posição do ponto representa a profundidade a partir da qual o eco foi recebido.

A força relativa, ou amplitude, de ecos são representados pelo brilho da imagem na tela de computador. Reflexos fortes parecem brancos; os reflexos mais fracos aparecem em cinza e nenhum eco é preto. Isso produz uma imagem bidimensional em escala de cinza com bordas brancas para as interfaces pele-gordura subcutânea e músculo-osso e uma borda visível, mas menos distinta, para a interface gordura-músculo.

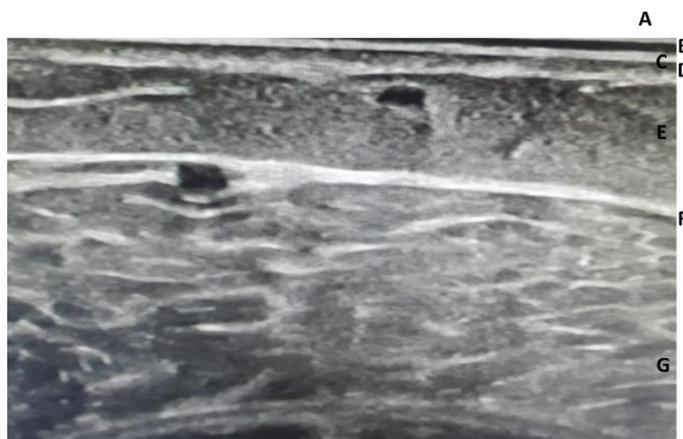


Figura 1 - Exemplo de imagem de ultrassonografia: membro inferior com estruturas relevantes marcadas.

Legenda: A = gel; B = gel-epiderme; C = derme; D = derme-tecido adiposo subcutâneo (TAS); E = tecido adiposo subcutâneo (TAS); F = tecido adiposo subcutâneo (TAS) -fascia do músculo; G= músculo.

Por fim, os pontos são combinados para formar uma imagem (Wagner, 2013) e quando o transdutor recebe o feixe, ele converte o eco em sinais elétricos para formar uma imagem 2-D (Wagner, 2013; Prado e Heymsfield, 2014).

Adicionalmente, Neves e colaboradores (2013), complementam que as maiores reflexões ocorrem nas grandes interfaces, por exemplo: na camada de gordura subcutânea e no músculo.

Entretanto, ocorre espalhamento das ondas ultrassônicas nas interfaces pequenas (partículas menores que o comprimento de onda do US), por exemplo: gordura intramuscular (Neves e colaboradores, 2013).

Assim, o transdutor tem uma função dupla de transmitir o ultrassom e recebê-lo e estes transdutores variam em relação ao modo e frequência. Um transdutor de modo A ou modo de amplitude depende em um feixe estreito para escanear a descontinuidade do tecido e produz um pico em um gráfico. Modo

B, ou modulação de brilho, a digitalização usa uma matriz linear para produzir uma imagem bidimensional combinando sinais do modo A de várias direções (Noce, 1990).

Assim, a técnica de ultrassonografia para avaliação da composição corporal pode ser utilizada nos modos A e B.

Detalhando melhor, tem-se que o modo A é utilizado para medição do tecido adiposo e o transdutor é posicionado transversalmente sobre a área do tecido muscular, sendo este o local no qual a gordura subcutânea será medida.

Em seguida, pressiona-se o transdutor sobre esse ponto, sendo lentamente deslizado por 5mm na respectiva área avaliada.

Por meio de equações preditivas provenientes em softwares é que são estimados os compartimentos corporais. Já o modo B mede especificamente a gordura subcutânea e visceral, e a massa muscular (Bielemann e colaboradores, 2016) sendo esta avaliação realizada por meio da espessura da gordura subcutânea e do músculo (reto femoral, quadríceps e bíceps) (Zukeram e Toledo, 2018).

Ultrassonografia para medida de tecido adiposo

- Tecido adiposo subcutâneo - TAS

Dados da literatura demonstram que o US vem sendo utilizado para a estimativa da espessura da gordura desde 1965, conforme já mencionado (Bullen e colaboradores, 1965),

sendo que no ano seguinte, Booth e colaboradores (1966) publicaram um estudo comparando a estimativa de tecido adiposo pelo US versus o plicômetro Harpenden (Müller e colaboradores, 2013).

Uma das principais vantagens em defesa ao uso do US em detrimento as dobras cutâneas consistem no fato de que a precisão obtida com a técnica de dobras é limitada uma vez que a pele e o tecido adiposo subcutâneo são medidos juntos sem considerar a compressibilidade e viscoelasticidade nos locais de medição individuais (Ackland e colaboradores, 2012; Müller e colaboradores, 2013), e com adoção do US isso pode ser minimizado.

Além disso, a espessura média da pele varia significativamente entre os locais (variando de cerca de $1,0 \pm 0,15$ mm na parte superior do braço a cerca de $2,2 \pm 0,35$ mm em abdômen anterior) e não muda visivelmente até os 60 anos de idade, tendendo a diminuir após esta faixa etária.

Recentemente, uma nova técnica de ultrassom (US) para medição do tecido adiposo subcutâneo (TAS) e estruturas fibrosas incorporadas foi introduzida (Müller e colaboradores, 2016). Esta técnica de US evita a compressão e o movimento do tecido que ocorre ao usar plicômetros de dobras cutâneas e emprega um procedimento de avaliação de imagem desenvolvida para múltiplas medições de espessura de camadas do TAS.

O Quadro 1 descreve alguns apontamentos importantes a fim de evitar erros ao usar este método de US para medir TAS.

Quadro 1 - Pontos importantes para padronização da técnica de US.

1. Definição de todos os parâmetros que determinam a qualidade da imagem para uma estrutura anatômica analisada
2. Transdutor linear é sempre direcionado para cima (cranialmente) ou para cima e para esquerda.
3. Medidas realizadas no lado direito do corpo e transdutor posicionado acima do local de referência e mantido perpendicular à pele, com distância mínima de 5 cm entre a mão e o suporte do transdutor para que não ocorra pressão.
4. Utilização de camada de gel de 3 a 5 mm para evitar bolhas de ar entre o transdutor e a pele.
5. A luz deve estar reduzida no ambiente para melhorar a clareza dos contornos dos tecidos.
6. O TAS deve aparecer escuro na imagem do US, podendo conter linhas mais claras que correspondem a estruturas fibrosas entremeadas no tecido adiposo.
7. Se houver dúvida sobre a localização da fâscia muscular (borda inferior do TAS), o TAS deve ser comprimido com o transdutor a fim de distinguir o TAS do músculo.
8. A avaliação da imagem deve ser realizada logo após a captura da imagem do US a fim de evitar interpretações erradas posteriormente.
9. Se aparecer uma veia na imagem do US, o transdutor deve ser posicionado ao lado da veia a fim de não levar erroneamente a uma medição da espessura da veia ao invés da espessura do TAS.

10. O estabelecimento de uma base de dados de referência requer um conjunto completo de informações (código anônimo para cada atleta, gênero, etnia, idade, etc). Medidas antropométricas adicionais podem ser opcionalmente adicionadas (esporte, nível de desempenho, frequência de treinamento, etc).

Legenda: US: ultrassom; TAS: tecido adiposo subcutâneo; (Muller, e colaboradores. Br J Sports Med. Vol. 50. Núm.1. p.45-54. 2016.).

De acordo com Müller e colaboradores (2016), devido a elevada compressibilidade do TAS, o transdutor do US deve ser colocado sem que nenhuma pressão seja efetuada.

Para isso é necessário utilizar uma camada de gel, preferencialmente de 3-5 mm de espessura, entre o transdutor e a pele e o indivíduo deverá estar deitado em decúbito dorsal, de bruços (pronação) ou em posição de rotação. Inicialmente, estudos anteriores do mesmo grupo de pesquisa (Müller e colaboradores, 2013; Müller e colaboradores, 2013) descreveram um conjunto de pontos anatômicos para o US e o procedimento para as medições de acordo com a International Society for the Advancement of Kinanthropometry (ISAK), entretanto, além da marcação com os critérios da ISAK requerer conhecimento específico de anatomia e treinamento antropométrico detalhado, verificou-se que vários destes locais de dobras cutâneas não permitiam a obtenção de imagens nítidas pelo US, já que os pontos anatômicos da ISAK foram definidos para estudos de dobras cutâneas e não para utilização em US (Müller e colaboradores, 2016).

Desta forma, o movimento da literatura foi no sentido de se buscar por novos sítios anatômicos que pudessem ser padronizados para avaliação do TAS pelo US e que fossem facilmente obtidos, reproduzíveis e sem necessidade de certificação ou experiência específica em antropometria.

Os principais critérios que nortearam esta busca pelos novos pontos anatômicos foram: conjunto de locais que representassem tronco, braços e pernas, pontos anatômicos que pudessem ser marcados com precisão

após somente um treinamento de 1 hora, que todas as distâncias necessárias para definir que os novos locais são relativos à altura do corpo do indivíduo, estruturas anatômicas fossem facilmente identificadas na imagem de US (sendo elas derme, TAS, fáscia do músculo) e a espessura do TAS não mude muito nas proximidades do local de aferição (Müller e colaboradores, 2016).

A Tabela 2 detalha os oito locais anatômicos padronizados para análise do TAS por ultrassom, sendo todos estes marcados no lado direito do corpo. É importante ressaltar que após a marcação dos respectivos pontos anatômicos, todas as medidas do US devem ser realizadas com o indivíduo deitado.

Um ponto interessante destacado por alguns estudos é que o processo para selecionar os locais para padronização da análise do TAS pelo US partiu dos outros pontos anatômicos da ISAK para medição das dobras cutâneas, porém, conforme seria esperado, estudos preliminares demonstraram baixa validade destas medidas de espessura de dobras cutâneas para determinar a espessura do TAS devido à alta compressibilidade da gordura (Müller e colaboradores, 2013) apesar de outros estudos já terem adotado estes locais reconhecidos pela ISAK para avaliação dos TAS por US (O'Neill e colaboradores, 2016).

Desta forma, uma possível solução encontrada seria a utilização da estatura corporal individual como a referência de distância para todos os locais e assim aumentaria a precisão de marcação respeitando as diferentes dimensões corporais dos indivíduos a serem analisados por US, conforme pode ser visualizado na Tabela 2.

Tabela 2 - Descrição dos locais anatômicos para US para avaliação do TAS e procedimento de medição.

Local	Descrição do ponto anatômico	Procedimento de medição
Abdome Superior (AS)	1. Marcar uma linha vertical a uma distância $d = 0,02E$ (2% da estatura do corpo) lateral ao centro do umbigo. 2. Projete verticalmente e marque uma linha horizontal em $d = 0,02E$ superior ao umbigo (se o TAS estiver mais espesso neste local, mova o transdutor alguns mm para medir a espessura)	Deitado em decúbito dorsal Participante deve parar de respirar para que a imagem seja capturada no meio da expiração
Abdome Inferior (AI)	1. Mesma linha para o abdome superior. 2. Projete verticalmente e marque uma linha horizontal em $d = 0,02E$ inferior ao umbigo	Deitado em decúbito dorsal Participante deve parar de respirar para que a imagem seja capturada no meio da expiração
Oblíquo Externo (OE)	1. Localize e marque a espinha íliaca ântero-superior (EIAS). 2. O participante auxilia segurando a extremidade da fita no ápice do arco costal em a margem inferior do esterno (onde está o apêndice xifóide) e deve olhar para frente 3. Desenhe uma linha da EIAS na direção do arco costal 4. Marque uma linha perpendicular em $d = 0,02E$ de EIAS.	Deitado em decúbito dorsal Imagem deve ser capturada com o transdutor na direção da linha perpendicular
Eretor Espinhal (EE)	1. Marcar uma linha transversal em $d = 0,14E$ acima de uma superfície sólida na qual a pessoa deve estar sentada com a parte superior do corpo alongada e coxas e pernas sem suporte 2. Marque o local em $d = 0,02E$ lateral ao processo espinhoso da vértebra.	Deitado de braços
Tríceps Distal (TD)	1. Posicionar o antebraço em uma superfície de apoio com a mão em decúbito ventral; marcar uma linha vertical na face mais posterior do braço. 2. Marcar o local na linha vertical a uma distância da superfície de $d = 0,05E$	Deitado de braços A imagem deve ser acpturada com a superfície dorsal da mão na superfície e a orientação do transdutor deve ser perpendicular à pele
Braquiorradial (BR)	1. Posicionar o antebraço com a mão em pronação ("aperto de mãos") em uma superfície (mesa) e contrair o braquiorradial 2. Desenhar uma linha longitudinal na superfície mais anterior do músculo braquiorradial 3. Marcar uma linha transversal a uma distância $d = 0,02E$ distalmente da superfície anterior do tendão do bíceps braquial e projete esta linha transversalmente para cruzar com a linha longitudinal	Deitada em decúbito dorsal A imagem deve ser capturada com o braço em uma posição inclinada e em contato com a coxa (músculos braço relaxados).
Coxa Frontal (CF)	1. Posicionar o pé no banco antropométrico que é colocado em frente a uma parede de forma que a coxa fique na horizontal e o dedão e o joelho toquem a parede. 2. Marcar o local a uma distância horizontal $d = 0,14E$ da parede	Deitada em decúbito dorsal
Panturrilha Medial (PM)	1. Posicionar o pé no banco antropométrico de forma que a coxa fique na horizontal e a perna vertical 2. Marcar o local em $d = 0,18E$ acima da superfície no aspecto mais medial (usar régua	Deitado em posição de rotação O participante rola para o lado direito com o joelho direito em um ângulo de 90° para que o

		para determinar o aspecto mais medial ao olhar verticalmente para baixo)	aspecto lateral da perna direita seja apoiado
Coxa (CL)	Lateral	1. Desenhar uma linha horizontal na lateral da coxa na altura da dobra glútea; 2. Marcar o local nesta linha no ponto médio do diâmetro sagital da coxa e usar uma pinça se necessário para estes dois procedimentos	Deitado em posição de rotação O participante rola para o lado esquerdo com os dois joelhos em uma ângulo de 90 °, com a perna direita sobre a perna esquerda

Legenda: E: estatura; TAS: tecido adiposo subcutâneo; EIAS: espinha íliaca ântero-superior (Muller e colaboradores. Br J Sports Med. Vol. 50. Núm. 1. p.45-54. 2016).

De acordo com este estudo robusto de Müller e colaboradores (2016) foi possível concluir que estes oito novos locais anatômicos definidos considerando a estatura individual garantem uma soma da espessura do TAS que assegura alta precisão e confiabilidade.

Além disso, os autores recomendam que para obtenção de dados de alta qualidade, os examinadores devem participar de um programa de treinamento estruturado que consiste na marcação dos pontos anatômicos, familiaridade com o sistema americano, aplicação da segmentação da imagem e programa de mensuração do TAS, exercícios guiados e comparações Inter observador (Müller e colaboradores, 2016).

Por último, os autores destacam algumas das principais vantagens desta nova técnica de US para avaliação do TAS: representatividade dos locais anatômicos selecionados por serem segmentos corporais relevantes, utilização de camada espessa de gel a fim de evitar compressão do tecido adiposo (além da solicitação de parar de respirar durante a captura de imagem), possibilidade de incluir ou excluir estruturas incorporadas (ex: tecidos fibrosos) nos valores de espessura e quantificar a profundidade deles, ser portátil, não envolver radiação ionizante e de ampla gama de aplicação (crianças, adolescentes e/ou adultos e em diferentes condições de adiposidade) entre outros (Müller e colaboradores, 2016).

Para a aferição da gordura corporal total, conforme realizado para as dobras cutâneas, sugere-se a somatória dos valores obtidos de todos os sítios anatômicos avaliados.

Adicionalmente uma equação brasileira para a obtenção de gordura corporal total já foi proposta por Bielemann e colaboradores (2016) para ambos os sexos, utilizando os resultados da espessura de gordura subcutânea e espessura muscular através do US. Os autores

utilizam os valores TAS provenientes de: tríceps, bíceps, subescapular, abdominal, coxa e regiões da panturrilha, e valores da espessura muscular provenientes de: regiões de tríceps, bíceps, coxa e panturrilha. As equações preditivas para homens foram desenvolvidas utilizando valores de circunferências, peso, altura, TAS e espessura muscular conforme a seguinte fórmula:

% Gordura corporal total: $-0,71$ (circunferência da panturrilha em cm) + $0,40$ (espessura da gordura subcutânea do tríceps) + $1,01$ (espessura da gordura subcutânea da coxa) - $0,16$ (espessura do músculo bíceps) - $37,23$ (altura em metros) + $0,61$ (peso em kg) + $73,23$ (Bielemann e colaboradores, 2016).

Já as equações para mulheres incluem idade, circunferência da panturrilha, TAS abdominal e da panturrilha, peso e altura conforme a seguinte fórmula:

% Gordura corporal total: $0,12$ (idade em anos) - $0,76$ (circunferência da cintura em cm) + $0,24$ (espessura da gordura subcutânea abdominal) + $1,10$ (espessura da gordura subcutânea da panturrilha) - $27,33$ (altura em metros) + $0,30$ (peso em kg) + $67,63$ (Bielemann e colaboradores, 2016).

- Tecido adiposo visceral - TAV

O tecido adiposo visceral (TAV) é amplamente reconhecido como mais danoso quando comparado ao TAS, devido a sua maior associação com complicações metabólicas e doenças cardiovasculares (Fox e colaboradores, 2007; Preis e colaboradores, 2010).

Poucos métodos de composição corporal são capazes de avaliar este tecido com acurácia. A tomografia computadorizada (TC) é tido como o método padrão para

avaliação da espessura da gordura visceral (VFT) (Rossner e colaboradores, 1990) porém devido a sua alta complexidade, radiação e custo, fazem deste método pouco acessível na prática clínica.

Nesse sentido a US apresenta-se como uma alternativa potencial para a avaliação do TAV, por meio da avaliação da gordura abdominal, com boa reprodutibilidade quanto comparado a TC (Lucia Rolfe e colaboradores, 2010).

Atualmente, US é um método amplamente utilizado para o rastreamento de pacientes suspeita de esteatose hepática ou doença hepática gordurosa não alcoólica (DHGNA), segundo o consenso da Sociedade Brasileira de Hepatologia (Hepatologia, 2015).

Adicionalmente, estudos já apontam para a utilização dos resultados obtidos US abdominal como um componente da avaliação para o risco do desenvolvimento de doenças e alterações metabólicas (Lucia Rolfe e colaboradores, 2010; Vlachos e colaboradores, 2007).

No que diz respeito as técnicas e protocolos para a avaliação do TAV, ainda não existe uma padronização, porém a maior parte dos estudos seguem o protocolo de avaliação proposto por Hamagawa e colaboradores (2010), cujo estudo objetivaram avaliar a predição de gravidade da doença arterial coronariana por meio da gordura visceral obtida por US.

De acordo com o método relatado por Hamagawa e colaboradores (2010), com o paciente em posição supina, o transdutor deve ser mantido na posição perpendicular à pele na parte superior do abdômen mediano.

A varredura longitudinal deve ser feita na área que compreende a partir do processo xifóide (parte superior) até a cicatriz umbilical (parte inferior), ao longo da linha alba (Hamagawa e colaboradores, 2010).

Conforme os princípios da avaliação do TAS, para evitar a compressão dos tecidos, a pele deve ser tocada levemente.

Durante essa varredura para avaliação da espessura da gordura abdominal, serão avaliados os tecidos da gordura visceral pré-peritoneal (Vmax) e a espessura mínima da gordura subcutânea (Smin).

A parte superior compreende a Smin e separados pela linha alba, apresenta-se a Vmax inferiormente (Hamagawa e colaboradores, 2010).

Interessantemente, em um estudo conduzido por Angoorani e colaboradores (2018), a fim de aumentarem a acurácia da avaliação da gordura abdominal, foram solicitados aos participantes jejum previamente ao exame e durante a avaliação foi solicitado que os examinados fizessem uma inspiração profunda, seguido de uma expiração profunda, e então manter a respiração por alguns segundos até que o ultrassonografista pudesse fixar a imagem durante as medições.

Embora ainda não exista um consenso com relação a necessidade do jejum prévio, um estudo também reportou um aumento da gordura visceral no estado alimentado quando comparados as imagens feitas em jejum, com um reestabelecimento dos valores próximos aos normais após 2h pós-prandial (Philipsen e colaboradores, 2013).

Ultrassonografia para medida de área de secção transversa do músculo

Uma outra aplicabilidade que tem sido muito explorada com o US é a análise da área de seção transversa do músculo (AST), por ser um importante marcador de alterações na morfologia muscular, dentre elas hipertrofia e atrofia (Noorkoiv e colaboradores 2010; Lixandrão e colaboradores, 2014).

Nos últimos anos, a ultrassonografia modo B tem sido usada para adquirir imagens de AST muscular de alta qualidade com um custo inferior ao então padrão ouro, ressonância magnética (RM).

Além disso, uma grande vantagem do método do US é a possibilidade de ser transportado facilmente propiciando avaliações imediatamente após uma sessão de treinamento, por exemplo.

A partir da técnica de US é possível se obter excelente diferenciação entre músculo esquelético, conectivo e intra e extramuscular tecidos adiposos, permitindo uma delimitação precisa da AST muscular (Lixandrão e colaboradores, 2014).

A grande dificuldade consiste na reconstrução de grandes músculos para posterior visualização da AST, podendo ser necessário o desenvolvimento de algoritmos (Ahtiainen e colaboradores, 2010) ou a combinação de imagens (Reeves e colaboradores, 2004).

Dentre os métodos de referência para medição do músculo esquelético, destacam-se dois protocolos que utilizam um ou mais sítios

anatômicos: primeiro, a medição da espessura da camada muscular do quadríceps, combinada com a espessura do músculo reto femoral e vasto intermediário (Ceniccola e colaboradores, 2018).

Alguns procedimentos metodológicos devem ser adotados durante a análise de AST de grandes músculos, como por exemplo, o vasto lateral (VL).

Dentre estes, destacam-se abstenção de qualquer exercício 72 horas antes do procedimento de aquisição da imagem, padronização preferencialmente do lado direito do corpo, posição em decúbito dorsal estando os joelhos estendidos e as pernas retas.

Além disso, é recomendável que os indivíduos estejam em repouso por cerca de 20 minutos a fim de permitir a distribuição de fluidos antes das avaliações, as pernas ficam presas com tiras de velcro para evite a rotação interna ou externa do quadril durante as avaliações, sendo solicitado aos participantes que relaxem o membro inferior dos músculos (Lixandrão e colaboradores, 2014).

Para evitar a pressão no tecido muscular, uma quantidade generosa de gel condutor deve ser utilizada usado. Os autores sugerem que as imagens musculares obtidas sejam reconstruídas seguindo os procedimentos descrito por Reeves e colaboradores (2004), ou seja, estas imagens podem ser abertas sequencialmente no PowerPoint (Microsoft, Redmond, WA, EUA) e, em seguida, cada imagem deve ser girada manualmente até que toda a fásia do músculo vasto lateral seja reconstruída e assim a AST deste músculo seja mensurada utilizando a planimetria computadorizada (AST do músculo vasto lateral contornada seguindo a fásia muscular usando um mouse).

Este foi um importante estudo pois comparou a análise da AST do músculo VL obtida pelo US com a análise pela ressonância magnética, a qual é o padrão ouro e demonstraram que esta técnica de ajuste de imagens do US propiciou medidas válidas e confiáveis em um grupo heterogêneo de indivíduos.

Deste modo, esta utilização do US para análise da área de secção transversa do músculo pode ser considerada um método para rastrear mudanças na massa muscular ao longo dos períodos de treinamento, sendo útil, inclusive, durante a fase de força em programas de treinamento, em atletas lesionados e em recuperação de uma lesão

uma vez que possibilita que a taxa de aumento ou perda de massa muscular possa ser rastreada.

Corroborando com estes achados, Prado e Heymsfield (2014) complementam que a medição do músculo usando ultrassonografia pode estar propenso a erros técnicos em decorrência da compressibilidade muscular, seleção de um local confiável, gerenciamento de posição ideal do transdutor, capacidade de garantir um estado de relaxamento ou contração completo, e o estado de repouso e hidratação do paciente.

Assim, a administração destes possíveis problemas técnicos como realizado no estudo de Lixandrão e colaboradores (2014), assegura que esta técnica possa fornecer alta confiabilidade na mensuração da espessura da área de secção transversa do músculo pelo US.

APLICAÇÕES PRÁTICAS

- Sarcopenia

Sarcopenia é atualmente um importante tópico de pesquisa tanto devido ao aumento de sua prevalência em decorrência do envelhecimento da população como também pelo aumento da conscientização sobre esta condição clínica (Cruz-Jentoft e colaboradores, 2014; Albano e colaboradores, 2020).

Inicialmente, a sarcopenia foi descrita como uma redução da massa muscular relacionada, especialmente, a envelhecimento (4,5). De acordo com Grupo de Trabalho Europeu sobre Sarcopenia em Pessoas Idosas (EWGSOP), a definição atual de sarcopenia consiste em uma "síndrome caracterizada pela perda progressiva e generalizada de massa e força do músculo esquelético" (Cruz-Jentoft e colaboradores, 2014), sendo recentemente atualizado como "uma doença muscular enraizada em alterações musculares adversas que se acumulam ao longo da vida".

Assim, o diagnóstico de sarcopenia deve incluir a avaliação de: massa muscular (quantificação por medidas antropométricas ou métodos de imagem), funcionalidade (por meio de dispositivos de força de preensão) e o desempenho físico, o qual pode ser avaliado por meio do teste de velocidade de marcha (Cruz-Jentoft e colaboradores, 2019).

Várias modalidades de técnicas de imagem podem ser utilizadas para avaliação da massa muscular e posterior diagnóstico de

sarcopenia, entretanto, este presente tópico privilegiará a discussão sobre o uso do US aplicado a esta condição clínica.

Conforme já descrito anteriormente, o US é uma técnica de pesquisa amplamente usada para medir quantidade de músculo, para identificar perda de massa muscular, e como uma medida da qualidade muscular. A grande maioria dos estudos foi realizada no músculo quadríceps, enquanto outros, menos frequentes, nos músculos posturais dos membros inferiores (Guerra e colaboradores, 2018).

Alguns parâmetros da US como o ângulo de penetração e o comprimento do músculo do fascículo, (avaliado em repouso ou durante a contração) são associados à perda de força máxima e encurtamento da velocidade das fibras musculares observada na sarcopenia (Albano e colaboradores, 2020).

Outras aplicações do US, como elastografia para avaliar as mudanças na rigidez muscular (Brandenburg e colaboradores, 2014) e US com contraste para avaliação da microvasculatura associada com sarcopenia (Mitchell e colaboradores, 2013) também foram propostos.

Recentemente, o grupo de sarcopenia EuGMS propôs um protocolo para o uso de ultrassom na avaliação músculo, incluindo medição da espessura do músculo, área da seção transversal, comprimento do fascículo, ângulo de penetração e ecogenicidade expandindo assim o uso do US na prática clínica para alicerçar o diagnóstico de sarcopenia em idosos (Cruz-Jentoft e colaboradores, 2019).

Adicionalmente, uma revisão sistemática nesta população concluiu que o US é um método confiável e válido para a avaliação do tamanho do músculo em idosos (Cruz-Jentoft e colaboradores, 2019).

Em síntese, apesar de o US ser amplamente utilizado em muitas condições envolvendo alteração no tecido muscular e os dados estejam disponíveis para os idosos, ainda são necessários o desenvolvimento de valores de referência padronizados para serem utilizados como corte durante a avaliação da perda de massa muscular, assim como validar as equações de predição para aqueles indivíduos com diferentes condições de saúde e estado funcional expandindo sua aplicação no contexto da sarcopenia.

Nesse sentido, pesquisas avançam em direção a padronização do diagnóstico da sarcopenia por meio da US.

Por exemplo, um estudo conduzido por Deniz e colaboradores (2020) em uma amostra de indivíduos com obesidade sarcopênica, sugeriram como ponte de corte ideal de área transversal do músculo reto femoral o valor de $\leq 5,22 \text{ cm}^2$.

- Esporte

A composição corporal ideal é crítica para o sucesso no cenário esportivo. Como tal, cada vez mais é crescente a busca por técnicas válidas e confiáveis para quantificar a composição corporal dos atletas.

Neste sentido, o US vem emergindo como um método promissor para avaliação da gordura corporal subcutânea em praticantes de atividade física e/ou atletas (Müller e colaboradores, 2020).

Inicialmente, Müller e colaboradoras (2014) avaliaram dezenove atletas femininas (11 jogadoras de futebol e 8 ginastas rítmicas de nível internacional) e aplicaram ultrassom modo B combinado com o software de avaliação para medições de tecido adiposo subcutâneo em oito locais conforme padronizado pela ISAK (International Society for the Advancement of Kinanthrometry), realizado por três observadores.

Os coeficientes interobservadores para avaliação das imagens foram elevados, em torno de 0.92 a 0.99, exceto para o bíceps (0.74, 0.83 e 0.87) e os autores ressaltam que a técnica do US para avaliação do TAS permite a quantificação de estruturas fibrosas ou outras estruturas incorporadas no TAS e que os locais de medição de acordo com o protocolo ISAK que foram utilizados no presente estudo são pontos anatômicos selecionados para medição de dobras cutâneas e não para US; sendo que no tronco podem causar problemas de identificação na delimitação do TAS, reforçando a necessidade da definição desses novos pontos anatômicos para US. E concluem que alta precisão e alta confiabilidade de medição, conforme obtido com esta abordagem do US, são essenciais para a proteção da saúde do atleta e também para otimizar o seu desempenho.

Em sequência, este mesmo grupo liderado pelo pesquisador Müller e colaboradores (2014) buscaram estabelecer comparação entre a espessura das dobras

cutâneas com o US e demonstraram que a compressibilidade do tecido adiposo subcutâneo depende muito do local e do indivíduo, o que certamente limita a utilização das dobras cutâneas para estimativa da gordura corporal. O US por sua vez permite a medição do tecido adiposo subcutâneo não comprimido a espessura do tecido com uma precisão de 0,1-0,5 mm, dependendo da frequência do transdutor.

Enquanto, medidas comparativas de US reforçam que as medidas de dobras cutâneas não permitem uma avaliação precisa da espessura do tecido adiposo subcutâneo (Müller e colaboradores, 2014).

Estes estudos apresentados foram essenciais para a discussão sobre a utilização do US como uma técnica válida além de serem estabelecidas sua comparação com a medida das dobras cutâneas.

Neste contexto, ficou evidente a necessidade da padronização de protocolos com locais anatômicos e equações adequadas que possibilitassem estimativas da quantificação do TAS baseada no US em grupos de atletas suficientemente grandes e distintos.

Até aquele momento, era necessário conhecimento e experiência relevante para a identificação correta das interfaces dos tecidos na imagem de US, especialmente quando os locais são em estruturas anatômicas complexas, por exemplo, o tríceps, bíceps, região da frente da coxa e panturrilha medial podem ser encontrados facilmente, enquanto para medições de US no tronco devem ser desenvolvidos protocolos de aplicação possíveis de serem avaliados e com potencial de ser confiáveis.

Foi então que em 2016 tivemos a importante publicação deste novo protocolo conforme já foi apresentado anteriormente (Müller e colaboradores, 2016) e no ano seguinte, esta nova padronização da técnica de US pode ser aplicada em um grupo de indivíduos sobrepeso e obesos com resultados um tanto promissores (Störchle e colaboradores, 2017).

Desafios futuros

Embora a ultrassonografia seja uma ferramenta muito atrativa para avaliação da composição corporal, dada sua rápida expansão na prática clínica e no campo da pesquisa, algumas limitações e incertezas

precisam ser consideradas para sua utilização, sendo demonstrada a seguir uma discussão sobre estas ponderações.

1. Treinamento e confiabilidade do teste: sabe-se que não há um programa de treinamento formal instituído para capacitação de profissionais de saúde, o que certamente dificulta a análise sobre confiabilidade, reprodutibilidade e precisão deste método.

Neste sentido, deve-se encorajar que estes dados referentes a confiabilidade, reprodutibilidade e precisão constem como relatórios técnicos padronizados e sejam disponibilizados em estudos científicos. Estes protocolos padronizados devem priorizar: cegamento para testes de confiabilidade, número de medidas repetidas necessárias, testes de confiabilidade para pontos anatômicos específicos, testes de confiabilidade para medir a espessura ou área transversal, inclusão de medidas de intra e inter-confiabilidade, considerações sobre o posicionamento do paciente (ex: posição supina versus semi-reclinada podem gerar resultados diferentes para vários grupos musculares), critérios determinados para tachar o músculo como “não avaliável” entre outros.

No caso das dobras cutâneas, alguns protocolos já possuem sua tolerância sobre o erro técnico de medida (ETM), no caso do protocolo da ISAK, o ETM inter-avaliador consiste em: 12,5% para dobras e 2,5% para outras medidas (circunferências, diâmetros, etc), enquanto o ETM intra-avaliador é de 10,0% para dobras e 2,0% para outras medidas antropométricas.

Além disso, é recomendada a realização de duas medidas em cada sítio antropométrico e uma terceira medida deve ser realizada quando a segunda medida não estiver variando em até 5% para as dobras cutâneas, ou em até 1% para as demais medidas. Por último, o valor médio deverá ser utilizado quando duas medidas forem realizadas e a mediana, quando forem três (Esparza-Ros e colaboradores, 2019).

Já com relação aos estudos com US, na maioria, há uma lacuna sobre estas informações, especialmente, sobre como o teste de confiabilidade foi realizado. É importante que as medidas de confiabilidade foquem na qualidade dos dados fundamentais para aquisição da imagem, uma vez que a validação e a confiabilidade são primordiais para se confirmar que as medidas são consistentes e permitam, assim, comparações

com diferentes estudos (Mourtzakis e colaboradores 2017).

2. Identificação dos pontos anatômicos (músculo): é possível verificar uma grande heterogeneidade entre os locais avaliados, especialmente para quantificação do tecido muscular, sendo este um dos principais obstáculos para validade externa entre os estudos.

Não há uma padronização entre os músculos específicos e/ou grupos musculares a serem avaliados, assim diferentes músculos são frequentemente medidos em diferentes estudos (reto femoral versus vasto lateral, membro superior versus membro inferior ou uma combinação destes). Adicionalmente, nota-se que diferentes métodos são usados para esta quantificação do tecido muscular (ex: área de seção transversal versus espessura da camada de músculo).

E esta dificuldade de padronização estende-se inclusive para o local ideal para aquisição da imagem (meio da coxa versus 2/3 do comprimento do fêmur versus 3/5 do fêmur comprimento).

Por fim, o número de imagens necessárias para análise adequada das medidas de biomecânica e integridade metabólica também permanecem obscuros e não padronizado (Mourtzakis e colaboradores 2017).

3. Aquisição da imagem e análise: quando se observam estudos com US e composição corporal é possível verificar que a forma de análise varia entre eles, ou seja, alguns investigam a espessura da camada muscular, outros, a área da seção transversal ou até mesmo ecogenicidade, enquanto existem estudos que usam uma combinação desses métodos.

Além disso, outro ponto a ser considerado é que diferentes fenótipos de composição corporal podem representar desafios para esta avaliação da composição corporal, como é o caso dos indivíduos obesos, os quais podem ter limites fasciais indistinguíveis, e a infiltração gordurosa pode inclusive afetar a espessura do músculo.

Estes pacientes obesos normalmente requerem maior profundidade de varredura, com subsequente perda de resolução. A infiltração gordurosa dentro do músculo poderá acarretar confusão nas medidas de espessura muscular, a menos que fatores ecogênicos, ou seja, variáveis que influenciam a "recuperação" ou reflexo de ondas de ultrassom e diferem

entre os diferentes equipamentos, sejam considerados simultaneamente (Mourtzakis e colaboradores 2017).

A aquisição de imagens também pode ser equivocada em situações nas quais a obtenção das interfaces dos limites musculares seja um grande desafio na prática clínica, como é o caso de idosos e indivíduos com elevado grau de obesidade (grau III), podendo assim contribuir para aumento do erro em confiabilidade e precisão.

Outro fator relevante de ser considerado durante a aquisição e análise das imagens é o estado hídrico, uma vez que este pode afetar as medições variando em situações de compressão mínima ou máxima. Alguns pesquisadores optam por usar compressão total do transdutor como uma tentativa de remover o efeito de confusão do edema (Paris e colaboradores, 2017).

Entretanto, sabe-se que a compressão total pode alterar o tamanho e a forma do músculo. Já outros pesquisadores, conforme mencionado anteriormente (Müller e colaboradores 2016), preferem utilizar a compressão mínima ou nenhuma compressão, sendo que nestes casos, o excesso de gel de ultrassom é utilizado para minimizar a distorção da imagem que normalmente ocorre na pele devido à pressão do transdutor.

Desta forma, a adoção destas técnicas distintas tornam difícil a comparação dos resultados dos estudos (Mourtzakis e colaboradores 2017).

4. Dados normativos e interpretação dos resultados: são raros os estudos que fornecem um corte homogênea e saudável para comparação dos resultados quanto a quantificação dos tecidos corporais pelo US, como consequência, existe uma necessidade essencial de dados normativos para identificar pacientes com baixa massa muscular, por exemplo.

Os estudos de caso-controle são metodologicamente difíceis, devido a variabilidade interindividual no tamanho do músculo.

Mourtzakis e colaboradores (2017) destacam brilhantemente que estas mudanças percentuais podem ser mais significativas, entretanto, estes percentuais podem ser enganosos no contexto de pequenos grupos musculares, para isso utilizam o exemplo a seguir para ilustrar: "uma perda de área de seção transversal de 5 cm² em um grupo de músculos que equivaleria a 40 cm²

corresponde a perda de 13%, em comparação com um músculo que tinha 80 cm², esta equivaleria a uma perda de 7%”.

Neste sentido, deve-se retomar a conhecida distinção entre diferenças estatisticamente significativas e mudanças clinicamente relevantes, respeitando a precisão intrínseca e variabilidade da técnica, reforçando que os investigadores precisam ser claros com em relação à qualidade, precisão e reprodutibilidade dos dados coletados (Mourtzakis e colaboradores 2017).

Esta discussão apresentada objetivou fornecer uma visão geral dos grandes desafios que a ciência e a prática clínica se deparam ao e lançar mão do uso da ultrassonografia para avaliação da composição corporal, especialmente considerando a medida para quantificação dos tecidos corporais.

É imprescindível que os profissionais de saúde compreendam sobre estas limitações e falta de padronização nas abordagens utilizadas para que assim os estudos futuros possam incorporar o rigor técnico exigido e esperado visando o aprimoramento desta técnica.

CONCLUSÃO

A ultrassonografia é uma técnica simples, portátil, segura, não envolve radiação ionizante, possibilita rápida aquisição e avaliação dos dados, o envolvimento do sujeito é mínimo, é aplicável no campo e os custos são relativamente inferiores quando comparados com ressonância magnética ou tomografia computadorizada.

Desta forma, é capaz de fornecer uma análise precisa, reprodutível e rápida dos tecidos corporais e sua aplicação não se restringe ao contexto esportivo e a condição de sarcopenia, podendo ser expandida também para outras situações clínicas de acordo com Prado e Heymsfield (2014), tais como: fibrose cística, pacientes gravemente enfermos, pacientes com esclerose lateral amiotrófica ou que sofreram AVC entre outros.

Em síntese, esta revisão demonstra que ultrassom é uma ferramenta confiável e válida para a avaliação dos tecidos corporais e estudos adicionais são necessários na tentativa de se minimizar os possíveis erros, adotando um protocolo prático, padronizado e que seja aplicado em diferentes condições clínicas bem como em populações saudáveis.

Por fim, acredita-se no potencial de contribuição e atualização que este presente estudo promove aos profissionais de saúde envolvidos no contexto de análise da composição corporal a fim proporcionar uma importante compilação da literatura científica acerca dos princípios, procedimentos e aplicabilidade do método do ultrassom e assim favorecer o direcionamento destes profissionais durante estas avaliações da composição corporal na prática clínica.

AGRADECIMENTOS

Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) Processo: 2017/07963-0 e Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES Brasil

CONFLITO DE INTERESSE

Declaro não haver conflito de interesse.

REFERÊNCIAS

- 1-Ackland, T.R.; Lohman, T.G.; Sundgot-Borgen, J. Current status of body composition assessment in sport: review and position statement on behalf of the Ad Hoc Research Working Group on Body Composition Health and Performance, under the auspices of the I.O.C. Medical Commission. *Sports Med.* Vol. 42. 2012. p. 227-49.
- 2-Ahtiainen, J.P.; Hoffren, M.; Hulmi, J.J.; Pietikainen, M.; Mero, A.A.; Avela, J.; Hakkinen, K. Panoramic ultrasonography is a valid method to measure changes in skeletal muscle cross-sectional area. *Eur J Appl Physiol.* Vol 108. 2010. p. 273-279.
- 3-Albano, D.; Messina, C.; Vitale, J.; Sconfienza, L.M. Imaging of sarcopenia: old evidence and new insights. *Eur Radiol.* Vol.30. Num. 4. 2020. p. 2199-2208.
- 4-Angoorani, H.; Karimi, Z.; Naderi, F.; Mazaherinezhad, A. Is ultrasound-measured abdominal fat thickness a reliable method for predicting metabolic diseases in obese and overweight women? *Medical Journal of the Islamic Republic of Iran.* Vol. 32. Num. 1. 2018. p. 1-6.

- 5-Bielemann, R.M.; Gonzalez, M.C.; Barbosa-Silva, T.G.; Orlandi, S.P.; Xavier, M.O.; Bergman R.B. et al. Estimation of body fat in adults using a portable A-mode ultrasound. *Nutrition*. Vol. 32. Num. 4. 2016. p. 441-446.
- 6-Booth, R.A.D.; Goddard, B.A.; Paton, A. Measurement of fat thickness in man: a comparison of ultrasound, harpenden calipers and electrical conductivity. *Br J Nutr*. Vol. 20. 1966. p. 719-25.
- 7-Brandenburg, J.E.; Eby, S.F.; Song, P. Ultrasound elastography: the new frontier in direct measurement of muscle stiffness. *Arch Phys Med Rehabil*. Vol. 95. 2014. p. 2207–2219.
- 8-Bullen, B.A.; Quaade, F.; Olessen, E.; Lund, S.A. Ultrasonic reflections used for measuring subcutaneous fat in humans. *Human Biology*. Vol. 37. Num. 4. 1965. p. 375-384.
- 9-Bushberg, J.T.; Seibert, J.A.; Leidholdt, E.M.; Boone, J.M. *The Essential Physics of Medical Imaging*. 2nd ed. Philadelphia, PA: Williams & Wilkins. 2002.
- 10-Ceniccola, G.D.; Castro, M.G.; Piovacari, S.M.F. et al. Current technologies in body composition assessment: advantages and disadvantages. *Nutrition*. Vol 62. 2019. p. 277-288.
- 11-Clarys, J. P.; Martin, A. D.; Drinkwater, D.T. *Gross Tissue Weights in the Human Body By Cadaver Dissection*. *Human Biology*. Vol. 56. Num 3. 1984. p. 459-473
- 12-Cruz-Jentoft, A.J.; Landi, F.; Schneider, S.M. Prevalence of and interventions for sarcopenia in ageing adults: a systematic review. Report of the International Sarcopenia Initiative (EWGSOP and IWGS). *Age Ageing*. Vol. 43. 2014. p.748-759.
- 13-Cruz-Jentoft, A.J.; Bahat, G.; Bauer, J.; Boirie, Y. Writing Group for the European Working Group on Sarcopenia in Older People 2 (EWGSOP2), and the Extended Group for EWGSOP2. Sarcopenia: revised European consensus on definition and diagnosis. *Age Ageing*. Vol. 48. 2019. p. 16-31.
- 14-Esparza-Ros, F.; Vaquero-Cristóbal, R.; Marfell-Jones, M. Protocolo internacional para la valoración antropométrica. Murcia: International Society for the Advancement of Kinanthropometry - ISAK. 2019.
- 15-Deniz, O.; Cruz-Jentoft, A.; Sengul Aycicek, G.; Unsal, P.; Esme, M.; Ucar, Y.; Burkuk, S.; Sendur, A.; Yavuz, B. B.; Cankurtaran, M.; Halil, M. Role of Ultrasonography in Estimating Muscle Mass in Sarcopenic Obesity. *Journal of Parenteral and Enteral Nutrition*. Vol. 44. Num. 8. 2020. p. 1398-1406.
- 16-Fox, C. S.; Massaro, J. M.; Hoffmann, U.; Pou, K. M.; Maurovich-Horvat, P.; Liu, C. Y.; Vasan, R. S.; Murabito, J. M.; Meigs, J. B.; Cupples, L. A.; D'Agostino, R. B.; O'Donnell, C. J. Abdominal visceral and subcutaneous adipose tissue compartments: Association with metabolic risk factors in the framingham heart study. *Circulation*. Vol. 116. Num. 1. 2007. p. 39-48.
- 17-Guerri, S.; Mercatelli, D.; Aparisi Gómez, M.P. Quantitative imaging techniques for the assessment of osteoporosis and sarcopenia. *Quant Imaging Med Surg*. Vol. 8. 2018. p. 60-85.
- 18-Hamagawa, K.; Matsumura, Y.; Kubo, T. Hayato, K.; Okawa, M.; Tanioka, K.; Yamasaki, N.; Kitaoka, H.; Yabe, T.; Nishinaga, M.; Doi, Y. L. Abdominal visceral fat thickness measured by ultrasonography predicts the presence and severity of coronary artery disease. *Ultrasound in Medicine and Biology*. Vol. 36. Num. 11. 2010. p. 1769-75.
- 19-Hepatologia, S. B. Doença Hepática Gordurosa Não Alcoólica - Consenso da Sociedade Brasileira de Hepatologia. *Revista da Sociedade Brasileira de Hepatologia*. 2015.
- 20-Lucia Rolfe, E.; Sleigh, A.; Finucane, F. M.; Brage, S.; Stolk, R. P.; Cooper, C.; Sharp, S. J.; Wareham, N. J.; Ong, K. K. Ultrasound measurements of visceral and subcutaneous abdominal thickness to predict abdominal adiposity among older men and women. *Obesity*. Vol. 18. Num. 3. 2010. p. 625-631.
- 21-Lixandrão, M.E.; Ugrinowitsch, C.; Bottaro, M.; Chacon-Mikahil, M.P.; Cavaglieri, C.R.; Min, L.L.; Souza, E.O.; Laurentino, G.C.; Libardi, C.A. Vastus lateralis muscle cross-sectional area ultrasonography validity for image fitting in

- humans. *J Strength Cond Res*. Vol. 28. Num 11. 2014. p. 3293-7.
- 22-Mialich, M. S.; Sicchieri, J. M. F.; Jordao, A. A. Analysis of body composition: a critical review of the use of bioelectrical impedance analysis. *International Journal of Clinical Nutrition*. Vol. 2. Num. 1. 2014. p. 1-10.
- 23-Mitchell, W.K.; Phillips, B.E.; Williams, J.P. Development of a new Sonovue contrast-enhanced ultrasound approach reveals temporal and age-related features of muscle microvascular responses to feeding. *Physiol Rep*. Vol. 1. 2013. p. e00119.
- 24-Mourtzakis, M.; Parry, S.; Connolly, B.; Puthuchery, Z. Skeletal Muscle Ultrasound in Critical Care: A Tool in Need of Translation. *Ann Am Thorac Soc*. Vol. 14. Num. 10. 2017. p.1495-1503.
- 25-Müller, W.; Horn, M.; Furhapter-Rieger, A. Body composition in sport: interobserver reliability of a novel ultrasound measure of subcutaneous fat tissue. *Br J Sports Med*. Vol 47. 2013. p. 1036-1043.
- 26-Müller, W.; Horn, M.; Furhapter-Rieger, A. Body composition in sport: a comparison of a novel ultrasound imaging technique to measure subcutaneous fat tissue compared with skinfold measurement. *Br J Sports Med*. Vol 47. 2013. p. 1028-1035.
- 27-Müller, W.; Maughan, R.J. The need for a novel approach to measure body composition: is ultrasound an answer? *Br J Sports Med*. Vol. 47. 2013. p. 1001-2.
- 28-Müller, W.; Lohman, T.G.; Stewart, A.D.; Maughan, R.J.; Meyer, N.L.; Sardinha, L.B. Subcutaneous fat patterning in athletes: selection of appropriate sites and standardisation of a novel ultrasound measurement technique: ad hoc working group on body composition, health and performance, under the auspices of the IOC Medical Commission. *Br J Sports Med*. Vol. 50. Num. 1. 2016. p. 45-54.
- 29-Müller, W.; Fürhapter-Rieger, A.; Ahammer, H.; Lohman, T.G.; Meyer, N.L.; Sardinha, L.B. et al. Relative Body Weight and Standardised Brightness-Mode Ultrasound Measurement of Subcutaneous Fat in Athletes: An International Multicentre Reliability Study, Under the Auspices of the IOC Medical Commission. *Sports Medicine*. Vol. 50. 2020. p. 597-614
- 30-Neves, E.B.; Ripka, W.L.; Ulbricht, L.; Stadnik, A.M.W. Comparação do percentual de gordura obtido por bioimpedância, ultrassom e dobras cutâneas em adultos jovens. *Rev Bras Med Esporte*. Vol. 19. Num. 5. 2013. p. 323-327.
- 31-Noce, P. Fundamentals of diagnostic ultrasonography. *Biomedical Instrumentation and Technology*. Vol. 24. Num. 6. 1990. p. 456-459.
- 32-Noorkoiv, M.; Nosaka, K.; Blazeovich, A.J. Assessment of quadriceps muscle cross-sectional area by ultrasound extended field-of-view imaging. *Eur J Appl Physiol*. Vol. 109. 2010. p. 631-639.
- 33-O'Neill, D.C.; Cronin, O.; O'Neill, S.B.; Woods, T.; Keohane, D.M.; Molloy, M.G.; Falvey, E.C. Application of a Sub-set of Skinfold Sites for Ultrasound Measurement of Subcutaneous Adiposity and Percentage Body Fat Estimation in Athletes. *Int J Sports Med*. Vol. 37. Num. 5. 2016. p.359-63.
- 34-Paris, M.T.; Mourtzakis, M.; Day, A.; Leung, R.; Watharkar, S.; Kozar, R.; Earthman, C.; Kuchnia, A.; Dhaliwal, R.; Moisey, L. Validation of bedside ultrasound of muscle layer thickness of the quadriceps in the critically ill patient (VALIDUM Study): a prospective multicenter study. *JPEN J Parenter Enteral Nutr*. Vol. 41. 2017. p.171-180.
- 35-Philipsen, A.; Carstensen, B.; Sandbaek, A.; Almdal, T. P.; Johansen, N. B.; Jørgensen, M. E.; Witte, D. R. Reproducibility of ultrasonography for assessing abdominal fat distribution in a population at high risk of diabetes. *Nutrition and Diabetes*. Vol. 3. e82. 2013. p. 1-6
- 36-Prado, C.M.M.; Heymsfield, S. B. Lean tissue imaging: a new era for nutritional assessment and Intervention. *Journal of Parenteral and Enteral Nutrition*. Vol. 38. Num. 8. 2014. p. 940-953.
- 37-Preis, S. R.; Massaro, J. M.; Robins, S. J.; Hoffmann, U.; Vasan, R. S.; Irlbeck, T.; Meigs,

J. B.; Sutherland, P.; D'Agostino, R. B.; O'Donnell, C. J.; Fox, C. S. Abdominal subcutaneous and visceral adipose tissue and insulin resistance in the framingham heart study. *Obesity*. Vol. 18. Num. 11. 2010. p 2191-98.

Recebido para publicação em 05/04/2022
Aceito em 03/06/2022

38-Rossner, S.; Bo, W. J.; Hiltbrandt, E.; Hinson, W.; Karstaedt, N.; Santago, P.; Sobol, W. T.; Crouse, J. R. Adipose tissue determinations in cadavers - A comparison between cross-sectional planimetry and computed tomography. *International Journal of Obesity*. Vol. 14. Num 10. 1990. p. 893-902.

39-Reeves, N.D.; Maganaris, C.N.; Narici, M.V. Ultrasonographic assessment of human skeletal muscle size. *Eur J Appl Physiol*. Vol. 91. 2004. p. 116-118.

40-Störchle, P.; Müller, W.; Sengeis, M., Ahammer, H., Fürhapter-Rieger, A.; Bachl, N.; Lackner, S., Mörkl, S.; Holasek, S. Standardized Ultrasound Measurement of Subcutaneous Fat Patterning: High Reliability and Accuracy in Groups Ranging from Lean to Obese. *Ultrasound Med Biol*. Vol. 43. Num. 2. 2017. p.427-438.

41-Vlachos, I. S.; Hatzioannou, A.; Perelas, A.; Perrea, D. N. Sonographic assessment of regional adiposity. *American Journal of Roentgenology*. Vol. 189. Num. 6. 2007. p. 1545-1553.

42-Wagner, D.R. Ultrasound as a tool to asses body fat. *Journal of Obesity*. 2013. p. 1-9.

43-Zukeram, M.S.; Toledo, D. O. Avaliação da composição corporal por ultrassonografia. In Ribeiro, S.M.L.; Melo, C.M.; Tirapegui, J. *Avaliação Nutricional Teoria & Prática*. 2ª Edição. Rio de Janeiro. Guanabara Koogan. 2018.

Autor correspondente:

Mirele Savegnago Mialich.

mirele.mialich@usp.br

Departamento de Ciências da Saúde.

Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto

Universidade de São Paulo-USP.

Ribeirão Preto, São Paulo, Brasil.