

Currículo essencial de ultrassonografia na graduação médica: uma revisão da literatura

Ultrasound core curriculum in medical school: a literature review

Eduardo Antônio Andrade dos Santos¹  prof.eduardo.andrade@hotmail.com
Patricia Carla Zanelatto Gonçalves¹  patriciaacarlagz@hotmail.com
Patricia Zen Tempski²  patricia.tempski@fm.usp.br
Ipojucan Calixto Fraiz³  fraiz@uol.com.br
Milton Arruda Martins²  mmartins@usp.br

RESUMO

Introdução: Tradicionalmente, inspeção, palpação, percussão e ausculta constituem os quatro pilares da medicina à beira do leito. A Ultrassonografia no Local do Atendimento (POCUS) tem se destacado em melhorar a acurácia do diagnóstico clínico.

Objetivo: Este estudo teve como objetivo realizar revisão de literatura sobre currículos de ultrassonografia em cursos médicos.

Método: Realizou-se uma revisão narrativa nas bases de dados PubMed, LILACS e SciELO, em que se utilizaram os descritores: “ultrassom”, “ultrassonografia”, “currículo”, “medicina” e “escola médica”.

Resultado: Foram analisados 36 artigos com enfoque na integração da ultrassonografia ao currículo de Medicina. Identificaram-se 12 artigos que detalham currículos específicos, a partir dos quais foram elaborados quadros comparativos, agrupados por região anatômica ou área de conhecimento.

Conclusão: A ultrassonografia está sendo integrada aos currículos médicos, contribuindo para o ensino de várias disciplinas, além de ser utilizada como apoio diagnóstico à beira do leito. Para sua incorporação curricular, é necessário considerar as competências a serem adquiridas dentro da perspectiva da formação do médico generalista. Sua adoção requer investimento em equipamentos e treinamento docente para que se alcancem os objetivos de aprendizagem.

Palavras-chave: Ultrassom; Ultrassonografia; Currículo; Medicina.

ABSTRACT

Introduction: Traditionally, inspection, palpation, percussion, and auscultation constitute the four pillars of bedside medicine. Point-of-care ultrasound (POCUS) has shown to be promising in improving the accuracy of clinical diagnosis.

Objective: To carry out a literature review on ultrasound curricula in medical courses.

Methods: A systematic review was carried out in PubMed, LILACS and SciELO databases, including the descriptors: “ultrasonography”, “curriculum”, “medicine” and “medical school”.

Results: 36 studies were analyzed, focusing on the integration of ultrasound into the medical curriculum. Twelve articles that describe specific ultrasonography curricula in detail were identified. Comparative tables were created, grouped by region of the body or area of knowledge.

Conclusions: Ultrasonography is being integrated into medical curricula, contributing to the teaching of various medical course subjects, as well as supporting bedside diagnosis. For its implementation in medical curricula, one must consider the skills to be acquired from the general practitioner's training perspective. Investment in quality equipment and teacher training is necessary to achieve learning objectives.

Keywords: ultrasound, curriculum, medical school, medicine.

¹ Faculdade Evangélica Mackenzie, Curitiba, Paraná, Brasil.

² Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, São Paulo, São Paulo, Brasil.

³ Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil.

Editora-chefe: Rosiane Viana Zuza Diniz.

Editor associado: Olaf Kraus de Camargo.

Recebido em 16/01/24; Aceito em 16/12/24.

Avaliado pelo processo de double blind review.

INTRODUÇÃO

Inspeção, palpação, percussão e ausculta constituem, há mais de um século, os quatro pilares da medicina à beira do leito, já que as técnicas de exame clínico praticamente não tiveram modificações ou aperfeiçoamentos até 1816 com a invenção do estetoscópio pelo médico Rene Laennec, de Quimper, na França, do oftalmoscópio por Hermann Helmholtz em 1845, do martelo de reflexos neurológicos por John Madison Taylor em 1888 e do otoscópio por Guy de Chauliac, de Montpellier em 1893.

Após a popularização do uso do estetoscópio, apenas mínimos aperfeiçoamentos ocorreram como a inclusão de componentes eletrônicos que permitiram amplificação, filtragem e arquivamento de sons¹.

O exame clínico tradicional pode, muitas vezes, negligenciar ou interpretar erroneamente os achados, resultando em diagnósticos incorretos ou não realizados², uma vez que apresenta limitações, mesmo quando realizado por médicos experientes que tenham feito capacitações e obtido licenças adequadas de acordo com os protocolos de treinamento existentes³.

Uma ferramenta tecnológica que tem se mostrado promissora quanto à possibilidade de melhorar a acurácia do diagnóstico clínico é a Ultrassonografia no Local do Atendimento (*Point of Care Ultrasound* – POCUS)⁴. O POCUS pode ser definida como o uso de um aparelho de ultrassonografia para diagnóstico, utilizado pelo próprio médico assistente no local do atendimento, permitindo a correlação em tempo real com os sinais e sintomas do paciente⁵. O ultrassom (US) é há muito tempo reconhecido como uma modalidade de diagnóstico por imagem extremamente útil devido à presença de imagens em tempo real, à não invasividade, à portabilidade e ao relativo baixo custo. Além disso, não apresenta os riscos associados à administração de material de contraste intravenoso ou da radiação ionizante.

Os exames de POCUS são usados para responder a questões clínicas específicas, geralmente binomiais, como se um paciente com dor no quadrante superior direito do abdômen possui um cálculo na vesícula biliar, se uma vítima de trauma apresenta sangramento intra-abdominal, se alguém com edema na panturrilha está com trombose venosa profunda ou se um quadro de dispneia está sendo ocasionado por doenças cardíacas ou pulmonares⁶. Essa tendência ocorre principalmente entre os médicos emergencistas e intensivistas, cujos treinamentos, além de serem voltados para a realização de procedimentos guiados por ultrassonografia, incluem a capacitação na realização de exames básicos de ultrassonografia torácica e abdominal¹.

Dessa maneira, muitas subespecialidades médicas e cirúrgicas estão cada vez mais adotando o uso da ultrassonografia, pois consideram-na um complemento ou uma extensão do exame físico⁷. Um dos facilitadores desse processo é o fato de os equipamentos de ultrassonografia apresentarem, nas últimas décadas, melhor qualidade e serem menos custosos e mais compactos⁴, de modo que podem ser transportados facilmente e utilizados tanto em consultórios quanto em visitas hospitalares².

Autores já se referiram ao US portátil à beira do leito como o “estetoscópio do futuro”⁸, “sonoscópio”⁹ ou o “estetoscópio visual do século 21”¹⁰.

Seria o momento de adicionarmos a insonação como quinto pilar ao exame físico, tornando o POCUS esse novo elemento do exame à beira do leito³? Se sim, como capacitar os estudantes de Medicina para essa nova realidade? Qual seria o currículo ideal de ultrassonografia dentro da perspectiva da formação do médico generalista?

Publicações mostram a incorporação da ultrassonografia em disciplinas específicas, como anatomia¹¹⁻²¹, fisiologia^{20,22-24}, semiologia²⁵⁻⁴⁰, emergências^{41,42} e procedimentos guiados^{43,44}, bem como currículos com eixos longitudinais implantados ao longo de vários anos ou até mesmo de todos os anos do curso médico^{7,45-55}, já que a maioria das publicações mostra ganhos de aprendizado e satisfação dos alunos.

OBJETIVO

O objetivo deste estudo é realizar uma revisão de literatura sobre os currículos de ultrassonografia existentes em cursos de graduação em Medicina, por meio da elaboração de uma síntese do atual estado da arte do ensino dessa técnica.

MÉTODO

Foi realizada revisão narrativa da literatura incluindo as bases de dados PubMed, LILACS e SciELO, em que se utilizaram os seguintes descritores: “ultrassom”, “ultrassonografia”, “currículo”, “medicina” e “escola médica”, bem como seus respectivos termos na língua inglesa: “ultrasound”, “curriculum”, “medicine” e “medical school”.

Avaliaram-se 36 trabalhos, todos submetidos a análise qualitativa e com diferentes enfoques na incorporação da ultrassonografia ao currículo médico. Identificaram-se então 12 artigos que descrevem currículos de ultrassonografia na graduação médica, e elaboraram-se quadros de acordo com as regiões do corpo avaliadas ou a área de conhecimento. Nesses quadros, indicaram-se os elementos analisados em cada uma, agruparam-se as informações por similaridade e compararam-se as propostas dos autores entre si.

RESULTADOS

Foram encontrados currículos com características distintas quanto ao enfoque da incorporação da ultrassonografia, como para ensino de anatomia, fisiologia, semiologia, emergências, procedimentos guiados, bem como em ambiente virtual de aprendizagem (*e-learning*). Os respectivos trabalhos estão descritos no Quadro 1.

A expressão “anatomia viva” foi introduzida em 1996, na Universidade de Hannover, na Alemanha¹¹, para referir-se às características dinâmicas do uso de ultrassonografia em seres vivos para o ensino de anatomia.

Um artigo escrito na Universidade de Durham, no Reino Unido, descreve 12 dicas (*twelve tips*) para o ensino de US no currículo de graduação: 1. identificar uma sessão na qual o US possa ser integrado com as outras ciências clínicas básicas, para ajudar no alcance dos objetivos de aprendizagem; 2. escolher um ambiente físico adequado para maximizar a experiência de aprendizado dos alunos, de modo a promover a interação e otimizar as oportunidades de observação do paciente, da imagem e do equipamento; 3. garantir a familiaridade dos alunos com o equipamento de US, seus botões e controles, bem como da configuração apropriada antes do início das aulas, para que as aulas transcorram com tranquilidade quanto a esse ponto (knobologia: estudo da manipulação de botões e controles do aparelho de ultrassonografia); 4. certificar-se de que uma equipe devidamente treinada esteja disponível para realizar o exame, orientar os alunos sobre a anatomia relevante e integrar a aula ao currículo e aos objetivos de aprendizagem; 5. obter consentimento informado dos voluntários submetidos à ultrassonografia e realizar uma varredura ultrassonográfica da área a ser demonstrada antes da aula, para o caso de existir algum achado incidental; 6. ter um protocolo estabelecido para situações que requerem prosseguimento da investigação se uma patologia incidental for identificada em um voluntário assintomático; 7. realizar uma palestra introdutória para definir o cenário, sinalizar os pontos-chave da anatomia necessária e orientar os alunos sobre as imagens de US que serão estudadas; 8. considerar a dignidade do paciente, o posicionamento e a ergonomia antes e durante toda a sessão de treinamento; 9. ao realizar a aula de treinamento, permitir o fator surpresa inicial (*wow-factor*) e, em seguida, reforçar consistentemente os principais objetivos de aprendizagem, a orientação do transdutor e a anatomia, explicando a relevância clínica; 10. permitir aos alunos um tempo de diversão supervisionado (*play time*), pois os estudantes aprendem significativamente quando manuseiam o transdutor e correlacionam por si próprios a orientação do transdutor e a anatomia dos órgãos; 11. avaliar

Quadro 1. Diferentes enfoques na incorporação da ultrassonografia ao currículo médico.

Área de conhecimento	Autores
Anatomia	Teichgräber et al. ¹¹ Wittich ¹² Tshibwabwa et al. ¹³ Rao et al. ¹⁴ Mircea et al. ¹⁵ Dreher et al. ¹⁶ Brown et al. ¹⁷ Swamy et al. ¹⁸ Sweetman et al. ¹⁹ Griksaitis et al. ²⁰ Kondrashov et al. ²¹
Fisiologia	Brunner et al. ²² Hammoudi et al. ²³ Griksaitis et al. ²⁰ Kondrashova et al. ²⁴
Semiologia	Shapiro et al. ²⁵ Kobal et al. ²⁶ Angtuaco et al. ²⁷ Butter et al. ²⁸ Wright et al. ²⁹ Afonso et al. ³⁰ Fodor et al. ³¹ Jamniczky et al. ³² Ahn et al. ³³ So et al. ³⁴ Nelson et al. ³⁵ Rempell et al. ³⁶ Parikh et al. ³⁷ Walrod et al. ³⁸ Zoll et al. ³⁹ Liu et al. ⁴⁰
Emergências	Dickerson et al. ⁴¹ Udrea et al. ⁴²
Procedimentos guiados	Griswold-Theodorson et al. ⁴³ Osborn et al. ⁴⁴
<i>E-learning</i> ou simuladores	Cuca et al. ⁷⁰ Bernard et al. ⁶⁹ Florescu et al. ⁷¹

Fonte: Elaborado pelos autores.

a aula: aspecto fundamental para desenvolver ainda mais o eixo pedagógico de US; 12. incorporar a aplicação do US às avaliações formais do curso²⁰.

Foram elaborados 15 quadros comparativos entre 12 currículos de ultrassonografia publicados, agrupando itens por similaridade. No Quadro 2, estão descritas as competências relacionadas ao uso do aparelho de ultrassonografia. Os quadros 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 e 13 apresentam as competências de acordo com a região do corpo ou o tipo de elemento anatômico analisado. O Quadro 14 contempla a área de pediatria. O Quadro 15 descreve os elementos curriculares relacionados ao uso da ultrassonografia para procedimentos guiados. O Quadro 16 descreve protocolos ultrassonográficos específicos.

Quadro 2. Currículos de ultrassonografia em escolas de medicina – conhecimentos técnicos sobre o equipamento.

Autores	Princípios de ultrassonografia e knobologia
Heinzow et al. ⁴⁵	• Princípios de ultrassom. • Conhecimento de planos ultrassonográficos. • Tipos de transdutor. • Manuseio do aparelho de ultrassom.
Baltarowich et al. ⁷	• Aquisição de imagem: transmissão e reflexão de som, dispersão, janela acústica. • Otimização de imagem: profundidade, foco, curva de compensação de ganho, campo de varredura. • Propriedades acústicas posteriores: realce posterior, atenuação, sombra acústica. • Artefatos: campo próximo, reverberação, refração de borda, imagem em espelho. • Terminologia: ecogênica, hiperecoica, hipoeicoica, anecoica, isoecoica. • Características de líquido simples, líquido complexo, tecido mole/sólido, ar/gás, osso/cálcio. • Caracterização de massas císticas simples, císticas complexas e sólidas. • Modos de imagem: modo B, Doppler (espectral, colorido e de potência), modo M. • Orientação do transdutor e da imagem: sagital, transversal, coronal. • Transdutores: frequências, tipos (linear, convexo, setorial, transvaginal), campo próximo, campo distante. • Configurações da máquina: frequência do transdutor, profundidade, foco, ganho, curva de compensação de ganho • Botões de controle: congelar, salvar imagens, <i>cine-loop</i>, medidas com marcadores.
Dinh et al. ⁴⁹	• Terminologia: ecogênica, hiperecoica, hipoeicoica, anecoica, isoecoica. • Artefatos: sombra posterior, reforço posterior, reverberação, cauda de cometa, imagem em espelho. • Transdutores: linear, matricial, convexo. • Orientação do transdutor no paciente. • Cuidados com o transdutor (limpeza e rotinas). • Ajuste de profundidade, ajuste de ganho. • Modo B, congelamento da imagem, salvamento da imagem, <i>cine-loop</i>, uso de <i>calipers</i> para medições, modo M, Doppler colorido.
Mullen et al. ⁵¹	• Inicialização do aparelho. • Seleção da configuração de varredura apropriada. • Ajuste de ganho e profundidade. • Demonstração da orientação apropriada do indicador do transdutor. • Captura de imagem. • Vantagens e desvantagens de cada transdutor. • Mudança de planos transversal e longitudinal.
Wakefield et al. ⁵²	• Física do ultrassom. • Artefatos do ultrassom. • Knobologia.
Celebi et al. ⁵³	• Artefatos: reverberação, reforço acústico posterior, sombra acústica posterior, sombra de margem cística. • Planos de imagem. • Efeito Doppler e velocidades de fluxo. • Otimização de imagem com controle de ganho e profundidade. • Denominação de cada posição do transdutor, identificando no monitor onde são os lados esquerdo e direito e as regiões cranial, caudal, ventral ou dorsal.
Ma et al. ⁵⁵	• Física do ultrassom: frequência, comprimentos de onda. • Interações do som com o tecido: reflexão, dispersão, refração. • Artefatos comuns: reverberação, atenuação, sombra acústica, reforço acústico posterior. • Imagem em modo B. • Imagem em modo M. • Características do transdutor. • Orientação do transdutor. • Terminologia de plano de varredura: coronal, sagital, axial. • Movimentos do transdutor: deslizamento, inclinação, retificação. • Terminologia: anecoica, hipoeicoica, hiperecoica, complexa, heterogênea. • Reconhecimento de estruturas císticas, sólidas e não císticas. • Knobologia básica: profundidade, ganho. • Controle primário: congelar imagem, salvar imagem, <i>cine-loop</i>.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Quadro 3. Currículos de ultrassonografia em escolas de medicina: Cabeça e Pescoço.

Autores	Olho	Boca	Região cervical e tireoide
Heinzow et al. ⁴⁵			• Demonstração de achados normais. • Volumetria. • Avaliação de lesões focais suspeitas. • Avaliação de diferentes tipos de tireoidite. • Análise por Doppler colorido da vascularização cervical. • Paratireoides.
Fox et al. ⁴⁶	• Descolamento de retina. • Lesão de corpo vítreo. • Luxação do cristalino. • Ruptura do globo ocular. • Corpo estranho. • Neurite óptica. • Alargamento da bainha do nervo óptico (hipertensão intracraniana). • Imagem da constrição pupilar com a pálpebra fechada. • Avaliação de disfunção pupilar aferente.	• Informações adicionais sobre: • Abscesso periamigdaliano. • Abscesso periapical. • Sialolitíase. • Angina de Ludwig.	• Localização e caracterização de massas cervicais superficiais e profundas. • Visualização dos lobos da tireoide. • Detecção de tumor de pequeno volume. • Diferenciação entre tumores sólidos e císticos. • Pacientes com hiperparatireoidismo: localização de adenomas de paratireoide.
Baltarowich et al. ⁷			• Tireoide. • Avaliação de massa cervical/tireoidiana.
Dinh et al. ⁴⁷	• Câmara anterior. • Câmara vítrea. • Cristalino. • Nervo óptico.		• Tireoide. • Traqueia.
Chiem et al. ⁴⁸	• Diâmetro da bainha do nervo óptico (pressão intracraniana). • Movimento extraocular normal e resposta pupilar. • Descolamento de retina. • Hemorragia vítrea. • Descolamento vítreo. • Luxação de cristalino. • Hematoma retro-ocular. • Massas. • Corpos estranhos.		• Diferenciação de linfonodos, cistos, abscessos, massas. • Lobos tireoidianos normais.
Wakefield et al. ⁵²			• Varredura anterior da região cervical. • Aparência ultrassonográfica da tireoide e sua relação com a artéria carótida comum, a veia jugular interna e a traqueia. • Exame cervical, incluindo tireoide, traqueia, linfonodos e músculos.
Celebi et al. ⁵³			• Tireoide. • Explicar de como reconhecer nódulos tireoidianos, tireoidite e linfonodos aumentados.
Ma et al. ⁵⁵			• Tireoide. • Cartilagem tireoide. • Traqueia.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Quadro 4. Currículos de ultrassonografia em escolas de medicina: Tórax.

Autores	Pulmões	Coração
Heinzow et al. ⁴⁵	• Pneumotórax. • Derrame pleural.	• Avaliação de derrame pericárdico.
Fox et al. ⁴⁶	• Detecção de várias patologias pulmonares consideravelmente melhor do que ausculta ou mesmo que radiografia de tórax. • Alternativa segura, rápida e econômica para a tomografia computadorizada de tórax.	• <i>Ictus cordis</i>. • Diferentes formas de cardiomiopatia. • Discinesias atrial e ventricular. • Movimento das válvulas cardíacas normais. • Insuficiência aórtica e mitral em estágio inicial. • Espessura do miocárdio. • Triagem para cardiomiopatia hipertrófica assintomática em jovens atletas.
Baltarowich et al. ⁷	• Pulmão normal. • Linha pleural. • Deslizamento pulmonar. • Derrame pleural. • Pneumotórax. • Diafragma normal (hiperecogenicidade e movimento). • Paralisia de hemidiafragma.	• Derrame pericárdico (janela subxifoide). • Compressão de câmaras direitas e tamponamento cardíaco. • Disfunção valvar. • Aumento de câmaras cardíacas e cardiomegalia. • Fração de ejeção.
Dinh et al. ⁴⁷	• Linha pleural. • Sombra de costelas. • Hemidiafragma direito.	• Janela paraesternal longitudinal. • Ventrículo esquerdo. • Ventrículo direito. • Septo interventricular. • Válvula aórtica. • Válvula mitral.
Dinh et al. ⁴⁹	• Linha pleural. • Sombra de costelas. • Deslizamento pulmonar. • Modo B. • Deslizamento pulmonar. • Modo M. • Diafragma • Linhas A. • Linhas B. • Pneumotórax (modo B). • Pneumotórax (modo M). • Derrame pleural. • Edema pulmonar. • Síndrome intersticial.	• Janela paraesternal longitudinal. • Janela paraesternal transversal. • Janela apical de quatro câmaras. • Janela subxifoide. • Identificação das válvulas. • Identificação das câmaras cardíacas. • Via de saída do ventrículo esquerdo. • Saco pericárdico. • Aorta descendente. • Função ventricular esquerda global. • Derrame pericárdico. • Parada cardíaca. • Tamponamento cardíaco.
Chiem et al. ⁴⁸	• Pneumotórax. • Pneumonia. • Edema pulmonar. • SARA. • Derrame pleural. • Contusão pulmonar.	• Estrutura e função cardíacas normais. • Derrame pericárdico e tamponamento. • Estenose, insuficiência e prolapso valvar. • Comunicação interatrial, comunicação interventricular, forame oval patente. • Insuficiência cardíaca sistólica e diastólica. • Cardiomiopatia hipertrófica obstrutiva. • Insuficiência cardíaca.
Mullen et al. ⁵¹	• Parênquima pulmonar. • Edema pulmonar. • Linha pleural. • Pneumotórax. • Hemotórax. • Linhas A. • Linhas B. • Líquido no seio costofrênico.	• Janela cardíaca subxifoide • Janela apical de quatro câmaras. • Janela paraesternal longitudinal do coração. • Janela transversal do coração, com avaliação da fração de ejeção.
Wakefield et al. ⁵²	• Costelas e sua relação com músculos intercostais e pleura. • Correlação entre deslizamento pulmonar e ausculta do campo pulmonar correspondente.	• Correlação entre as quatro câmaras, válvulas e grandes vasos associados, nas várias janelas cardíacas. • Correlação entre os sons cardíacos no exame cardiovascular e o fechamento das válvulas.
Kondrashova et al. ⁵⁰	• Espaços pleurais direito e esquerdo nos seios costofrênicos. • Pneumotórax.	• Derrame pericárdico.

Continua...

Quadro 4. Continuação.

Autores	Pulmões	Coração
Celebi et al. ⁵³	• Costelas. • Pleura visceral. • Pleura parietal. • Diafragma. • Derrame pleural. • Pneumotórax. • Edema pulmonar. • Consolidação pulmonar.	• Coração na janela paraesternal longitudinal e transversal, janela subxifoide de quatro câmaras. • Átrio esquerdo. • Átrio direito. • Ventriculo esquerdo. • Ventriculo direito. • Septo interventricular. • Valva aórtica. • Valva mitral. • Valva tricúspide. • Raiz aórtica. • Músculos papilares. • Pericárdio. • Descrever como reconhecer: - Derrame pericárdico. - Disfunção ventricular esquerda grave. - Insuficiência cardíaca direita. - Depleção de volume. - Disfunção valvar grave. - Atividade elétrica sem pulso verdadeira.
Ma et al. ⁵⁴	• Pulmão. • Linhas B. • Derrame pleural. • Consolidação. • Pneumotórax.	• Função sistólica ventricular esquerda. • Derrame pericárdico. • Sobrecarga de ventrículo direito.
Ma et al. ⁵⁵	• Costelas. • Pleura. • Pulmão normal: linhas A. • Síndrome intersticial. • Linhas B. • Derrame pleural. • Consolidação. • Pneumotórax.	• Janela cardíaca paraesternal longitudinal. • Janela cardíaca paraesternal transversal. • Janela apical de quatro câmaras. • Janela subcostal de quatro câmaras. • Ventriculo direito. • Ventriculo esquerdo. • Átrio esquerdo. • Átrio direito. • Septo interatrial. • Septo Interventricular. • Válvulas cardíacas. • Ápice cardíaco. • Pericárdio. • Ciclo cardíaco. • Geração de som cardíaco. • Sístole/diástole. • Função ventricular esquerda global. • Derrame pericárdico.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Quadro 5. Currículos de ultrassonografia em escolas de medicina: Cavidade Peritoneal.

Autores	Cavidade peritoneal
Heinzow et al. ⁴⁵	• Líquido livre intra-abdominal.
Fox et al. ⁴⁶	• Ascite de pequeno volume, detectável antes da mobilidade do líquido ascítico observada no exame físico. • Medida do volume da “menor profundidade de fluido” para avaliação da quantidade de líquido drenável por paracentese. • Caracterizar a presença de líquido livre no espaço de Morrison.
Baltarowich et al. ⁷	• Ascite. • Hemoperitônio.
Dinh et al. ⁴⁹	• Líquido livre peritoneal (ascite e hemoperitônio).
Chiem et al. ⁴⁸	• Ascite.
Mullen et al. ⁵¹	• Espaço de Morrison. • Espaço esplenorrenal.

Continua...

Quadro 5. Continuação.

Autores	Cavidade peritoneal
Kondrashova et al. ⁵⁰	• Quadrante superior direito: líquido livre no recesso hepatorenal. • Quadrante superior esquerdo: líquido livre no recesso esplenorenal. • Líquido livre na pelve.
Celebi et al. ⁵³	• Espaço de Morrison. • Espaço de Koller. • Fundo de saco de Douglas. • Descrever como reconhecer ascite.
Ma et al. ⁵⁴	• Líquido livre. • Ascite.
Ma et al. ⁵⁵	• Líquido livre no quadrante superior direito. • Líquido livre no quadrante superior esquerdo. • Líquido livre na pelve.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Quadro 6. Currículos de ultrassonografia em escolas de Medicina: abdômen superior.

Autores	Fígado	Vesícula biliar e vias biliares	Pâncreas	Baço
Heinzow et al. ⁴⁵	• Demonstração de achados normais. • Volumetria do fígado. • Estatose hepática. • Lesões focais suspeitas. • Análise por Doppler colorido da veia porta e fluxo sanguíneo intra-hepático.	• Achados normais. • Colestase. • Medição da parede da vesícula biliar. • Colecistolitíase. • Coledocolitíase. • Volumetria da vesícula biliar. • Pólipos de vesícula biliar.	• Achados normais. • Infiltração gordurosa do pâncreas. • Lesões focais suspeitas. • Pancreatite.	• Achados normais. • Volumetria do baço. • Lesões focais suspeitas.
Fox et al. ⁴⁶	• Delimitação das bordas do fígado. • Pequenas massas. • Nódulos. • Hepatite. • Volumetria do fígado. • Medida de lesões. • Doença hepática detectável antes do exame físico. • Inflamação do fígado detectável antes da insuficiência hepática fulminante.	• Medida da espessura da parede da vesícula biliar. • Colecistite. • Obstrução de vias biliares. • Medida do fluxo biliar. • Colelitíase.		• Medidas do baço. • Massas esplênicas e caracterização em císticas ou sólidas.
Baltarowich et al. ⁷	• Fígado.	• Vesícula biliar. • Vias biliares. • Avaliação da dor no quadrante superior direito. • Icterícia obstrutiva. • Cálculos biliares. • Colecistite aguda. • Obstrução biliar.	• Pâncreas. • Cabeça do pâncreas.	• Baço. • Esplenomegalia.
Dinh et al. ⁴⁷	• Fígado.			• Baço.
Dinh et al. ⁴⁹	• Fígado.	• Vesícula biliar. • Colelitíase. • Sinal de Murphy ultrassonográfico.		• Baço.
Chiem et al. ⁴⁸	• Anatomia e vascularização normais. • Massas hepáticas. • Cistos. • Angiomas.	• Colecistite. • Coledocolitíase. • Colecistolitíase.		

Continua...

Quadro 6. Continuação.

Autores	Fígado	Vesícula biliar e vias biliares	Pâncreas	Baço
Mullen et al. ⁵¹		• Vesícula biliar.		
Wakefield et al. ⁵²	• Localização e tamanho do fígado no abdômen, com particular atenção para sua projeção para o tórax e epigástrico. • Relação entre a vesícula biliar e o fígado. • Correlação da identificação da margem do fígado com o exame físico abdominal.	• Identificação vesícula biliar. • Relação entre a vesícula biliar e o fígado.		• Localização e tamanho do baço no abdômen, com particular atenção para sua projeção para o tórax.
Celebi et al. ⁵³	• Fígado. • Veia esplênica. • Veia porta. • Confluência da veia porta. • Explicar as relações anatômicas entre os vasos. • Descrever como reconhecer: - Esteatose hepática. - Cirrose hepática avançada. - Cisto hepático. - Hemangioma hepático. - Metástases hepáticas.	• Ducto colédoco • Vesícula biliar • Descrever como reconhecer: - Colestase intra e extra-hepática. - Cálculos biliares. - Lama biliar. - Colecistite. - Pólipos biliares.	• Pâncreas. • Descrever como reconhecer: - Pancreatite. - Pseudocisto de pâncreas. - Tumor de pâncreas.	• Baço. • Descrever como reconhecer esplenomegalia.
Ma et al. ⁵⁵	• Fígado.	• Vesícula biliar.		• Baço.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Quadro 7. Currículos de ultrassonografia em escolas de medicina: Retroperitoneais.

Autores	Aorta	Veia cava inferior	Retroperitônio/ linfonodos retroperitoneais
Heinzow et al. ⁴⁵			• Achados normais. • Linfonodomegalia.
Fox et al. ⁴⁶	• Aneurisma de aorta abdominal e medidas.	• Veia cava inferior. • Monitorização de variações de calibre com a respiração para estimativa de pressão venosa central.	
Baltarowich et al. ⁷	• Aorta. • <i>Screening</i> e acompanhamento de aneurisma de aorta abdominal.	• Veia cava inferior.	
Dinh et al. ⁴⁹	• Aorta abdominal: proximal, média, distal e bifurcação. • Aneurisma da aorta abdominal.	• Veia cava inferior. • Diferenciação entre veia e artéria. • Compressibilidade. • Doppler colorido. • Variações da veia cava inferior na reposição volêmica.	
Chiem et al. ⁴⁸	• Aneurisma de aorta abdominal. • Anormalidades aórticas.	• Avaliação da veia cava inferior na reposição volêmica.	

Continua...

Quadro 7. Continuação.

Autores	Aorta	Veia cava inferior	Retroperitônio/ linfonodos retroperitoneais
Mullen et al. ⁵¹	• Aorta abdominal.	• Veia cava inferior.	
Wakefield et al. ⁵²	• Aorta e seus ramos principais.	• Veia cava inferior e suas principais tributárias.	
Kondrashova et al. ⁵⁰	• Medidas da aorta abdominal.	• Veia cava inferior.	
Celebi et al. ⁵³	• Aorta. • Tronco celíaco. • Artéria mesentérica superior. • Artérias renais. • Descrever como reconhecer aneurisma de aorta.	• Descrever como reconhecer veia cava inferior calapsável e dilatada.	• Descrever como reconhecer linfonodomegalias para-aórticas.
Ma et al. ⁵⁴		• Veia cava inferior. • Avaliação de volemia.	
Ma et al. ⁵⁵	• Aorta. • Aneurisma de aorta abdominal.	• Veia cava inferior.	• Coluna.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Quadro 8. Currículos de ultrassonografia em escolas de medicina: Intestino e Apêndice.

Autores	Intestino	Apêndice	Períneo
Heinzow et al. ⁴⁵			
Fox et al. ⁴⁶			• Auxílio na detecção e caracterização fístulas perianais. • Esfíncter interno para avaliação de atrofia ou pequenas lacerações.
Baltarowich et al. ⁷		• Suspeita de apendicite em crianças, pacientes jovens ou mulheres grávidas.	
Chiem et al. ⁴⁸	• Obstrução intestinal.	• Apendicite.	
Wakefield et al. ⁵²		• Correlação com o exame abdominal e identificação do ponto de McBurney.	

Fonte: Elaborado pelos autores.

Quadro 9. Currículos de ultrassonografia em escolas de Medicina: sistema urinário.

Autores	Suprarrenais	Rins	Bexiga
Heinzow et al. ⁴⁵	• Glândulas suprarrenais.	• Achados normais. • Volumetria dos rins. • Relação entre parênquima e pelve renal. • Hidronefrose.	
Fox et al. ⁴⁶		• Rins. • Hidronefrose. • Cistos. • Massas. • Cálculos. • Alterações do parênquima renal.	• Bexiga. • Medida da espessura da parede vesical. • Cálculos. • Divertículos. • Pequenos tumores. • Pesquisa de obstrução. • Resíduo pós-miccional. • Jatos ureterais.

Continua...

Quadro 9. Continuação.

Autores	Suprarrenais	Rins	Bexiga
Baltarowich et al. ⁷		• Rins. • Insuficiência renal. • Hematúria. • Dor nos flancos. • Hidronefroze. • Cálculos renais.	• Bexiga urinária. • Globo vesical. • Sonda de Foley na bexiga.
Dinh et al. ⁴⁷		• Rim direito. • Rim esquerdo.	• Bexiga.
Dinh et al. ⁴⁹		• Rins. • Hidronefroze.	• Bexiga. • Avaliação qualitativa do volume vesical.
Chiem et al. ⁴⁸		• Hidronefroze. • Dilatação de ureter.	• Retenção urinária.
Mullen et al. ⁵¹		• Rim direito. • Rim esquerdo.	• Bexiga urinária. • Medida do volume vesical.
Wakefield et al. ⁵²		• Localização dos rins. • Correlação do exame abdominal e identificação do ângulo renal.	
Kondrashova et al. ⁵⁰			• Bexiga urinária.
Celebi et al. ⁵³		• Rins. • Sistema pielocalicial. • Pirâmides renais. • Descrever como reconhecer: - Cistos. - Massas renais. - Obstrução do ureter.	• Descrever como reconhecer: - Corpo estranho na bexiga. - Massas na bexiga
Ma et al. ⁵⁵		• Rins. • Hidronefroze.	• Bexiga.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Quadro 10. Currículos de ultrassonografia em escolas de medicina: Pelve Masculina.

Autores	Próstata	Bolsa escrotal
Fox et al. ⁴⁶	• Medida da próstata. • Assimetrias na glândula. • Nódulos prostáticos. • Massas retais.	• Diferenciação entre: formações infecciosas, císticas, tumores sólidos e alça intestinal dentro de saco herniário. • Torção testicular. • Padrões de fluxo patológicos.
Baltarowich et al. ⁷	• Próstata. • Aumento da próstata.	• Dor testicular. • Massa testicular. • Hidrocele. • Torção testicular. • Epididimite. • Varicocele.
Chiem et al. ⁴⁸		• Torção testicular. • Massas. • Cistos.
Celebi et al. ⁵³	• Próstata. • Vesículas seminais. • Descrever como reconhecer aumento da próstata.	

Fonte: Elaborado pelos autores.

Quadro 11. Currículos de ultrassonografia em escolas de Medicina: ginecologia e obstetrícia.

Autores	Mama	Ginecologia	Obstetrícia
Fox et al. ⁴⁶		Pequenas massas uterinas e anexiais desde um centímetro.	- Primeiro trimestre: - Localização do feto. - Viabilidade fetal (cinco semanas).
Baltarowich et al. ⁷	Diferenciação entre lesão cística e sólida	- Útero. - Ovários. - Massa pélvica. - Avaliação de dor. - Sangramento vaginal anômalo. - Varredura transabdominal e transvaginal: bexiga, útero, ovários, fundo de saco. - Mioma uterino. - Espessamento endometrial. - Cisto ovariano hemorrágico. - Corpo lúteo. - Câncer de ovário. - Histerossonografia (<i>saline infusion sonography</i>).	- Anatomia fetal básica: - Cabeça. - Abdômen. - Batimentos cardíacos. - Membros. - Cordão umbilical. - Placenta. - Colo do útero. - Obstetrícia: - Sangramento anormal. - Batimentos cardíacos. - Anatomia fetal. - Diminuição da atividade fetal. - Suspeita de ruptura de membranas. - Parto prematuro. - Primeiro trimestre: - Saco gestacional. - Vesícula vitelínica. - Embrião. - Modo M. - Batimentos cardíacos. - Segundo e terceiro trimestres: - Batimentos cardíacos fetais. - Placenta. - Líquido amniótico. - Colo do útero. - Complicações da gravidez no primeiro trimestre: - Hemorragia subcoriônica. - Morte embrionária. - Gravidez ectópica. - Placenta prévia. - Incompetência istmocervical. - Polidrâmnio. - Oligodrâmnio.
Dinh et al. ⁴⁹		Útero.	- Saco gestacional. - Saco vitelino. - Polo fetal - Batimentos cardíacos fetais (avaliação da frequência cardíaca fetal). - Reconhecimento de - gravidez ectópica.
Chiem et al. ⁴⁸		- Massas uterinas. - Massas anexiais e ovarianas. - Cistos. - Torção ovariana.	- Gravidez intrauterina normal: - Comprimento cabeça-nádega. - Batimentos cardíacos fetais. - Diâmetro biparietal. - Gravidez ectópica. - Anomalias fetais.
Kondrashova et al. ⁵⁰	- Camadas mamárias. - Nódulos linfáticos axilares. - Dutos lactíferos. - Tumor benigno. - Cistos. - Papiloma intraductal. - Carcinoma ductal.	- Líquido livre no fundo de saco de Douglas. - Útero. - Tubas uterinas. - Endometriose. - Ovários direito e esquerdo. - Folículos ovarianos. - Mioma uterino. - Massa ovariana. - Abscesso ovariano.	- Placenta. - Feto. - Cabeça do feto com perfil de face. - Coração. - Estômago. - Cerebelo. - Ventrículos cerebrais. - Coluna vertebral. - Sexo fetal. - Posição fetal. - Estimativa da idade fetal: diâmetro biparietal, circunferência cefálica e comprimento do fêmur.

Continua...

Quadro 11. Continuação.

Autores	Mama	Ginecologia	Obstetrícia
Celebi et al. ⁵³		• Útero e a vagina. • Descrever como reconhecer mioma uterino.	
Ma et al. ⁵⁵		• Útero.	

Fonte: Elaborado pelos autores.

Quadro 12. Currículos de ultrassonografia em escolas de medicina: Sistema Musculoesquelético.

Autores	Musculoesquelético geral	Ombro	Mão	Quadril	Joelho	Tendão de Aquiles	Fasciculações	Reflexos
Fox et al. ⁴⁶	• Visualização de articulações, tendões e <i>músculos</i>.	• Luxações. • Derrame articular. • Visualização de músculos e tendões.	• Anatomia da mão: - Articulações. - Ossos. - Tendões. - Cistos. - Neuromas. - Luxações. - Fraturas - Corpos estranhos. - Artrite erosiva e tenossinovite em pacientes com lúpus e outras doenças reumáticas articulares.	• Diferenciação entre coleção líquida no quadril e fratura do fêmur proximal.	• Ligamentos. • Tendões. • Músculos. • Nervos. • Meniscos. • Sinóvia. • Cartilagem articular. • Diferenciação entre derrame articular, abscesso e celulite, artrite séptica do joelho.	• Ruptura parciais e completas do tendão de Aquiles.	• Tremores finos e fasciculações de músculos que podem não ser detectados pelo exame físico.	• Avaliação da presença reflexos corporais (alternativa não invasiva para eletromiografia).
Baltarowich et al. ⁷	• Tendão (princípio da anisotropia). • Músculo. • Superfície do osso. • Líquido articular. • Acúmulo de líquido (abscesso, hematoma). • Avaliação da dor musculoesquelética (músculo, tendão ou origem em outro tecido mole superficial), derrames, coleções.							
Dinh et al. ⁴⁹	• Pele (derme e epiderme) • Músculo. • Osso. • Nervo. • Abscesso. • Corpos estranhos. • Celulite. • Derrame articular.							
Chiem et al. ⁴⁸	• Diferenciação entre abscesso e celulite. • Identificação de corpo estranho. • Fratura de osso longo e pós-redução. • Ruptura de tendão e ligamento.	• Luxação do ombro. • Ombro pós-redução.			• Ruptura de tendão patelar.	• Ruptura de tendão de Aquiles.		

Continua...

Quadro 12. Continuação.

Autores	Musculoesquelético geral	Ombro	Mão	Quadril	Joelho	Tendão de Aquiles	Fasciculações	Reflexos
Wakefield et al. ⁵²	• Identificação de derrame articular.				• Diferenciação de tecidos musculoesqueléticos: - Osso. - Cartilagem. - Tendão. - Ligamentos. - Músculos. - Vasos sanguíneos. - Fossa poplíteia. • Correlacionar anatomia e anatomia ultrassonográfica.			
Ma et al. ⁵⁴					• Derrame articular .			

Fonte: Elaborado pelos autores.

Quadro 13. Currículos de ultrassonografia em escolas de medicina: Vascular.

Autores	Veias cervicais	Artérias carótidas e ramos	Artérias periféricas	Veias periféricas
Fox et al. ⁴⁶	• Medida não invasiva da pressão venosa central. • Análise de formas de onda consistentes com doenças cardíacas.	• Fluxo nas artérias carótidas. • Placa de ateroma nas artérias carótidas. • Medida da espessura médio-intimal da artéria carótida para pesquisa de aterosclerose. • Estenose ou oclusão arterial na circulação cerebral anterior, média e posterior. • Monitorização de efeitos de drogas trombolíticas. • Caracterização de vasos em alta resolução.	• Pulsos arteriais em pontos específicos do corpo. • Pressão local batimento a batimento e a forma de onda de fluxo.	• Trombose venosa profunda.
Baltarowich et al. ⁷	• Veia jugular interna e veia subclávia para acesso venoso. • Distinção das artérias correspondentes.	• Artéria carótida (relação anatômica com a veia jugular interna, bifurcação carotídea). • Sopro carotídeo, avaliação de ataque isquêmico transitório (AIT).		• Trombose venosa profunda em membros inferiores e superiores. • Sistema venoso femoropoplíteo com e sem compressão.
Dinh et al. ⁴⁷	• Veia jugular interna.	• Artéria carótida comum.		
Dinh et al. ⁴⁹	• Veia jugular interna.	• Artéria carótida comum.		• Veias profundas do membro inferior. • Veia femoral comum. • Veia poplíteia. • Diferenciação entre veia e artéria. • Veias do membro superior. • Veia axilar. • Veia braquial. • Veia cefálica. • Veia basilica. • Trombose venosa profunda (falta de compressibilidade e/ou visualização do trombo).

Continua...

Quadro 13. Continuação.

Autores	Veias cervicais	Artérias carótidas e ramos	Artérias periféricas	Veias periféricas
Chiem et al. ⁴⁸	• Vascularização normal do pescoço.	• Vascularização normal do pescoço. • Espessura intimal da artéria carótida. • Doppler transcraniano.		• Trombose venosa profunda.
Mullen et al. ⁵¹		• Artérias carótidas.		
Wakefield et al. ⁵²			• Aparência ultrassonográfica de artérias. • Eixo transversal e longitudinal de vasos. • Aquisição e otimização da imagem. • Artérias do membro superiores e seus trajetos.	• Aparência ultrassonográfica de veias. • Eixo transversal e longitudinal de vasos. • Aquisição e otimização de imagem. • Artérias do membro inferiores e seus trajetos.
Celebi et al. ⁵³	• Veia jugular interna.	• Artérias carótidas.		• Compressão das veias profundas da coxa. • Explicar como excluir trombose venosa profunda.
Ma et al. ⁵⁴	• Veia jugular interna. • Avaliação de volemia.			
Ma et al. ⁵⁵	• Veia jugular interna. • Altura da veia jugular.	• Artérias carótidas.	• Região inguinal. • Artéria femoral.	• Região inguinal. • Veia femoral. • Veia safena magna.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Quadro 14. Currículos de ultrassonografia em escolas de medicina: Pediatria.

Autores	Pediatria
Heinzow et al. ⁴⁵	
Baltarowich et al. ⁷	• Infecções recorrentes do trato urinário. • Hemorragia cerebral neonatal. • Massa abdominal ou pélvica. • Quadril neonatal. • Circular de cordão. • Cérebro neonatal. • Intussuscepção. • Estenose pilórica. • Hemorragia intracraniana.
Dinh et al. ⁴⁹	• Procedimentos (demonstrar orientação do ultrassom em um simulador/<i>phantom</i>). • Acesso venoso central: veia jugular interna. • Acesso venoso central: veia femoral. • Acesso venoso periférico. • Toracocentese. • Paracentese.
Chiem et al. ⁴⁸	• Diferenciação entre celulite e abscesso. • Volume vesical pré-sondagem. • Pneumonia. • Fratura de crânio. • Fratura de osso longo. • Identificação de corpo estranho. • Intussuscepção.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Quadro 15. Currículos de ultrassonografia em escolas de medicina: Procedimentos Guiados.

Autores	Procedimentos guiados	Anestesiologia
Heinzow et al. ⁴⁵		
Fox et al. ⁴⁶	• Orientação de procedimentos. • Punção de partes moles guiadas por ultrassonografia. • Exemplo de procedimentos: - Paracentese. - Toracocentese. - Artrocentese. - Pericardiocentese. - Punção lombar. - Anestesia regional. - Acesso vascular. - Guiar com precisão punção no espaço articular para aspiração de líquido. - Tendão de Aquiles: infiltração de anti-inflamatórios. - Esclerose de neovascularização.	
Baltarowich et al. ⁷	• Pericardiocentese (tamponamento). • Orientação de biópsia/aspiração ou drenagem de fluido (se possível). • Paracentese, toracocentese. • Acesso vascular: cateter central inserido periféricamente, acesso venoso ou arterial. • Biópsias: fígado, rim, transplante, mama, próstata, tireoide, linfonodos, massas. • Aspiração de cisto e biópsia de massa mamária. • Localização para aspiração e drenagem: abscesso, hidronefrose, cistos. • Procedimentos musculoesqueléticos: injeções, aspirações, localização de corpo estranho, biópsias. • Amniocentese, procedimentos terapêuticos fetais.	
Chiem et al. ⁴⁸	• Pericardiocentese. • Cateter de Swan-Ganz. • Toracocentese. • Paracentese. • Punção lombar. • Pericardiocentese. • Artrocentese. • Acesso venoso central. • Biópsias guiadas por ultrassom. • Orientação do procedimento: biópsia de próstata.	• Bloqueio de nervos periféricos guiado por ultrassom. • Inserção de acesso central. • Resposta à reposição volêmica.
Wakefield et al. ⁵²	• Acesso venoso central. • Orientação de agulha em procedimentos dinâmicos.	
Kondrashova et al. ⁵⁰	• Punção lombar. • Acesso venoso central. • Toracocentese.	
Ma et al. ⁵⁴	• Acesso venoso central. • Toracocentese. • Paracentese. • Artrocentese do joelho. • Inserção da linha arterial. • Gasometria arterial. • Acesso venoso periférico.	
Ma et al. ⁵⁵	• Acesso venoso periférico. • Orientação de agulha guiada por ultrassom.	

Fonte: Elaborado pelos autores.

Quadro 16. Currículos de ultrassonografia em escolas de medicina: Protocolos Específicos.

Autores	Protocolos
Heinzow et al. ⁴⁵	FAST
Chiem et al. ⁴⁸	FAST RUSH
Wakefield et al. ⁵²	ACES RUSH
Celebi et al. ⁵³	FAST

FAST: *Focused Assessment with Sonography in Trauma*; RUSH: *Rapid Ultrasound in Shock*; ACES: *Abdominal and Cardiac Evaluation with Sonography in Shock*.
Fonte: Elaborado pelos autores.

DISCUSSÃO

Ultrassonografia à beira do leito

As imagens radiográficas têm sido utilizadas na compreensão da anatomia macroscópica desde o início do século passado. A partir da década de 1990, quando equipamentos de melhor desempenho e relativamente mais baratos começaram a surgir, vários especialistas na área de educação previram o enorme recurso que o US poderia se tornar no campo da medicina¹⁵.

Muitas subespecialidades clínicas e cirúrgicas estão cada vez mais adotando o uso da ultrassonografia à beira do leito, por considerá-la um complemento ou uma extensão do exame físico⁷. A integração do US ao exame clínico tradicional pode constituir uma ferramenta segura para aprimorar a acurácia diagnóstica e confirmar imediatamente os achados suspeitos a um custo razoável⁴⁶, podendo ser facilmente repetido se a condição do paciente mudar⁴. Seu uso pode melhorar a segurança e a satisfação do paciente, tornando o atendimento médico mais rápido e mais econômico⁵⁶. Um dos facilitadores desse processo é o fato de os equipamentos de ultrassonografia estarem, nas últimas décadas, se tornando de melhor qualidade, menos custosos e mais compactos⁴, podendo ser transportados confortavelmente e usados tanto em consultórios quanto em visitas hospitalares². Provavelmente sua principal limitação seja a dependência do operador, existindo vários níveis de competência que precisam ser adquiridos⁵⁷. Um estudo realizado com 196 pacientes internados, em que foi feito exame ultrassonográfico cardíaco e abdominal utilizando aparelho portátil, mostrou mudança importante no diagnóstico principal e na conduta em 36 (18,4%) pacientes, confirmação do diagnóstico em 38 (19,4%) e um diagnóstico adicional importante em 18 (9,2%) dos casos⁵⁸. Também já foi mencionada a utilização do POCUS como método de avaliação inicial na seleção de pacientes a serem submetidos posteriormente a exames mais detalhados⁵⁹.

Observa-se maior tendência do uso do POCUS entre médicos emergencistas e intensivistas, cujos treinamentos incluem a capacitação na realização de exames básicos de ultrassonografia torácica e abdominal¹, bem como de procedimentos guiados; observando-se melhor acurácia e redução das complicações quando comparados aos exames não guiados^{4,43}.

Ultrassonografia na graduação médica

A notável incorporação da imagem ultrassonográfica na prática médica se propagou para o treinamento em *fellowships* e residências, e agora envolve também o ensino de graduação em Medicina³⁴. Deveria o exame físico contemplar, além de inspeção, palpação, percussão e ausculta, o elemento de insonação³? Qual seria o currículo ideal de ultrassonografia dentro da perspectiva da formação do médico generalista e qual é a maneira ideal para realizar esse treinamento?

Para que os médicos possam estar capacitados para realizar os exames, é necessário que as escolas médicas tenham incorporado o ensino de ultrassonografia nos seus currículos de graduação. “Ultrassonografia na educação médica: ouvindo os ecos do passado para formar uma visão para o futuro” é o título de um artigo realizado na Universidade de Irvine na Califórnia. O POCUS na educação médica está em crescimento. As subespecialidades devem reconhecer a experiência de cada um e se unir como uma unidade coesa para acompanhar as necessidades educacionais de gerações médicas futuras⁶⁰.

Independentemente do ponto do currículo em que seja incorporado o ensino da ultrassonografia, as habilidades com o uso dos botões do equipamento “knobologia básica” devem ser adquiridas antes das aulas práticas, pois podem representar carga cognitiva excessiva aos alunos³².

O US, especialmente quando introduzido no início do currículo, pode permitir ao aluno compreender melhor a importância do ensino das ciências básicas. Como futuros médicos, os alunos devem aprender a interpretar os resultados das investigações clínicas desde o estágio inicial de seu aprendizado, e a integração de métodos como a ultrassonografia desde o início do curso fornece aos discentes uma base significativa²⁰.

A Academia Americana de Medicina de Emergência e o Instituto Americano de Ultrassom em Medicina defendem a integração do treinamento de US no currículo básico das escolas de Medicina. Em 2013, no 2º Congresso Mundial sobre US na Educação Médica, mais de 85 escolas médicas se reuniram para discutir o tema. A implantação da ultrassonografia no currículo aprimora o aprendizado de conceitos básicos, melhora a compreensão do exame físico, envolve os alunos no aprendizado ativo e é vista como útil e agradável pelos alunos⁶¹.

Da mesma maneira, a Federação Europeia de Sociedades de Ultrassom em Medicina e Biologia (European Federation for Ultrasound in Medicine and Biology – EFSUMB) recomenda que o US seja utilizado como uma ferramenta educacional no currículo das escolas médicas modernas⁶².

Imagens de US são utilizadas na educação pré-clínica na maioria das escolas médicas dos Estados Unidos (76%), e os alunos são treinados para realizar exames práticos de US na metade das faculdades (49%). Entretanto, apenas uma minoria das instituições oferece um estágio eletivo em POCUS (14%)⁶³. Os objetivos de aprendizagem variam de acordo com o ano curricular. A maior carga horária ocorre no terceiro (penúltimo) ano médico⁵⁶.

Médicos que participaram de treinamento durante a graduação buscam mais horas de treinamento e realizam mais exames após a graduação, relatando maior proficiência no uso de US para a tomada de decisão clínica, o emprego em cenários de emergência e a utilização de novas técnicas⁶⁴. Os ambientes mais utilizados para o ensino de US são laboratórios de anatomia e laboratórios de simulação, sendo orientados por médicos não radiologistas com experiência em US *à beira do leito, na proporção instrutor:alunos de 1:4*⁶⁵. Já foi proposto também um instrutor para cada oito alunos, e, noutro estudo, a maioria dos professores que dedicaram tempo a essa atividade apresentavam formação na área de emergências médicas, seguida por medicina de família e radiologia⁶⁶.

Fatores limitantes para a implantação de um currículo de ultrassonografia na graduação incluem a falta de pessoas com treinamento adequado, a carência de conhecimento relacionado à acurácia diagnóstica da ultrassonografia nas mãos dos graduandos e a ausência relativa de marcos legais sobre o tema. A duração do processo de aprendizagem para a competência de aquisição de imagens e a sua interpretação também varia, estendendo-se desde apenas a avaliação do normal até a integração dentro de um contexto clínico^{6,67}. Outros desafios encontrados na prática do ensino de US incluem os seguintes fatores: a necessidade de pessoas a serem examinadas, com a possibilidade de se encontrar uma patologia sobre a qual um voluntário não tinha conhecimento²⁰; a elaboração de instrumentos de avaliação das habilidades em ultrassonografia, pois isso inclui não apenas a interpretação da imagem, mas também a sua aquisição, o que requer habilidades manuais com o uso do transdutor⁶⁸; a falta de espaço no currículo; e o baixo apoio financeiro⁵⁶. Mesmo assim, embora os currículos atuais tenham pouco espaço para conteúdo, aulas e ensino adicionais, parece ser importante incluir o básico de ultrassonografia no currículo da graduação médica⁷.

Cuidado deve ser tomado para evitar a atribuição de carga horária abaixo do mínimo necessário para o aprendizado.

Já foi observado aumento na confiança referida pelos estudantes quanto aos conhecimentos anatômicos, porém sem impacto significativo nas avaliações, o que torna questionável o risco associado à exposição limitada, que eleva a confiança sem aumentar as habilidades, mostrando a possibilidade de que a imagem *in vivo* pode não é eficaz quando usada como uma ferramenta de ensino auxiliar curta¹⁹.

Objetivos de aprendizagem mais focados demonstram bom aprendizado entre alunos do primeiro ano médico, correlacionados à anatomia e fisiologia normais: 1. física básica de US, instrumentação e uso do equipamento; 2. ultrassonografia cardíaca focada, incluindo anatomia, avaliação da contratilidade global e derrame pericárdico; 3. ultrassonografia torácica focada, incluindo anatomia, artefatos ultrassonográficos normais e avaliação da pleura (para edema pulmonar) e diafragma (para derrame pleural); 4. ultrassonografia abdominal focada, incluindo anatomia da vesícula biliar, aparência de cálculos e avaliação do sinal de Murphy ultrassonográfico, bem como anatomia da aorta e avaliação de aneurisma da aorta abdominal³⁵.

Quanto aos aspectos técnicos, o ensino de ultrassonografia pode ser realizado com equipamentos reais (que permitem insonar tanto modelos vivos quanto *phantoms*) ou por meio de simuladores computadorizados, equipados com transdutores semelhantes aos reais, que mostram imagens gravadas a partir do movimento que o aluno faz com o transdutor em relação ao corpo do modelo sintético⁶⁹. Os estudantes classificam o ensino com instrutor e prática em voluntários vivos (incluindo seleção do transdutor, knobologia e ajuste da imagem) como superior em relação ao ensino por simulador de ultrassonografia (*notebooks* com transdutores de US simulados, que permitem ao aluno manipular imagens na tela em tempo real)⁶⁹.

Estudos com ensino remoto de ultrassonografia também já foram publicados. Os alunos do grupo *e-learning* para treinamento de ultrassonografia pulmonar tiveram pontuação semelhante *à obtida no* treinamento em sala de aula com relação ao ganho e *à retenção de conhecimento*⁷⁰. Apesar disso, *o e-learning não permite o treinamento da habilidade manual de manuseio do aparelho* e insonação do paciente para aquisição das imagens. O momento prático presencial parece ser o mais importante para o aprendizado, já que já foi demonstrada ausência de diferença significativa entre grupos que tiveram aulas teóricas prévias e aqueles que foram direto para a aula prática com o aparelho de US⁷¹.

A ultrassonografia é capaz de integrar dinamicamente forma e função, além de destacar para os alunos futuras aplicações clínicas das ciências básicas. Essa contextualização clínica é importante porque os estudantes podem compreender

por que a anatomia, fisiologia ou patologia são importantes²⁰. A opinião predominante entre os anatomistas, bem como entre os médicos que auxiliam no ensino de anatomia e semiologia, é que a ultrassonografia tem um potencial significativo para melhorar a compreensão anatômica, aumentar o exame físico e fornecer uma ligação necessária entre o ensino de anatomia durante os anos pré-clínicos e a aplicação real da anatomia clínica em pacientes, posteriormente na educação médica, para diagnóstico e tratamento da doença³⁴.

A expressão “anatomia viva” foi introduzida em 1996, na Universidade de Hannover, na Alemanha, em 1996. Os autores observaram que a ultrassonografia pode trazer benefícios para estudantes do primeiro ano médico, como: correlação da anatomia topográfica clássica com a situação viva, determinação precisa dos tamanhos dos órgãos, melhor compreensão de anatomia seccional e de raciocínio tridimensional, bem como melhor visualização de relações anatômicas entre vasos e órgãos, levando em consideração fenômenos fisiológicos, como variações de calibre de veias durante a respiração. Além disso, uma separação estrita entre ciências básicas e clínicas é inadequada atualmente, em que os estudantes precisam processar mais e mais conhecimentos em menos tempo, e esquecem rapidamente a maioria das informações, desde que não vejam os fatos aplicados aos problemas clínicos. A ultrassonografia pode ser uma conexão entre as ciências básicas e clínicas, e, dessa maneira, a inserção do método ultrassonográfico desde o início do curso também gera maior motivação dos estudantes pela possibilidade de realizar correlações clínicas¹¹.

Diversas escolas médicas vêm introduzindo a ultrassonografia no ensino de anatomia e fisiologia^{36,37,39}. O US permite que os alunos possam compreender características de diferentes tecidos e a anatomia em vários planos, algo inatingível em uma sala de dissecação ou aula teórica de fisiologia²⁰. Os alunos consideram que aulas de anatomia utilizando ultrassonografia são uma maneira de aprimorar a compreensão da anatomia¹⁶⁻¹⁸, estimular o aprendizado de anatomia clínica e aprimorar habilidades de raciocínio clínico¹³. Com uso apropriado e bem planejado, o US pode ser a chave para envolver os alunos no processo de ensino-aprendizagem, promovendo o desenvolvimento de abordagens mais profundas para o aprendizado por meio da aplicação clínica do conhecimento^{20,34}.

O uso de equipamentos de US portáteis no aprendizado de anatomia cardíaca permite que os acadêmicos contemplem aspectos como a natureza dinâmica da anatomia e da fisiologia do coração em tempo real²³, como a abertura e o fechamento das válvulas cardíacas e o fluxo sanguíneo por meio de Doppler colorido, aspectos não visíveis em anatomia cadavérica

convencional¹². Também é possível a correlação dinâmica entre a ultrassonografia, ausculta e eletrocardiograma^{22,24}.

Após breve treinamento ecocardiográfico utilizando um equipamento de ultrassonografia portátil para detectar doença valvar e alterações de ventrículo esquerdo (disfunção sistólica, aumento de dimensões e hipertrofia), a acurácia diagnóstica de estudantes de Medicina foi superior à de cardiologistas experientes que realizaram apenas exame cardiológico clínico²⁶.

A utilização da ultrassonografia demonstrou ser útil no ensino de semiologia hepática, melhorando a precisão do exame, principalmente na identificação das bordas do fígado para a realização de hepatimetria^{27,31}. O aprendizado do diagnóstico de doenças hepáticas à beira do leito também já foi demonstrado²⁵. O exame de US também apresentou vantagens sobre o exame físico na avaliação da vesícula biliar e aorta, mas salienta-se que mais treinamento é *necessário* nos casos de obesidade do paciente²⁷. Já durante a fase inicial do aprendizado de exame clínico abdominal, a ultrassonografia não traz benefícios como método de auxílio. Contudo, para os estudantes que já dominam as manobras semiológicas básicas, a ultrassonografia se mostrou eficaz na melhora da técnica do exame físico²⁸.

Também já foi observado que o treinamento relacionado às ultrassonografias musculoesquelética, abdominal e cardíaca foi mais bem-sucedido na retenção de informações anatômicas relevantes quando comparado ao treinamento referente à região cervical e ao globo ocular²¹. O uso da ultrassonografia como facilitador da compreensão de doenças em reumatologia teve bons resultados, com ressalva para o número pequeno de alunos que compuseram o grupo de estudos²⁹. Também já se realizou um estudo sobre a ultrassonografia aplicada à avaliação anatômica de ombro e joelho por estudantes de Medicina, mas poucas estruturas anatômicas foram avaliadas em cada região³⁸.

Um dos estudos com maior amostra avaliou 307 estudantes após treinamento em semiologia, que participaram de atividades de ultrassonografias cardiovascular e abdominal, inicialmente observando exames e em seguida praticando em pacientes padronizados. As estruturas mais facilmente identificadas pelos estudantes com a ultrassonografia foram a veia jugular interna e a aorta abdominal. Já a identificação da vesícula biliar, do coração e de estruturas relacionadas a Eco-FAST foi mais desafiadora, o que se relaciona com diferentes curvas de aprendizado requeridas para cada estrutura anatômica³⁰.

A ultrassonografia influenciou na correção da palpação tireoidiana e na percussão pulmonar (limite inferior do pulmão) em um estudo realizado com 104 estudantes de Medicina³¹.

O treinamento prévio de US melhora a capacidade dos alunos quanto à palpação do pulso femoral, porém o US não

teve influência na melhora da estimativa correta da localização anatômica da veia femoral³³.

Os estudantes de Medicina que receberam treinamento de POCUS não apresentaram diferenças significativas nas notas de avaliações teóricas, mas tiveram melhor desempenho nas avaliações de habilidade clínicas por OSCE⁴⁰.

Um treinamento com ultrassonografia realizado com tutores e instrução por pares para 110 estudantes, durante estágio de medicina de emergência, demonstrou ser muito bem-aceito pelos alunos, pois maioria absoluta afirmou que se sentiu mais confiante para obter as visualizações de ultrassonografia abdominal e FAST após o curso⁴¹.

Um exame ultrassonográfico POCUS realizado por estudantes de Medicina e revisado por um médico emergencista, contemplando 482 pacientes, resultou em mudança de conduta em 17,3% dos exames realizados, detectou um novo diagnóstico em 12,4% e reduziu o tempo de alta em 33,5%. Devido aos exames, os médicos evitaram solicitar um estudo de imagem adicional para 53,0% pacientes⁴².

Sobre procedimentos invasivos, o uso da ultrassonografia para guiar punções venosas não reduziu o número de tentativas necessárias para conseguir o acesso venoso, mas se observou que a canulação da veia é mais fácil quando se utiliza o US⁴⁴.

Já para a veia jugular, o uso da ultrassonografia para guiar a passagem de cateter venoso central jugular por estudantes com pouca experiência nesse tipo de punção reduziu significativamente a punção arterial inadvertida, resultado essencial para melhorar a segurança do paciente⁴³.

Trabalhos de revisão de literatura sobre ensino de ultrassonografia na graduação médica

Pesquisadores da Universidade de Toronto, no Canadá, realizaram uma revisão da literatura sobre ensino de ultrassonografia na graduação em Medicina. Inicialmente foram obtidos 328 artigos, dos quais restaram 128 após a aplicação dos critérios de inclusão⁷².

Autores da Universidade de Galway, na Irlanda, realizaram uma revisão da literatura sobre o ensino de ultrassonografia na graduação em Medicina. Após a aplicação de critérios de inclusão e exclusão, permaneceram 128 artigos. Os autores agruparam os dados em categorias de acordo com a parte do currículo em que o ensino da ultrassonografia foi ancorado: no ensino de anatomia ("anatomia viva"), de fisiologia, de exame físico, de procedimentos invasivos (em cadáveres ou em modelos simulados), como estimulador do aprendizado (incluindo eventos em mídias sociais e competições), simulação (incluindo simuladores de ultrassonografia com um transdutor fictício e um modelo não humano com banco de imagens, que vincula mudanças em tempo real na imagem visível na tela com

os movimentos das mãos, bem como a insonação de *phantoms* com equipamentos reais de ultrassonografia), *e-learning* e ensino *online*, novas técnicas de ensino (*role play*, paciente simulado pelos próprios estudantes, *podcasts*) ou tutoria em pares feita por estudantes de anos letivos mais adiantados⁷³.

No mesmo ano, pesquisadores da Escola de Medicina da Thomas Jefferson University também realizaram revisão das evidências de resultados educacionais associados ao ensino de ultrassonografia para estudantes de Medicina. Foram incluídos 95 artigos. Os principais dados observados mostraram que os alunos gostam de treinamentos em US e desejam mais. Os alunos geralmente têm uma avaliação positiva, inclusive nos anos pré-clínicos, e podem aprender conhecimentos e habilidades básicos de ultrassonografia em treinamentos relativamente curtos, porém a prática contínua é necessária para a retenção de habilidades. Os educadores devem continuar a usar opiniões de especialistas para determinar o fluxo e o momento ideais para a inclusão da ultrassonografia na educação médica, visto que dados de resultados de alta qualidade permanecem indefinidos. Os autores sugerem que pesquisas futuras devem se concentrar menos nas percepções dos alunos e na capacidade de aprender ultrassonografia, e mais na verificação dos pontos em que os treinamentos se encaixam melhor no currículo de graduação para otimizar os resultados dos alunos e pacientes⁷⁴.

Um trabalho publicado pela Universidade de Manitoba, no Canadá, realizou uma revisão sobre a POCUS cardiológica, incluindo as diferentes abordagens adotadas por vários programas de treinamento médico com relação à duração do treinamento, aos pré-requisitos de conhecimento e às metodologias de ensino (incluindo *e-learning*, treinamento prático e simulação). Os autores também descreveram questões relacionadas à necessidade de avaliação de competências e às limitações da própria tecnologia, e salientaram que o papel da ultrassonografia cardíaca como ferramenta de ensino de outros conhecimentos (como para o ensino de anatomia) e a função dela como habilidade diagnóstica são vias distintas de educação. Considerando que as evidências sugerem que ocorre desgaste nas habilidades adquiridas, pode ser necessária a padronização de ferramentas de avaliação continuada do desempenho durante a faculdade⁶⁷.

Também foi realizada uma revisão por pesquisadores da Universidade de Auckland, na Nova Zelândia, sobre ultrassonografia para o ensino de anatomia. De um total inicial de 76 resultados, foram selecionados 20 para serem analisados. Os autores destacam a necessidade de os estudantes de Medicina desenvolverem competências na interpretação e utilização da ultrassonografia devido à sua importância na prática clínica, prevendo um futuro em que será necessária

uma boa base no uso de US e na interpretação de imagens para médicos de diversas áreas de atuação⁷⁵.

Um grupo formado por pesquisadores das universidades da Catania, de Milão, da Bolonha e de Parma, na Itália, realizou uma revisão sistemática da literatura com o objetivo de avaliar se a integração das aulas de ultrassonografia no currículo dos estudantes de Medicina melhora o aprendizado do exame físico e aprimora as habilidades deles ao realizarem-no. Os autores comentam que a integração do US no currículo de graduação em Medicina, seja em uma intervenção de curto ou longo prazo, parece melhorar as habilidades e a confiança dos alunos para a realização de exame físico, com significativa satisfação destes estudantes. Isso ocorre provavelmente pela possibilidade de *feedback* imediato com a imagem, que permite a correlação da posição dos órgãos internos com a superfície corporal em tempo real, de modo a auxiliar o aluno a saber se está examinando o paciente corretamente, o que melhora a acurácia e compreensão do exame físico, principalmente para palpação e percussão⁷⁶.

CONCLUSÕES

A ultrassonografia vem sendo cada vez mais incorporada aos currículos de graduação médica. É um método que pode auxiliar no ensino de outras disciplinas, como anatomia, fisiologia e semiologia, bem como constituir um método de auxílio diagnóstico à beira do leito. Para sua implantação nos currículos médicos, é necessário considerar as competências a serem adquiridas dentro da perspectiva da formação do médico generalista. É necessário investimento em equipamentos de qualidade e na capacitação dos professores para que se alcancem os objetivos de aprendizagem.

CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES

Eduardo Antônio Andrade dos Santos concebeu o estudo, realizou a revisão da literatura e elaborou a redação do texto principal. Patricia Carla Zanelatto Gonçalves, Patricia Zen Tempiski e Ipojucan Calixto Fraiz participaram da revisão crítica do texto. Milton Arruda Martins orientou o trabalho.

CONFLITO DE INTERESSES

Declaramos não haver conflito de interesses.

FINANCIAMENTO

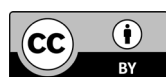
Declaramos não haver financiamento.

REFERÊNCIAS

- Solomon SD, Saldana F. Point-of-care ultrasound in medical education – stop listening and look. *N Engl J Med*. 2014;370(12):1083-5.
- Alpert JS, Mladenovic J, Hellmann DB. Should a hand-carried ultrasound machine become standard equipment for every internist? *Am J Med*. 2009;122(1):1-3.
- Narula J, Chandrashekar Y, Braunwald E. Time to add a fifth pillar to bedside physical examination: inspection, palpation, percussion, auscultation, and insonation. *JAMA Cardiol*. 2018; 3(4):346.
- Moore CL, Copel JA. Point-of-care ultrasonography. *N Engl J Med*. 2011; 364:749-57.
- Sorensen B, Hunskaar S. Point-of-care ultrasound in primary care: a systematic review of generalist performed point-of-care ultrasound in unselected populations. *Ultrasound J*. 2019; 11(1):31.
- Hoppmann R, Blaivas M, Elbarbary M. Better medical education and health care through point-of-care ultrasound. *Acad Med*. 2012;87:134.
- Baltarowich OH, Di Salvo DN, Scoutt LM, Brown DL, Cox CW, DiPietro MA, et al. National ultrasound curriculum for medical students. *Ultrasound Q*. 2014;30(1):13-9.
- Filly RA. Ultrasound: the stethoscope of the future, alas. *Radiology*. 1988;167(2):400.
- Filly RA. Is it time for the sonoscope? If so, then let's do it right! *J Ultrasound Med*. 22:323-5.
- Gillman LM, Kirkpatrick AW. Portable bedside ultrasound: the visual stethoscope of the 21st century. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med*. 2012 Mar 9;20:1-8.
- Teichgräber UKM, Meyer JMA, Nautrup CP, Rautenfeld DB. Ultrasound anatomy: a practical teaching system in human gross anatomy. *Med Educ*. 1996;30(4):296-8.
- Wittich CM. Teaching cardiovascular anatomy to medical students by using a handheld ultrasound device. *J Am Med Assoc*. 2002;288(9):1062-3.
- Tshibwabwa E, Groves HM. Integration of ultrasound in the education programme in anatomy *Med Educ*. 2005;39:1143-72.
- Rao S, Van Holsbeeck L, Musial JL, Parker A, Bouffard JA, Bridge P, et al. A pilot study of comprehensive ultrasound education at the Wayne State University School of Medicine: a pioneer year review. *J Ultrasound Med*. 2008;27(5):745-9.
- Mircea PA, Badea R, Fodor D, Buzoianu AD. Using ultrasonography as a teaching support tool in undergraduate medical education – time to reach a decision. *Med Ultrason*. 2012;14(3):211-6.
- Dreher SM, DePhilip R, Bahner D. Ultrasound exposure during gross anatomy. *J Emerg Med*. 2014;46(2):231-40.
- Brown B, Adhikari S, Marx J, Lander L, Todd GL. Introduction of ultrasound into gross anatomy curriculum: perceptions of medical students. *J Emerg Med*. 2012;43(6):1098-102.
- Swamy M, Searle RF. Anatomy teaching with portable ultrasound to medical students. *BMC Med Educ*. 2012;12(1):99.
- Sweetman GM, Crawford G, Hird K, Fear MW. The benefits and limitations of using ultrasonography to supplement anatomical understanding. *Anat Sci Ed*. 2013;6(3):141-8.
- Griksaitis MJ, Scott MP, Finn GM. Twelve tips for teaching with ultrasound in the undergraduate curriculum. *Med Teach*. 2014;36(1):19-24.
- Kondrashov P, Johnson JC, Boehm K, Rice D, Kondrashova T. Impact of the clinical ultrasound elective course on retention of anatomical knowledge by second-year medical students in preparation for board exams: ultrasound education and anatomy knowledge. *Clin Anat*. 2015;28(2):156-63.
- Brunner M, Moeslinger T, Spieckermann PG. Echocardiography for teaching cardiac physiology in practical student courses. *Adv Physiol Educ*. 1995; 268(6):S2.
- Hammoudi N, Arangalage D, Boubrit L, Renaud MC, Isnard R, Collet J-P, et al. Ultrasound-based teaching of cardiac anatomy and physiology to undergraduate medical students. *Arch Cardiovasc Dis*. 2013;106(10):487-91.
- Kondrashova T, Sexton WL, Baer RW, Kondrashov P. Integration of didactic knowledge with procedural skill: learning cardiac electrophysiology and electrocardiography using ultrasound. *Med Sci Educ*. 2015;25(2):141-7.
- Shapiro RS, Ko PP, Jacobson S. A pilot project to study the use of ultrasonography for teaching physical examination to medical students. *Comput Biol Med*. 2002;32(6):403-9.

26. Kopal SL, Trento L, Baharami S, Tolstrup K, Naqvi TZ, Cercek B, et al. Comparison of effectiveness of hand-carried ultrasound to bedside cardiovascular physical examination. *Am J Cardiol.* 2005;96(7):1002-6.
27. Angtuaco TL, Hopkins RH, DuBose TJ, Bursac Z, Angtuaco MJ, Ferris EJ. (2007). Sonographic physical diagnosis 101. *Ultrasound Q.* 2007;23(2):157-60.
28. Butter J, Grant TH, Egan M, Kaye M, Wayne DB, Carrión-Carire V, et al. Does ultrasound training boost year 1 medical student competence and confidence when learning abdominal examination? *Med Educ.* 2007;41(9):843-8.
29. Wright SA, Bell AL, Enhancement of undergraduate rheumatology teaching through the use of musculoskeletal ultrasound. *Rheumatol.* 2008;47(10):1564-6.
30. Afonso N, Amponsah D, Yang J, Mendez J, Bridge P, Hays G, et al. Adding new tools to the black bag – introduction of ultrasound into the physical diagnosis course. *J Gen Intern Med.* 2010;25(11):1248-52.
31. Fodor D, Badea R, Poanta L, Dumitraşcu DL, Buzoianu AD, Mircea PA. The use of ultrasonography in learning clinical examination – a pilot study involving third year medical students. *Med Ultrason.* 2012;14(3):177-81.
32. Jamniczky HA, McLaughlin K, Kaminska ME, Raman M, Somayaji R, Wright B, et al. Cognitive load imposed by knobology may adversely affect learners' perception of utility in using ultrasonography to learn physical examination skills, but not anatomy: ultrasound for physical examination and anatomy. *Am Assoc Anat.* 2015;8(3):197-204.
33. Ahn JS, French AJ, Thiessen MEW, Browne V, Deutchman M, Guiton G, et al. Using ultrasound to enhance medical students' femoral vascular physical examination skills. *J Ultrasound Med.* 2015;34(10):1771-6.
34. So S, Patel RM, Orebaugh SL. Ultrasound imaging in medical student education: Impact on learning anatomy and physical diagnosis. *Anat Sci Educ.* 2017 Mar;10(2):176-89.
35. Nelson BP, Hojsak J, Dei Rossi E, Karani R, Narula J. Seeing is believing: evaluating a point-of-care ultrasound curriculum for 1st-year medical students. *Teach Learn Med.* 2017;29(1):85-92.
36. Rempell J, Saldana F, DiSalvo D, Kumar N, Stone M, Chan W, et al. Pilot point-of-care ultrasound curriculum at Harvard Medical School: early experience. *West JEM.* 2016;17(6):734-40.
37. Parikh T, Czuzak M, Bui N, Wildner C, Koch B, Leko E, et al. Novel use of ultrasound to teach reproductive system physical examination skills and pelvic anatomy: use of ultrasound to teach reproductive system examination skills. *J Ultrasound Med.* 2018;37(3):709-15.
38. Walrod BJ, Schroeder A, Conroy MJ, Boucher LC, Bockbrader M, Way DP, et al. Does ultrasound-enhanced instruction of musculoskeletal anatomy improve physical examination skills of first-year medical students?: impact of ultrasound on physical examination skills. *J Ultrasound Med.* 2018;37(1):225-32.
39. Zoll K, Kondrashov P, Pazdernik V, Beatty D, Arseneaux M, Atieh T, et al. Medical student perception of the impact of early ultrasonography education on experiences during clinical rotations. *Med Sci Educ.* 2017;27(2):273-80.
40. Liu RB, Suwondo DN, Donroe JH, Encandela JA, Weisenthal KS, Moore CL. Point-of-care ultrasound: does it affect scores on standardized assessment tests used within the preclinical curriculum? does point-of-care ultrasound affect scores? *J Ultrasound Med.* 2019;38(2):433-40.
41. Dickerson J, Paul K, Vila P, Whiticar R. The role for peer-assisted ultrasound teaching in medical school. *Clin Teach.* 2017;14(3):170-4.
42. Udrea DS, Sumnicht A, Lo D, Villarreal L, Gondra S, Chyan R, et al. Effects of student-performed point-of-care ultrasound on physician diagnosis and management of patients in the emergency department. *J Emerg Med.* 2017;53(1):102-9.
43. Griswold-Theodorson S, Hannan H, Handly N, Pugh B, Fojtik J, Saks M, et al. Improving patient safety with ultrasonography guidance during internal jugular central venous catheter placement by novice practitioners. *J Simul Healthc.* 2009;4(4):212-6.
44. Osborn SR, Borhart J, Antonis MS. Medical students benefit from the use of ultrasound when learning peripheral IV techniques. *Crit Ultrasound J.* 2012;4(1):2.
45. Heinzow HS, Friederichs H, Lenz P, Schmedt A, Becker JC, Hengst K, et al. Teaching ultrasound in a curricular course according to certified EFSUMB standards during undergraduate medical education: a prospective study. *BMC Med Educ.* 2013;13(1):84.
46. Fox JC, Schlang JR, Maldonado G, Lotfipour S, Clayman RV. Proactive medicine: the "UCI 30," an ultrasound-based clinical initiative from the University of California, Irvine. *Acad Med.* 2014;89(7):984-9.
47. Dinh VA, Frederick J, Bartos R, Shankel TM, Werner L. Effects of ultrasound implementation on physical examination learning and teaching during the first year of medical education. *J Ultrasound Med.* 2015;34(1):43-50.
48. Chiem AT, Soucy Z, Dinh VA, Chilstrom M, Gharahbaghian L, Shah V, et al. Integration of ultrasound in undergraduate medical education at the California Medical Schools: a discussion of common challenges and strategies from the UMeCali Experience. *J Ultrasound Med.* 2016;35(2):221-33.
49. Dinh VA, Lakoff D, Hess J, Bahner DP, Hoppmann R, Blaivas M, et al. Medical student core clinical ultrasound milestones: a consensus among directors in the United States. *J Ultrasound Med.* 2016;35(2):421-34.
50. Kondrashova T, Kondrashov P. Integration of ultrasonography into the undergraduate medical curriculum: seven years of experience. *Missouri Med.* 2018;115(1):38-43.
51. Mullen A, Kim B, Puglisi J, Mason NL. An economical strategy for early medical education in ultrasound. *BMC Med Educ.* 2018;18(1):169.
52. Wakefield RJ, Weerasinghe A, Tung P, Smith L, Pickering J, Msimanga T, et al. The development of a pragmatic, clinically driven ultrasound curriculum in a UK medical school. *Med Teach.* 2018;40(6):600-6.
53. Celebi N, Griewatz J, Malek NP, Krieg S, Kuehn T, Muller R, et al. Development and implementation of a comprehensive ultrasound curriculum for undergraduate medical students – a feasibility study. *BMC Med Educ.* 2019;19(1):170.
54. Ma IWY, Arishenkoff S, Wiseman J, Desy J, Ailon J, Martin L, et al. Internal Medicine Point-of-Care Ultrasound Curriculum: Consensus Recommendations from the Canadian Internal Medicine Ultrasound (CIMUS) Group. *J Gen Intern Med.* 2017;32(9):1052-7.
55. Ma IWY, Steinmetz P, Weerdenburg K, Woo MY, Olszynski P, Heslop CL, et al. The Canadian Medical Student ultrasound curriculum: a statement from the Canadian ultrasound consensus for Undergraduate Medical Education Group. *J Ultrasound Med.* 2020;39(7):1279-87.
56. Bahner DP, Goldman E, Way D, Royall NA, Liu YT. The state of ultrasound education in U.S. Medical Schools: results of a national survey. *Acad Med.* 2014;89(12):1681-6.
57. Cinteza M. The stethoscope at the age of 200: will "he" survive? *J Clin Med.* 2016;11(5):3-4.
58. Mjølstad OC, Dalen H, Graven T, Kleinau JO, Salvesen O, Haugen BO. Routinely adding ultrasound examinations by pocket-sized ultrasound devices improves inpatient diagnostics in a medical department. *Eur J Intern Med.* 2012;23(2):185-91.
59. Marwick TH, Chandrashekar Y, Narula J. Handheld ultrasound: accurate diagnosis at a lower cost? *JACC: Cardiovasc Imaging.* 2014;7(10):1069-71.
60. Lane N, Lahham S, Joseph L, Bahner DP, Fox JC. Ultrasound in medical education: listening to the echoes of the past to shape a vision for the future. *Eur J Trauma Emerg Surg.* 2015;41(5):461-7.
61. Soucy ZP, Mills LD. American academy of emergency medicine position statement: ultrasound should be integrated into undergraduate medical education curriculum. *J Emerg Med.* 2015;49(1):89-90.
62. Cantisani V, Dietrich C, Badea R, Dudea S, Prosch H, Cerezo E, et al. EFSUMB Statement on Medical Student Education in Ultrasound [long version]. *Ultrasound Int Open.* 2016;02(01):E2-7.
63. Phelps A, Wan J, Straus C, Naeger DM, Webb EM. Incorporation of ultrasound education into medical school curricula. *Acad Radiol.* 2016;23(7):830-5.

64. Prats MI, Royall NA, Panchal AR, Way DP, Bahner DP. Outcomes of an advanced ultrasound elective: preparing medical students for residency and practice. *J Ultrasound Med*. 2016;35(5):975-82.
65. Steinmetz P, Dobrescu O, Oleskevich S, Lewis J. Bedside ultrasound education in Canadian medical schools: a national survey. *Can Med Ed J*. 2016;7(1):e78-86.
66. Siegel-Richman Y, Kendall J. Establishing an ultrasound curriculum in undergraduate medical education: how much time does it take?: what does it take to implement an ultrasound curriculum? *J Ultrasound Med*. 2018;37(3):569-76.
67. Johri AM, Durbin J, Newbigging J, Tanzola R, Chow RS, et al. Cardiac point-of-care ultrasound: state-of-the-art in medical school education. *J Am Soc Echocardiogr*. 2018;31(7):749-60.
68. Petty JL, Kondrashov P, Johnson JC, Kondrashova T. Performance assessment in medical school curricula: an innovative method of evaluating sonographic skills using ultrasound practical examinations. *Med Sci Educ*. 2016;26(4):749-57.
69. Bernard S, Richardson C, Hamann CR, Lee S, Dinh VA. Head and neck ultrasound education-a multimodal educational approach in the predoctoral setting: a pilot study. *J Ultrasound Med*. 2015;34(8):1437-43.
70. Cuca C, Scheiermann P, Hempel D, Via G, Seibel A, Barth M, et al. Assessment of a new e-learning system on thorax, trachea, and lung ultrasound. *Emerg Med Int*. 2013;1-10.
71. Florescu CC, Mullen JA, Nguyen VM, Sanders BE, Vu PQ-P. Evaluating didactic methods for training medical students in the use of bedside ultrasound for clinical practice at a Faculty of Medicine in Romania. *J Ultrasound Med*. 2015;34(10):1873-82.
72. Tarique U, Tang B, Singh M, Kulasegaram KM, Ailon J. Ultrasound curricula in undergraduate medical education: a scoping review: ultrasound curricula in undergraduate medical education. *J Ultrasound Med*. 2018;37(1):69-82.
73. Birrane J, Misran H, Creaney M, Shorten G, Nix CM. A scoping review of ultrasound teaching in undergraduate medical education. *Med Sci Educ*. 2018;28(1):45-56.
74. Davis JJ, Wessner CE, Potts J, Au AK, Pohl CA, Fields JM. Ultrasonography in undergraduate medical education: a systematic review: ultrasonography in undergraduate medical education. *J Ultrasound Med*. 2018;37(11):2667-79.
75. Patel SG, Benninger B, Mirjalili SA. Integrating ultrasound into modern medical curricula: integrating ultrasound into modern medical curricula. *Clin Anat*. 2017;30(4):452-60.
76. Oteri V, Occhipinti F, Griboaud G, Marastoni F, Chisari E. Integration of ultrasound in medical school: effects on physical examination skills of undergraduates. *Med Sci Educ*. 2020;30(1):417-27.



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.