

# Ensino da ultrassonografia point-of-care na graduação médica

## *Teaching point-of-care ultrasound in medical graduation*

GABRIELLY ALVES MOTA<sup>1</sup>, GIOVANNA MARIA VERSIANI NOBRE<sup>1</sup>,  
MARIA LUIZA VIANNA MEIRA<sup>1</sup>, MATEUS RUAS OLIVEIRA<sup>2</sup>, LUIZ ERNANI MEIRA JÚNIOR<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Centro Universitário FIPMoc, Montes Claros, MG, Brasil.

<sup>2</sup> Funorte Centro Universitário, Montes Claros, MG, Brasil.

<sup>3</sup> *Emergency Ultrasound Fellowship*, Massachusetts General Hospital, Havard, Boston, Estados Unidos.

### RESUMO

O objetivo deste estudo foi analisar o histórico e os fatores associados ao ensino da ultrassonografia point-of-care na graduação de medicina. Trata-se de uma revisão sistemática da literatura, conduzida nas bases de dados PubMed®, Cochrane Library, Portal de Periódicos Capes e Biblioteca Virtual em Saúde, utilizando descritores controlados. Foram inclusos artigos que abordassem os benefícios e/ou entraves do uso da ultrassonografia point-of-care no currículo da graduação de medicina. Foram encontradas 959 referências, sendo que, destas, 42 foram incluídas na análise final; 64,3% eram estudos norte-americanos. Na maioria, os currículos foram implementados do primeiro ao quarto ano (28,6%), no primeiro e segundo ano (17,1%) ou no sexto ano (17,1%) da faculdade. Mostrou-se principalmente que a integração do ensino da ultrassonografia point-of-care na graduação de medicina é viável, já que a ultrassonografia é uma ferramenta de ensino valiosa e bem recebida pelos discentes. Além disso, esse ensino aumenta o conforto dos alunos e a capacidade de obter imagens de ultrassonografia precisas para fins diagnósticos e procedimentais. A incorporação da ultrassonografia point-of-care nos currículos e programas de ensino médico ainda está em desenvolvimento, mas os dados existentes já apontam que a inserção dessa ferramenta no processo de educação médica é possível e apreciada pelos discentes.

**Descritores:** Ultrassonografia; Sistemas automatizados de assistência junto ao leito; Educação de graduação em medicina

### RESUMO

The aim of this study was to analyze the history and factors associated with the teaching of point-of-care ultrasound in undergraduate medicine. This is a systematic literature review, conducted in PubMed®, Cochrane Library, Portal de Periódicos Capes and Biblioteca Virtual em Saúde databases, using controlled descriptors. Articles that addressed the benefits and/or barriers of the use of point-of-care ultrasound in undergraduate medical curriculum were included. Nine hundred and fifty-nine references were found, of which 42 were included in the final analysis; 64.3% were North American studies. For the most part, the curricula were implemented in the first to fourth year (28.6%), in the first and second year (17.1%) or in the sixth year (17.1%) of college. It was mainly shown that the integration of ultrassonografia point-of-care teaching in medical graduation is feasible, since ultrasound is a valuable teaching tool and well received by students. In addition, such teaching increases students' comfort and ability to obtain accurate ultrasound images for diagnostic and procedural purposes. The incorporation of point-of-care ultrasound into medical education curricula and programs is still under development, but existing data already indicate that the insertion of this tool in the medical education process is possible and appreciated by students.

**Keywords:** Ultrasonography; Point-of-care systems; Education, medical, undergraduate

**Recebido:** 8/2/22

**Aceito:** 4/8/22

**Autor correspondente:**

Luiz Ernani Meira Júnior

E-mail: ernanimeirajr@hotmail.com

**Fonte de financiamento:** não houve.

**Conflito de interesses:** não houve.

**Como citar:**

Mota GA, Nobre GM, Meira ML, Oliveira MR, Meira Júnior LE. Ensino da ultrassonografia point-of-care na graduação médica. JBMEDE. 2022;2(3):e22016.

## INTRODUÇÃO

A ultrassonografia (US) é um método de imagem seguro e não invasivo muito utilizado na área da saúde.<sup>1</sup> O uso dessa ferramenta se expandiu rapidamente após Karl Dussik usá-la pela primeira vez em experimentos médicos, em 1942, e Inge Edler conduzir a primeira aplicação cardíaca verdadeira da tecnologia em 1954.<sup>2</sup>

Nos últimos 20 anos, o desenvolvimento de equipamentos acessíveis e compactos permitiu o surgimento da US *point-of-care* (POCUS), uma modalidade de diagnóstico que permite que médicos qualificados de quase todas as especialidades respondam a perguntas clínicas focadas à beira do leito.<sup>3</sup>

À luz de sua utilidade clínica e educacional, o uso dessa ferramenta está crescendo à medida que a tecnologia e a pesquisa continuam a se desenvolver, tornando a familiaridade com esse método de imagem importante para estudantes de medicina, em termos de prática clínica futura.<sup>1</sup> Isso porque a POCUS pode melhorar a taxa de sucesso e reduzir a taxa de complicações de muitos procedimentos clínicos,<sup>3</sup> além de minimizar o atraso entre o início dos sintomas e o começo da terapia definitiva, diminuindo a morbimortalidade em pacientes críticos.<sup>4</sup>

Com isso, embora não haja padronização do treinamento em US entre as várias especialidades, é importante que os educadores preparem os estudantes de medicina para utilizar esse recurso.<sup>5</sup> A educação em POCUS pode reforçar conceitos aprendidos em anos pré-clínicos, enquanto ensina habilidades que podem ser aplicadas na prática clínica.<sup>6</sup> Os conhecimentos adquiridos são aproveitados em estágios da medicina interna, emergência, pediatria e medicina da família.<sup>7</sup>

Por fim, a integração dos princípios e da prática de US nos currículos de graduação em medicina é viável e aceitável para os estudantes.<sup>8</sup> Um estudo feito pela *George Washington University* comprova isso ao mostrar a evolução no desempenho de acadêmicos de medicina, sem experiência prévia com POCUS, após a realização de aulas teóricas e práticas de POCUS. Nele, os estudantes foram capazes de atingir alto índice de satisfação na realização da Avaliação Focalizada com Sonografia para Trauma (FAST, sigla do inglês *Focused Assessment with Sonography for Trauma*), mostrando a capacidade e a rapidez com que eles podem aprender técnicas de US na graduação.<sup>9</sup>

Assim, enquanto muitos programas de educação médica já dedicaram uma parte de seu currículo à US, outros estão preocupados com custo, acessibilidade e limites para a prática do aluno.<sup>10</sup> Então, se a US é realmente o novo estetoscópio, então expor aos estudantes

de medicina essa tecnologia e incentivar as faculdades de medicina, principalmente as nacionais, a incorporarem essa disciplina em seus currículos são ações necessárias e oportunas.

O objetivo deste estudo foi realizar uma análise sistemática da literatura acerca do histórico e dos fatores associados ao ensino de POCUS na graduação de medicina.

## MÉTODOS

Trata-se de uma revisão sistemática da literatura, realizada em janeiro de 2022, nas bases de dados PubMed®, Cochrane Library, Portal de Periódicos Capes e Biblioteca Virtual em Saúde (BVS): Literatura Latino-Americana e do Caribe em Ciências da Saúde (Lilacs) e MEDLINE®. Os critérios *Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses* (PRISMA) de investigação<sup>11</sup> foram empregados. Para delineamento da pesquisa, foram usados os descritores controlados “*point-of-care ultrasound*”, “*medical student*”, “*education*”, “*curriculum*”, combinados com os operadores booleanos *AND* e *OR*.

Os artigos que atendessem aos seguintes critérios foram elegíveis para a revisão: pesquisa de qualquer tipo, sem restrição de dado, que abordasse os benefícios e entraves do uso da POCUS no currículo da graduação de medicina. Os critérios de exclusão foram: artigos que abordassem o uso de US na residência médica ou na pós-graduação; publicações incompletas ou não revisadas por pares (resenhas, resumos, boletins e editoriais); revisões de literatura; estudos apenas descritivos ou com dados de estudantes de medicina não separados; e pesquisas que analisassem o uso extracurricular da POCUS ou o uso da US convencional na graduação médica.

Uma tabela foi elaborada a fim de categorizar sistematicamente as informações relevantes dos artigos incluídos na pesquisa. Compuseram a tabela os seguintes campos: nome do autor, ano de publicação, ano de implantação do currículo na instituição, detalhes do currículo, método de avaliação do curso, resultados e conclusão do estudo. Essa forma de organização dos dados possibilitou uma melhor visualização das informações coletadas, auxiliando na análise sistemática.

Para determinar a relevância dos artigos encontrados nas bases de dados, dois examinadores realizaram a síntese dos dados de interesse de forma independente, seguida da análise dos trabalhos. Todas as divergências foram resolvidas por discussão. Todos os aspectos éticos relacionados à elaboração e ao desenvolvimento de uma revisão sistemática foram seguidos. Como o estudo utilizou informações de artigos disponibilizados em

domínio público, não houve necessidade de solicitar utilização dos dados. Assim, foram dispensadas a apreciação e a aprovação pelo Comitê de Ética em Pesquisa.

## RESULTADOS

Foram inicialmente identificadas 959 referências, sendo 677 no Portal de Periódicos Capes, 189 na base de

dados da PubMed®, 87 na BVS (MEDLINE com 86 e Lilacs com 1) e 6 na Cochrane Library. Após a eliminação de trabalhos duplicados, 805 artigos foram submetidos para avaliação de títulos e resumos. Desses, 91 foram selecionados para avaliação do texto completo e, por fim, 42 documentos foram incluídos na elaboração do estudo. Os detalhes de cada currículo estão listados na **tabela 1**.

**Tabela 1.** Estudos referentes ao currículo de ultrassonografia *point-of-care* na graduação de medicina

Autor	Instituição e ano de implantação curricular	Método de ensino	Método de avaliação	Resultados: benefícios/desafios da POCUS	Conclusão
Bahner e Royall <sup>2</sup>	<i>Ohio State University College of Medicine</i> , Estados Unidos, 2000 1º ao 4º ano	Ensino de US em alunos voluntários: aulas didáticas, sessões de clube de revistas, palestras interativas <i>on-line</i> , sessões práticas supervisionadas e treinamento prático individual	Exame prático e escrito e participação em sessões didáticas e práticas	Os alunos têm a capacidade de desenvolver uma compreensão avançada da US dentro de um currículo estruturado Os alunos têm capacidade de realizar pesquisas de qualidade e desenvolver programas educacionais em um nível tradicionalmente reservado para residentes e professores	O programa demonstra uma nova abordagem para fornecer treinamento em US para estudantes de medicina, oferecendo um modelo viável para atender às diretrizes de treinamento sem aumentar os requisitos educacionais para programas de residência
Gogalniceanu et al. <sup>8</sup>	<i>Imperial College London</i> , Reino Unido, 2009 3º e 5º ano	Ensino de US em pacientes saudáveis voluntários e em simulador: seminário formal, sessões práticas, treinamento com simulador, discussão baseada em casos e exercícios de resolução de problemas	Avaliação de OSCE formal	85% dos alunos completaram uma varredura completa do FAST em um nível adequado de desempenho A pesquisa de <i>feedback</i> indicou que todos os alunos se sentiram confiantes em operar o aparelho de US e conseguiram obter imagens de boa qualidade ao final do curso 88% dos alunos achavam que a US era relevante para seu treinamento; 92% acreditaram que o treinamento de US deve ser um componente regular do currículo; e 96% preferiram usar máquinas de US baseadas em carrinhos, em vez de dispositivos portáteis	Aulas de US na graduação é uma meta educacional alcançável que é bem recebida pelos estudantes de medicina. As escolas de medicina precisam considerar a introdução formal do ensino de US em seus currículos para equipar futuros médicos com conjuntos de habilidades relevantes
Hoppmann et al. <sup>11</sup>	<i>University of South Carolina, School of Medicine</i> , Estados Unidos, 2006 1º ao 4º ano	Ensino de US em pacientes padronizados: palestras, módulos <i>on-line</i> , sessões práticas, OSCE, estágios clínicos	Exames práticos, escritos, e módulo de aprendizado <i>on-line</i> com autoavaliação	Mais de 90% dos alunos relataram que o currículo de US melhorou a educação médica, permitiu maior correlação clínica com o ensino básico e melhorou a compreensão e as habilidades do exame físico Quase 75% gostariam de ver mais US no currículo geral	A US é uma ferramenta de ensino valiosa e bem recebida em todos os 4 anos da faculdade de medicina. Os alunos aprendem bem a US e sentem que sua experiência aprimora a educação médica

Autor	Instituição e ano de implantação curricular	Método de ensino	Método de avaliação	Resultados: benefícios/desafios da POCUS	Conclusão
Nelson et al. <sup>12</sup>	<i>Icahn School of Medicine at Mount Sinai</i> , Estados Unidos, 2006 1º ao 4º ano	Ensino de US em pacientes padronizados: palestra <i>on-line</i> , aula expositiva e sessão prática	Autoavaliação e exame prático	Alunos e professores concordaram que o curso de exame físico foi o momento certo para introduzir o ensino de US Os alunos demonstraram uso adequado das máquinas de US e avaliações do sistema cardíaco, torácico e abdominal Alunos e professores valorizaram o currículo, e os alunos demonstraram competência básica na execução e interpretação da US	Os currículos de US têm o potencial de fazer a transição de projetos-piloto e serem assimilados no plano curricular global. Mais estudos são necessários para determinar a melhor forma de incorporar essa tecnologia emergente em uma experiência de aprendizado robusta para estudantes de medicina
Zavitz et al. <sup>13</sup>	<i>Wake Forest School of Medicine</i> , Estados Unidos, 2012 1º ao 4º ano	Ensino de US em pacientes voluntários: palestras gravadas, aulas didáticas <i>on-line</i> e sessões práticas. A partir de 2020, palestras gravadas, tarefas de leitura e revisões de casos, demonstrações ao vivo utilizando um dispositivo de US portátil	Teste de múltipla escolha	As pontuações melhoraram ao longo da duração do curso. As avaliações diárias revelaram que a porcentagem de alunos que classificaram as sessões de digitalização ao vivo do curso e os componentes didáticos como “muito bem” aumentou de 32,7%, no dia 1, para 69,7%, no dia 10 91% dos alunos concordaram que eles receberam ensino eficaz. Esse curso inovador melhorou o conhecimento de US e a interpretação de imagens dos alunos, utilizando novas técnicas para ensinar uma habilidade prática virtualmente	Em resposta à pandemia da Covid-19, um currículo virtual POCUS foi desenvolvido. Esse curso melhorou o conhecimento de US dos alunos, a interpretação de imagens e a aplicação clínica ao utilizar novas técnicas para ensinar uma habilidade prática virtualmente. À medida que a demanda por instrução da POCUS continua a aumentar, a acessibilidade do treinamento virtual e do aprendizado combinado será benéfica
Blake et al. <sup>14</sup>	<i>University of Alabama School of Medicine</i> , Birmingham, Estados Unidos, 2012. 1º, 3º e 4º anos	Ensino de US em alunos voluntários e em simulador: sessões práticas e palestra didática	Teste teórico e exame clínico estruturado objetivo	Os alunos demonstraram notável proficiência com a unidade de US e foram capazes de conduzir técnicas de acesso vascular periférico e central guiadas por US Além disso, os alunos foram capazes de identificar 80% ou mais das estruturas na ecocardiografia e eFAST	A POCUS pode ser efetivamente adicionada ao currículo de medicina. Os estudantes perceberam a US como ferramenta clínica valiosa, bem como uma ferramenta útil para compreender e manter o conhecimento da anatomia clinicamente relevante. Além disso, os alunos consideraram a POCUS uma adição valiosa às habilidades de exame físico existentes

Autor	Instituição e ano de implantação curricular	Método de ensino	Método de avaliação	Resultados: benefícios/desafios da POCUS	Conclusão
Dinh et al. <sup>15</sup>	<i>Loma Linda University School of Medicine</i> , Estados Unidos, 2012 1º ao 4º ano	Ensino de US em alunos, em pacientes padronizados e em simuladores: sessões práticas em laboratório, videoaulas, estágios de US clínicas, sessões de estudo simulado autodirigido, atividades de voluntariado como professores do primeiro ano, participação no simpósio anual de US e eletiva de US no 4º ano	Teste prático por meio de um exame clínico estruturado objetivo	A maioria concordou que a US deveria ser incluída no currículo de medicina do 1º ano e que a US tem papel valioso na educação médica. A introdução de um currículo de US integrado ao curso de diagnóstico físico não piorou as habilidades de exame físico dos estudantes de medicina e pode ser potencialmente benéfico quando comparado aos controles históricos. Os alunos que tinham o currículo de US tiveram melhor OSCE em comparação com os alunos do grupo de controle. Alunos e professores tiveram respostas positivas ao curso	A implementação de um currículo de US em um curso de diagnóstico físico é viável e pode aumentar as habilidades de exame físico dos estudantes de medicina. Apesar da controvérsia de que a introdução da US pode diminuir o tempo para aprender as habilidades tradicionais do exame físico e causar dependência dessa tecnologia, o estudo descobriu que, ao usar a US sinergicamente para aprender exame físico, parece haver um benefício geral na introdução da US
Ho et al. <sup>16</sup>	<i>The Chinese University of Hong Kong</i> , Hong Kong, 2012 6º ano	Ensino de US em alunos voluntários e em pacientes: materiais de leitura pré-curso; aula expositiva; sessão prática; e exames supervisionados de pacientes	Teste de desempenho prático e escrito	A maioria dos alunos aprendeu as visualizações básicas da ecocardiografia transtorácica com bastante eficiência e teve taxas de sucesso variáveis, embora geralmente favoráveis, na identificação de anomalias cardíacas óbvias Alunos relataram <i>feedback</i> positivo sobre o ensino	Conseguiu-se realizar com sucesso o ensino em ecocardiografia transtorácica durante a rotação de anestesia. A iniciativa pode servir de exemplo para outros departamentos clínicos projetarem cursos semelhantes pertinentes às suas especialidades e currículos
Steinmetz et al. <sup>17</sup>	<i>McGill University</i> , Canadá, 2013 1º ao 4º ano	Ensino de US em pacientes padronizados e em simulador: sessões de ensino prático, sessão de revisão e sessões de estudo simulado autodirigido	Autoavaliação e exame prático	Os alunos mostraram aquisição significativa de habilidades após cada módulo de ensino clínico A maioria relatou que a US à beira do leito melhorou sua compreensão da anatomia Os alunos superestimaram significativamente a aquisição de habilidades em cada módulo de ensino baseado em clínica	Os estudantes mostraram aquisição e retenção a longo prazo de habilidades básicas de US após a conclusão das instruções de POCUS implementadas.
Zawadka et al. <sup>18</sup>	<i>Medical University of Warsaw</i> , Polônia 6º ano	Ensino de US em pacientes: palestras, sessões de treinamento de habilidades práticas em modelos e sessão de interpretação de US baseada em computador	Autoavaliação e teste de múltipla escolha	Os escores dos testes pré-treinamento e pós-treinamento dos estudantes de medicina melhoraram após o treinamento com POCUS Os escores de confiança dos alunos na avaliação pós-treinamento aumentaram significativamente	Um dia de treinamento com POCUS integrado ao currículo melhorou o desempenho nos escores dos testes pós-treinamento e os escores de confiança. Mais estudos são necessários para avaliar esse efeito e desenvolver ferramentas adequadas para avaliar estudantes de medicina

<b>Autor</b>	<b>Instituição e ano de implantação curricular</b>	<b>Método de ensino</b>	<b>Método de avaliação</b>	<b>Resultados: benefícios/desafios da POCUS</b>	<b>Conclusão</b>
Lum et al. <sup>19</sup>	<i>University of Wisconsin, School of Medicine and Public Health</i> , Estados Unidos, 1º ano	Ensino de US em pacientes padronizados: palestra e sessões práticas	Avaliação do desempenho nas simulações e por teste escrito	Os alunos rapidamente adquiriram conhecimento da POCUS após breve sessão didática No geral, os alunos demonstraram dificuldade em aplicar o conhecimento da US em cenários clínicos simulados	À medida em que as faculdades de medicina continuam a desenvolver currículos POCUS, é necessária uma maior compreensão de como os alunos irão incorporar essas habilidades na tomada de decisões clínicas
Jujo et al. <sup>20</sup>	<i>University of Hawaii, John A. Burns School of Medicine</i> , Estados Unidos, 2019 1º e 2º anos	Ensino de US em pacientes voluntários: módulo <i>on-line</i> , sessão de treinamento prático de POCUS cardíaca	Teste de habilidade prática e teste de conhecimento de múltipla escolha	As pontuações dos testes pré-treinamento e pós-treinamento dos estudantes de medicina melhoraram após o treinamento com POCUS Os alunos relataram alta satisfação com o currículo	O estudo confirmou a viabilidade do uso da POCUS focada na área cardíaca, durante a graduação de medicina. A ferramenta teve grande efeito nos resultados de aprendizagem e satisfação do aluno
Limchareon et al. <sup>21</sup>	<i>Burapha University Hospital</i> , Tailândia, 2014 6º ano	Ensino de US em alunos e pacientes: palestras, sessões práticas e estágios clínicos	Teste prático e escrito	Em 2 semanas de treinamento, os alunos apresentaram pontuações significativamente mais altas nos testes de US 97% dos alunos concordaram que o treinamento com US melhorou sua educação médica; 94% opinaram que o ensino de US deveria começar durante o ano clínico Todos os alunos concordaram que o treinamento de US ministrado pelo Departamento de Radiologia era melhor do que os outros departamentos Todos os alunos usaram a US com mais frequência em suas práticas após terminarem o módulo	Este estudo apresenta um modelo eficaz de treinamento de US durante o último ano clínico. A educação para estudantes de graduação deve ser promovida. No entanto, equipamentos adequados e pessoal suficiente são necessários para integrar com mais sucesso o ensino formal de US em um currículo de graduação
Rempell et al. <sup>22</sup>	<i>Harvard Medical School</i> , Estados Unidos, 2012 1º e 2º anos	Ensino de US em alunos voluntários: sessões didáticas e práticas	Exame escrito	A maioria dos alunos (91%) concordou que o ensino adicional de US deveria ser incorporado ao longo do currículo da faculdade de medicina de 4 anos	O POCUS pode efetivamente ser integrado ao currículo da escola de medicina usando sessões práticas didáticas e em pequenos grupos. Os estudantes de medicina perceberam o treinamento de US como valioso para entender a anatomia humana e aprender habilidades de exame físico

Autor	Instituição e ano de implantação curricular	Método de ensino	Método de avaliação	Resultados: benefícios/desafios da POCUS	Conclusão
Fu et al. <sup>23</sup>	<i>Loma Linda University School of Medicine</i> , Estados Unidos, 2012 1º ao 4º ano	Ensino de US em alunos, em pacientes padronizados e em simuladores: sessões práticas em laboratório, videoaulas, estágios de US clínicas, sessões de estudo simulado autodirigido, atividades de voluntariado como professores do primeiro ano, participação no simpósio anual de US e eletiva de US no 4º ano	Teste prático por meio de um exame clínico estruturado objetivo	Os alunos ficaram extremamente satisfeitos com as sessões ministradas por pares e as consideraram valiosas para sua educação. Alguns dos benefícios citados incluíram tempo prático com o equipamento e aplicações práticas. A US forneceu uma maneira de interagir com segurança com o material que os alunos do 1º ano aprendem em sala de aula. Os alunos descobriram que o Departamento de Emergência, a unidade de terapia intensiva e as enfermarias eram ambientes clínicos excepcionais para aprender POCUS, devido à disponibilidade de máquinas e indicações frequentes do exame	A integração bem-sucedida do treinamento em US no currículo médico pode ser atribuída à administração progressiva, ao corpo docente dedicado e a alunos ansiosos. A ferramenta é um meio de estimular o discente a correlacionar os achados do exame físico ao exame de imagem
Ang et al. <sup>24</sup>	<i>University of Tasmania Rural Clinical School</i> , Tasmânia, Austrália, 2015 4º e 5º anos	Ensino de US em alunos e em pacientes: palestras <i>on-line</i> e ensino prático	Questionário <i>on-line</i> e exame prático	Após as aulas, os participantes apresentaram conhecimento de US significativamente maior. Houve melhora significativa na confiança em realizar o eFAST após a intervenção. Houve também uma melhora significativa no conhecimento de US e nas habilidades de interpretação de imagens	Um currículo focado pode melhorar o conhecimento e as habilidades da POCUS. O currículo foi viável e bem recebido. Com as tendências globais para incluir a POCUS na educação médica, as instituições devem considerar a qualificação de seus graduandos
Blackstock et al. <sup>25</sup>	<i>New York University School of Medicine</i> , Estados Unidos, 2013 1º ao 3º ano	Ensino de US em alunos voluntários: módulo <i>on-line</i> , palestra, aula expositiva e sessões práticas	Exame prático e teste de conhecimento de múltipla escolha	O currículo melhorou significativamente o conhecimento de US dos alunos e a capacidade de interpretação de imagens. Os alunos obtiveram altas taxas de aprovação nas tarefas de aquisição de imagens (FAST) e orientação de procedimentos (cateter venoso central). A confiança do aluno com a aquisição de imagens e a orientação de procedimentos aumentaram após a exposição ao currículo. Os alunos manifestaram interesse substancial em sessões adicionais de US e em aprender US durante o currículo pré-clínico da faculdade de medicina	O currículo formal de US para estudantes de medicina influenciou positivamente o desempenho em vários domínios de aprendizagem. Como a US é necessária para residência em medicina de emergência e outras especialidades, as faculdades de medicina poderiam considerar incorporar rotineiramente o ensino de US em seus currículos de rotação clínica

<b>Autor</b>	<b>Instituição e ano de implantação curricular</b>	<b>Método de ensino</b>	<b>Método de avaliação</b>	<b>Resultados: benefícios/desafios da POCUS</b>	<b>Conclusão</b>
Liu et al. <sup>26</sup>	<i>Yale University School of Medicine</i> , Estados Unidos, 2013 1º ao 4º ano	Ensino de US em alunos e em pacientes padronizados: módulos <i>on-line</i> e sessões práticas	Teste de avaliação de conhecimento e <i>software</i> de acompanhamento de desempenho	Os alunos que participaram do programa POCUS pontuaram significativamente mais alto no exame físico do que o grupo controle	A implementação do programa de POCUS pode melhorar a compreensão e o desempenho geral do exame físico dos alunos, mesmo quando o próprio desempenho da US não está sendo testado. A introdução de um currículo POCUS pode funcionar melhor quando projetado em conjunto com o segmento de exame físico de um currículo de faculdade de medicina
Fox et al. <sup>27</sup>	<i>University of California, Irvine School of Medicine</i> , Estados Unidos, 2010 1º ao 4º ano	Ensino de US em modelos ao vivo: sessões educativas práticas, palestras em <i>podcast</i> de acesso aberto, estágios clínicos e prática de inserção intravenosa periférica guiada por US	Teste de conhecimento de múltipla escolha	Os alunos que receberam treinamento em US apresentaram melhorias significativas nas habilidades de aquisição e interpretação de imagens em comparação com aqueles sem treinamento	A integração de um currículo de US precocemente no curso de medicina aumenta o conforto dos alunos e a capacidade de obter imagens de US precisas para fins diagnósticos e procedimentais
Elison et al. <sup>28</sup>	<i>University of Washington, School of Medicine</i> , Estados Unidos 1º e 2º ano	Ensino de US em simulador: material didático intercalado com sessões práticas	Testes práticos	O currículo baseado em simulador melhorou as habilidades do estudante de medicina de forma objetiva e quantificável O currículo permitiu o conhecimento independente e a aquisição de habilidades, sem supervisão do facilitador	O curso fornece um currículo estruturado, com métricas objetivas que demonstram proficiência e consistência na aquisição e interpretação de imagens de US cardíaco focado
Webb et al. <sup>29</sup>	<i>University of California, San Francisco School of Medicine</i> , Estados Unidos, 2009 1º e 4º anos	Ensino de US em alunos voluntários: módulo <i>on-line</i> , sessão prática, aulas didáticas, estágios clínicos e estudo independente	Teste de conhecimento de múltipla escolha	Os alunos acharam o programa educacionalmente valioso e relataram que melhorou a compreensão da imagem de US Os alunos relataram melhora da confiança na identificação de órgãos abdominais, líquido intra-abdominal e bolsa de Morrison após as aulas Um desafio na administração do programa foi encontrar um horário apropriado dentro do calendário já completo do curso	A incorporação de treinamento de US no início da educação do estudante de medicina melhora a compreensão da anatomia e aumenta o conhecimento básico de uma ferramenta clinicamente importante. Os alunos acharam a experiência agradável e educacionalmente valiosa

<b>Autor</b>	<b>Instituição e ano de implantação curricular</b>	<b>Método de ensino</b>	<b>Método de avaliação</b>	<b>Resultados: benefícios/desafios da POCUS</b>	<b>Conclusão</b>
Bahner et al. <sup>30</sup>	<i>Ohio State University College of Medicine</i> , Estados Unidos, 2000 1º ao 4º ano	Ensino de US em alunos voluntários: aulas didáticas, sessões de clube de revistas, palestras interativas <i>on-line</i> , sessões práticas supervisionadas e treinamento prático individual	Exame prático e escrito, e participação em sessões didáticas e práticas	Existem muitos desafios para integrar a US na educação médica, como custo do equipamento, professores adequadamente treinados, integração da disciplina nas metodologias de ensino existentes e restrição de tempo dos alunos	Apesar das limitações, o currículo vertical de US é um meio viável e eficaz de ensino POCUS durante a graduação
DesJardin et al. <sup>31</sup>	<i>University of California, San Francisco School of Medicine</i> , Estados Unidos, 2009 1º e 4º anos	Ensino de US em alunos voluntários: módulo <i>on-line</i> , sessão prática, aulas didáticas, estágios clínicos e estudo independente	Teste de conhecimento de múltipla escolha	A maioria dos alunos acreditava que a US era útil para o aprendizado da anatomia e seria importante em sua futura prática clínica. Os alunos que completaram o programa tiveram um desempenho melhor do que os controles em um teste de conhecimento médico	Os dados do estudo são valiosos para aqueles que tentam criar novos currículos de US na graduação. Recomenda-se fortemente que os radiologistas desempenhassem um papel central no desenvolvimento de qualquer currículo de US para estudantes de medicina em suas próprias instituições
Alerhand et al. <sup>32</sup>	<i>Rutgers New Jersey Medical School</i> , Estados Unidos, 2018 1º e 2º ano	Ensino de US em alunos voluntários e em simulador: palestra didática e sessão prática de habilidades	Avaliação escrita	A maioria dos alunos relatou que o módulo afetou positivamente sua compreensão da fisiopatologia renal e do exame físico. Eles também relataram maior confiança no uso da POCUS para detectar patologia renal e tomar decisões clínicas	Foi viável implementar um currículo com POCUS para complementar o ensino do sistema renal no 1º ano da faculdade de medicina, e os alunos acharam o ensino da POCUS valioso
Bastos et al. <sup>33</sup>	Universidade Federal de Juiz de Fora, Faculdade de Medicina, Brasil, 2013 2º ao 4º ano	Ensino de US em alunos voluntários e em simulador: aulas expositivas, atividades práticas e sessões de simulação	Teste teórico e teste de avaliação cognitiva	A disciplina foi muito bem avaliada e revelou que a maioria absoluta dos estudantes considera que a US melhorou sua educação médica, melhorou a qualidade do seu exame físico e deveria ser mais inserida no currículo médico	A inserção do ensino de US à beira do leito (conhecimento teórico e prático) no processo de educação médica é possível e é apreciada pelos discentes
Blackstocke e Carmody <sup>34</sup>	<i>New York University School of Medicine</i> , Estados Unidos, 2013 1º ao 3º ano	Ensino de US em alunos voluntários: módulo <i>on-line</i> , palestra, aula expositiva e sessões práticas	Exame prático e teste de conhecimento de múltipla escolha	O <i>feedback</i> dos alunos quanto ao currículo de US durante a graduação foi extremamente positivo. Os alunos relataram que a US ajudou a identificar características anatômicas abdominais essenciais, sendo uma ferramenta importante no currículo de anatomia	A breve exposição à US, por meio de palestras e sessões práticas, pode ser tempo suficiente para expor os alunos aos conceitos mais básicos da ferramenta. Os maiores desafios em integrar a US na graduação são a disponibilidade de tempo e número suficiente de instrutores para ministrar as sessões prática de POCUS

Autor	Instituição e ano de implantação curricular	Método de ensino	Método de avaliação	Resultados: benefícios/desafios da POCUS	Conclusão
Cevik et al. <sup>35</sup>	<i>United Arab Emirates University, College of Medicine and Health Sciences</i> , Emirados Árabes, 2014 6º ano	Ensino de US em pacientes saudáveis: aula didática, sessão prática, materiais de texto/vídeo <i>on-line</i> e sessões de estudo prático independente	Teste final de múltipla escolha	As pontuações foram significativamente maiores após os cursos de eFAST e RUSH. O conhecimento eFAST foi significativamente maior do que o conhecimento RUSH antes, mas não após fazer o curso. A pontuação RUSH foi significativamente menor do que a pontuação eFAST no exame final do estágio	O treinamento em US durante o estágio de medicina de emergência aumentou significativamente o conhecimento dos protocolos EFAST e RUSH. A retenção de conhecimento após 2 semanas foi maior para o protocolo eFAST do que o RUSH
Dickerson et al. <sup>36</sup>	<i>University of Oxford, Clinical Medical School</i> , Reino Unido 5º ano	Ensino de US em alunos: sessões práticas	Avaliação teórica e prática	98% dos alunos sentiram que o ensino foi bem ministrado. Todos sentiram que o conhecimento sobre US melhorou e recomendariam o curso A maioria dos alunos elogiou a experiência prática da sessão e valorizou o ensino em pequenos grupos 98% acreditavam que os estudantes de medicina deveriam aprender US. A maioria indicou que, após o curso, eles se sentiriam confiantes em obter as visualizações de US abdominal e FAST	O curso de US permitiu que a maioria dos alunos se sentisse confiante em obter visualizações de US e realizar triagem de aneurisma abdominal e avaliações de trauma, técnicas que eles poderiam usar durante suas colocações. O modelo assistido por pares tem papel aceitável no ensino de habilidades clínicas emergentes para estudantes de medicina
Kobal et al. <sup>37</sup>	<i>Ben-Gurion University of the Negev</i> , Israel, 2017 4º ano	Ensino de US em alunos e em pacientes: palestras, treinamento prático e estágio clínico	Avaliação prática	59% dos alunos foram capazes de demonstrar todas as principais incidências de US em um teste de 6 minutos. A visão mais obtida foi a visão paraesternal eixo longo (89%) e a menos obtida foi a visão subcostal (58%) 97% dos estudantes diferenciaram corretamente a função ventricular esquerda normal de severamente reduzida, 100% diferenciaram corretamente um ventrículo direito normal de um severamente hipocinético, 100% diferenciaram corretamente uma válvula mitral normal de uma reumática e 88% diferenciaram corretamente uma normal valva aórtica de uma calcificada, sendo que 95% deles identificaram corretamente a presença de derrame pericárdico	O treinamento de estudantes de medicina em US cardíaca durante o primeiro ano clínico usando um curso curto e focado é viável e permite que alunos com capacidade modesta adquiram as principais visualizações de US transtorácica e ganhem proficiência no diagnóstico de um número limitado de patologias cardíacas

Autor	Instituição e ano de implantação curricular	Método de ensino	Método de avaliação	Resultados: benefícios/desafios da POCUS	Conclusão
Kondrashov et al. <sup>38</sup>	A. T. Still University, Kirksville College of Osteopathic Medicine, Estados Unidos, 2009 1º e 2º anos	Ensino de US em cadáveres: aulas didáticas, módulos <i>on-line</i> e sessões práticas	Teste de conhecimento de múltipla escolha, participação laboratorial e avaliação das habilidades práticas	Os alunos que fizeram a disciplina de US apresentaram melhora significativa na nota geral do exame de anatomia. Quando o conteúdo do exame foi dividido em seções do corpo, a maior melhora nas pontuações do exame foi observada no coração, no abdômen, na extremidade superior e na extremidade inferior. As seções do pescoço e dos olhos não apresentaram melhora estatisticamente significativa	A disciplina proporcionou aos alunos uma importante revisão dos principais conceitos anatômicos. Mais ênfase deve ser dada à US de cabeça e pescoço, para melhorar o desempenho dos alunos nessas áreas
Martinez et al. <sup>39</sup>	University of Maryland, School of Medicine, 2013 3º e 4º anos	Ensino de US em simulador: estudos autodirigidos, módulos <i>on-line</i> , sessões de simulação e de treinamento prático	Avaliação de desempenho contínua e exames online	Os alunos ganharam confiança significativa com suas habilidades de US e pensaram que as usariam no futuro Os alunos indicaram que gostaram da disciplina e a acharam valiosa. O <i>feedback</i> foi positivo	Sugeriu-se que a introdução de US à beira do leito seja feita no currículo médico. Achou-se útil empregar os recursos existentes, ter um currículo detalhado e usar modalidades de ensino multimídia
Oberoi et al. <sup>40</sup>	University of California, Riverside School of Medicine, Estados Unidos, 2016 1º ao 4º ano	Ensino de US em pacientes saudáveis voluntários: aulas expositivas e práticas	Teste de conhecimento de múltipla escolha	Os alunos tiveram um desempenho melhor após passar pelo currículo de US A maioria dos alunos atingiu os objetivos de aprendizado, independentemente de seu interesse a longo prazo em fazer US Os alunos expressaram uma experiência geral positiva com o currículo, com a maioria se sentindo confiante em seu conhecimento de como a US funciona e entusiasmados com o uso da POCUS no futuro	Os alunos atingiram o objetivo de aprendizagem para cada sessão de ensino. O estudo demonstra a eficácia do ensino de US conduzido pelo aluno e oferece o modelo para adoção em outras escolas de medicina
Olszynski et al. <sup>41</sup>	University of Saskatchewan, Canadá 1º e 2º anos	Ensino de US em pacientes: palestras, sessões práticas, tutorial em vídeo e estágio	Exame prático	A incorporação do ensino de POCUS de urologia no curso de habilidades clínicas permitiu que os alunos aprendessem novo conjunto de habilidades clínicas e mostrassem raciocínio clínico sólido, sem prejudicar o aprendizado do currículo tradicional Os alunos mostraram consistentemente a capacidade de aprender e realizar exames de POCUS na avaliação de um paciente durante o OSCE As atitudes dos alunos em relação à US foram predominantemente positivas, e a maioria pensou que a US tem papel valioso na educação médica	O treinamento do POCUS complementa o ensino padrão de urologia em sala de aula de graduação. Os alunos aprenderam efetivamente as habilidades para aplicar US na avaliação de pacientes, e esse processo não interferiu no alcance dos objetivos do curso. Os alunos classificaram a realização dos objetivos do curso mais alto após o módulo e tiveram um bom desempenho na estação OSCE de final de ano

Autor	Instituição e ano de implantação curricular	Método de ensino	Método de avaliação	Resultados: benefícios/desafios da POCUS	Conclusão
Parikh et al. <sup>42</sup>	<i>University of Arizona, College of Medicine, Estados Unidos, 2015</i> 2º e 3º anos	Ensino de US em pacientes padronizados e em modelos ao vivo: aulas didáticas, palestra e sessão prática	Exame prático e teste de conhecimento de múltipla escolha	A confiança dos alunos na capacidade de identificar estruturas do sistema reprodutivo aumentou após a oficina de US/exame físico. A ansiedade durante a realização de exames testiculares e pélvicos bimanuais diminuiu. A satisfação dos alunos com o ensino foi alta. O desempenho na identificação da estrutura por imagens foi de 96% ou mais	Os resultados apoiam a integração da US em um laboratório de habilidades clínicas de exame do sistema reprodutivo. Estudantes adquirem competência e confiança nas habilidades de exame físico do sistema reprodutivo com a integração da US
Friedman et al. <sup>43</sup>	<i>University of Arizona, College of Medicine, Estados Unidos, 2015</i> 2º e 3º anos	Ensino de US em pacientes padronizados e em modelos ao vivo: aulas didáticas, palestra e sessão prática	Exame prático e teste de conhecimento de múltipla escolha	O nível de conforto com o uso da US e na interpretação de imagens aumentou significativamente após as aulas 89% tinham interesse em aprender US e se matriculariam em um currículo opcional de US se tivessem a oportunidade O conhecimento de aplicações específicas de US também aumentou de 60% para 95% após treinamento ultrassonográfico prático	A POCUS de cabeça e pescoço foi integrada com sucesso. O nível de conforto dos alunos em usar um sistema de US e interpretar imagens aumentou significativamente após o treinamento. O currículo também resultou em uma melhoria no conhecimento das aplicações de US
Pazeli et al. <sup>44</sup>	Faculdade de Medicina de Barbacena e Faculdade de Ciências Médicas e da Saúde de Juiz de Fora, Brasil, 2018 4º ano	Ensino de US em alunos e pacientes: treinamento teórico e prático em US	Teste prático	Imagens adequadas foram obtidas em 95% dos pacientes; a VJI direita foi mais comumente encontrada na posição anterolateral em relação à ACC (38%). No lado esquerdo, a posição mais observada foi a anterior (36%). A taxa de sucesso na simulação de punção da VJI com US foi de 55%	O treinamento de estudantes de medicina para reconhecer grandes vasos cervicais é uma tarefa simples, rápida, viável e que pode ser integrada ao currículo de graduação em medicina
Russ et al. <sup>45</sup>	<i>Rocky Vista University, College of Osteopathic Medicine, Estados Unidos, 2015</i> 1º ao 4º ano	Ensino de US em alunos voluntários: sessões de laboratório, estágios de US clínica, módulo de <i>e-learning</i>	Não há teste de conhecimento teórico ou prático	Temas comuns no <i>feedback</i> dos alunos foram o desejo de grupos de trabalho menores para permitir maior prática individual; assistentes de ensino adicionais para fornecer <i>feedback</i> e instrução; admiração pela exposição precoce às técnicas de US antes do treinamento clínico; e prazer das correlações clínicas fornecidas pelo instrutor	O currículo muda a cada ano para se correlacionar com a anatomia e patologia do bloco atual. Espera-se que o modelo e as lições aprendidas possam ajudar outras escolas médicas a integrar a US em seus currículos

Autor	Instituição e ano de implantação curricular	Método de ensino	Método de avaliação	Resultados: benefícios/desafios da POCUS	Conclusão
Smith et al. <sup>46</sup>	<i>University of Colorado, School of Medicine, Estados Unidos, 2011</i>  1º, 2º e 4º anos	Ensino de US em cadáveres: material didático intercalado com sessões práticas	Avaliação teórica e avaliações <i>on-line</i>	72,4% dos alunos concordaram que a US aumentou a capacidade de aprender anatomia, e aproximadamente 73,6% dos alunos concordaram que a incorporação da US aumentou o interesse em anatomia 93,9% dos alunos concordaram que a US é relevante para suas necessidades educacionais atuais e que o ensino deve ser iniciado no primeiro ano. Quando questionados se a US é uma ferramenta valiosa para sua futura prática médica, 98,7% dos alunos concordaram fortemente 84,9% dos alunos concordaram que os assistentes de ensino melhoraram sua compreensão da anatomia durante as sessões práticas	Ao usar uma equipe de professores de anatomia, o estudo demonstrou melhorias significativas nas percepções dos alunos sobre o impacto da US no ensino de anatomia e a relevância do treinamento de US para os estágios iniciais da educação médica
Le et al. <sup>47</sup>	<i>McGill University, Canadá, 2013</i>  1º ao 4º ano	Ensino de US em pacientes padronizados e em simulador: sessões de ensino prático, sessão de revisão e sessões de estudo simulado autodirigido	Autoavaliação e exame prático	Estudantes de medicina podem melhorar suas notas em exames práticos e visuais 8 semanas após um curso de POCUS e após uma intervenção que consiste em 2 sessões de treinamento autodirigidas usando um simulador de US	A implementação de simuladores de US como complemento ao treinamento ministrado por instrutor em modelos ao vivo pode ser uma solução para escolas de medicina com infraestrutura, pessoal ou tempo limitados para treinamento em US. O fornecimento de acesso aberto a um simulador de US pode permitir que os alunos melhorem suas habilidades e realizem exames de US mais precisos no ambiente clínico
Vanichkulbodee et al. <sup>48</sup>	<i>Faculty of Medicine, Vajira Hospital, Navamindradhiraj University, Tailândia, 2012</i>  6º ano	Ensino de US em pacientes saudáveis voluntários: palestras e oficinas de habilidades práticas, sessão prática introdutória de POCUS	Teste de conhecimento de múltipla escolha	Todos acharam que a POCUS era importante. Além disso, 96% dos alunos sentiram que o curso impactou significativamente na capacidade de prestar cuidados Mais da metade dos alunos (55,2%) sentiu-se muito confiante com o uso do eFAST. A maioria dos respondentes (81,8%) foi impactada positivamente pelo curso, e 61,7% ficaram satisfeitos com a abrangência do curso As recomendações para melhoria incluíram o aumento da duração do curso, do conteúdo e do tempo prático para a prática da POCUS	Os egressos perceberam positivamente o curso e sentiram que ele impactou dramaticamente sua prática clínica como médicos iniciantes. Um curso introdutório de POCUS deve ser incorporado ao currículo da faculdade de medicina para preparar os graduados para a prática

Autor	Instituição e ano de implantação curricular	Método de ensino	Método de avaliação	Resultados: benefícios/desafios da POCUS	Conclusão
Wilson et al. <sup>49</sup>	University of California, Irvine School of Medicine, Estados Unidos, 2010 1º ao 4º ano	Ensino de US em modelos ao vivo: sessões educativas práticas, palestras em <i>podcast</i> de acesso aberto, estágios clínicos e prática de inserção intravenosa periférica guiada por US	Teste de conhecimento de múltipla escolha	Os alunos foram capazes de demonstrar uma compreensão básica da física da US, uso de máquinas e identificação de anatomia normal e achados patológicos a partir de imagens de POCUS	Um currículo abrangente de POCUS de 4 anos integrado à faculdade de medicina pode equipar com sucesso os estudantes de medicina com uma compreensão fundamental da física da US, anatomia e reconhecimento de doenças
Wong et al. <sup>50</sup>	University of Hong Kong, Hong Kong, 2019.  6º ano	Ensino de US em alunos e pacientes: sessão prática de treinamento de habilidades da POCUS e estágios	Teste escrito e exame prático	74,6% dos alunos gostaram de usar o dispositivo da POCUS, 50,0% acharam a POCUS útil para validar os achados do exame físico e 47,7% concordaram que a POCUS aumentou a confiança com o exame físico 93,9% concordaram que o programa deveria ser incorporado ao currículo médico Estudantes de medicina que participaram do programa da POCUS tiveram pontuação média maior para o exame abdominal em comparação com aqueles do ano letivo anterior sem programa POCUS	O programa da POCUS, que incluiu o fornecimento de um dispositivo da POCUS portátil pessoal, melhorou a atitude, a confiança e a capacidade dos alunos para realizar um exame físico. O fornecimento de imagens ultrassonográficas em tempo real usando a POCUS para correlacionar e/ou validar os achados do exame físico pode representar uma forma de melhorar as habilidades físicas dos estudantes de medicina

**Fonte:** elaborada pelos autores.

US: ultrassonografia; OSCE: exame clínico estruturado objetivo; FAST: Avaliação Focalizada com Sonografia para Trauma; POCUS: ultrassonografia *point-of-care*; eFAST: Avaliação Estendida Focalizada com Sonografia para Trauma; RUSH: ultrassom rápido para choque e hipotensão; ACC: artéria carótida comum; VJI: veia jugular interna.

Os artigos analisados tinham amostras localizadas em diferentes países: Estados Unidos (n=27), Canadá (n=3), Brasil (n=2), Tailândia (n=2), Hong Kong (n=2), Inglaterra (n=2), Polônia (n=1), Emirados Árabes (n=1), Austrália (n=1) e Israel (n=1). Todos os estudos estavam disponíveis para leitura em inglês e foram publicados no período de 2010 a 2021. Foram encontradas pesquisas descritivas e analíticas: transversais (28; 66,7%), seguidas de relato de experiência (7; 16,7%), de coorte (5; 11,9%) e caso-controle (2; 4,7%). Existiam estudos que abordavam o currículo de uma mesma instituição, portanto 35 currículos de US foram analisados nesta pesquisa.

Os currículos de US foram implantados durante os estágios de anestesia, medicina de emergência, medicina intensiva ou em conjunto com aulas de anatomia ou de exame físico. Considerando o número de currículos analisados, todas as instituições ensinavam POCUS por meio de aulas práticas, usando os próprios alunos (n=15), pacientes voluntários (n=13), simuladores

(n=8), pacientes padronizados (n=7), cadáveres (n=2) e/ou modelos vivos (n=2). Além disso, outros métodos de ensino eram usados com as aulas práticas, como aulas expositivas didáticas, módulos *on-line*, estudos autodirigidos, treinamento em estágios clínicos, palestras *on-line* ou em sala de aula, estudo simulado autodirigido e sessões em clube de revista.

A maioria dos currículos de POCUS foram implementados de forma vertical em todos os anos da graduação (28,6%), no primeiro e segundo anos (17,1%) ou apenas no sexto ano (17,1%). Os métodos de avaliação curricular foram por meio de questionários, exames escritos, exames práticos, autoavaliação e/ou exames clínicos estruturados objetivos (OSCEs). Os docentes eram principalmente médicos ultrassonografistas/treinados em POCUS, médicos de emergência, médicos intensivistas e/ou radiologistas.

Os principais resultados dos estudos foram que: o ensino de POCUS aumenta o conforto dos alunos

e a capacidade de obter imagens de US precisas para fins diagnósticos e procedimentais (n=21); a US é uma ferramenta de ensino valiosa e bem recebida pelos discentes (n=20); a integração do ensino de POCUS na graduação de medicina é viável e necessária (n=18); a incorporação de aulas de POCUS no início da educação do estudante de medicina melhora a compreensão da anatomia e aumenta as habilidades de exame físico (n=10); os alunos sentem que a experiência com a POCUS aprimora a educação médica (n=7); a maioria dos alunos opina que a POCUS deveria ser mais inserida no currículo (n=7); os estudantes mostraram aquisição e retenção a longo prazo de habilidades de US (n=3); os discentes ganham confiança e usam a POCUS com mais frequência em suas práticas após terminarem o curso (n=3); equipamentos adequados e pessoal suficiente são necessários para integrar com mais sucesso o ensino formal de US em um currículo de graduação (n=2); e o fornecimento de acesso a um simulador de US pode permitir que os alunos melhorem suas habilidades e realizem exames de US mais precisos no ambiente clínico (n=1). As recomendações para melhoria incluíram o aumento da duração do curso, do conteúdo e do tempo prático para a educação em POCUS (n=1).

## DISCUSSÃO

Em todo o mundo, o treinamento em US para estudantes de medicina vem sendo implementado há vários anos, mas não há consenso sobre quando e como deve ser inserido nos currículos.<sup>51</sup> Cada escola de medicina tem uma abordagem diferente, usando professores de diversas especialidades.<sup>52</sup>

Os primeiros relatos da utilização da POCUS na graduação médica foram publicados na década de 1990 e início da década de 2000. Encontramos evidências de que, nessa época, algumas faculdades de medicina da Europa já utilizavam a US no auxílio do ensino da anatomia. Partimos de trabalhos preliminares, como os de Brunner, Moeslinger, Spieckermann<sup>53</sup>, do Instituto de Fisiologia Médica de Viena, Áustria, de 1995; Teichgräber et al.<sup>54</sup>, da Universidade de Hannover, Alemanha, de 1996; Barloon et al.<sup>55</sup>, da Universidade de Iowa, Estados Unidos, de 1998; Duvall et al.<sup>56</sup>, do Centro Médico Mount Sinai, Nova Iorque, Estados Unidos, de 2003; Kobal et al.<sup>57</sup>, do Centro Médico Cedars-Sinai, Califórnia, Estados Unidos, de 2006; Butter et al.<sup>58</sup>, da Universidade Northwestern, Chicago, Estados Unidos, de 2007; e Rao et al.<sup>5</sup>, da Universidade Estadual de Wayne, Detroit, Estados Unidos, de 2008.

Porém foi a partir de 2010 que vários trabalhos começam a ser publicados, principalmente pelas universidades americanas da Carolina do Sul e de Monte Sinai e pelo *Imperial College London*.<sup>8,11,12</sup> Em 2014, Bahner et al.,<sup>59</sup> da Universidade Estadual de Ohio, avaliaram como estava o ensino de US nas faculdades de medicina dos Estados Unidos. Nesse estudo, foi apresentada a variabilidade entre as instituições no quesito integração curricular, assim como foram apontados diversos dificultadores. Na época, foram avaliadas 134 escolas norte-americanas, sendo 50 privadas e 84 públicas, ou seja, em 2014, 62% das faculdades de medicina nos Estados Unidos já tinham incorporado a POCUS como parte da educação médica de graduação.

A partir disso, um grande número de instituições começou a adicionar a US no currículo médico. Avaliando o *Ultrasound in Medical Education Portal*, no site do *American Institute of Ultrasound in Medicine* (AIUM),<sup>60</sup> podemos encontrar mais de 200 faculdades de medicina que já trabalham com o ensino da POCUS, sendo a maioria nos Estados Unidos, mas há também em outros países, como Austrália, Brasil, Canadá, China, Porto Rico, Itália, Inglaterra, Irlanda, Suécia e Índia.

Em 2019, a *Irvine School of Medicine*, na Califórnia, surpreendeu a comunidade acadêmica em sua admissão dos novos estudantes, presenteando todos os calouros com um aparelho de US portátil, sendo, então, a primeira turma de medicina dos Estados Unidos a ter um US portátil individual e permanente já no primeiro dia do curso.<sup>61</sup>

Em 2021, a *Wake Forest School of Medicine*, nos Estados Unidos, chegou a adaptar o currículo deles à nova realidade da pandemia da doença pelo coronavírus 2019 (Covid-19). Eles criaram um currículo virtual, que melhorou o conhecimento de US dos alunos, a interpretação de imagens e a aplicação clínica ao utilizar novas técnicas para ensinar uma habilidade prática virtualmente.<sup>13</sup>

No Brasil, temos poucos trabalhos publicados na área,<sup>60</sup> mas podemos identificar a seguinte cronologia no ensino da POCUS: em 2013/2014, na Disciplina de Medicina Interna I (Semiologia Médica) da Faculdade de Medicina da Universidade Federal do Rio de Janeiro, com o Dr. Elmo Pereira Júnior; em 2014, no programa de disciplinas eletivas, sequenciais, do quarto ao oitavo período da Universidade Federal de Juiz de Fora, com o Dr. Marcus Bastos; em 2014, na Universidade Estadual de Campinas, com o Dr. Thiago Martins Santos; em 2015, no internato de emergência do 11º período no Centro Universitário FIPMoc, com o Dr.

Luiz Ernani Meira Júnior; em 2017, a Universidade Estácio de Sá desenvolve o programa de integração da US em todo o currículo, iniciando pelas disciplinas de Propedêutica e Emergência Médica, com o Dr. Elmo Pereira Júnior; em 2017, na Unisinos, no rio Grande do Sul, com a Dra. Ana Claudia Tonelli; e em 2018, na Faculdade de Medicina de Barbacena, com o Dr. José Pazeli.

Os métodos para avaliar a competência na POCUS nas universidades ainda não são padronizados. Algumas instituições introduziram a US em suas avaliações de exame clínico estruturado,<sup>8,14,15</sup> e alguns programas de treinamento avançado inseriram a avaliação de imagens na nota final.<sup>16</sup> Houve também universidades que utilizaram a autoavaliação<sup>12,17,18</sup> ou o desempenho nas simulações práticas<sup>19</sup> como método avaliativo.

Idealmente, os exames teórico-práticos são concluídos no início e no final de um período de treinamento.<sup>20,21</sup> A avaliação inicial identifica as necessidades exclusivas de cada aluno, oferecendo a oportunidade de modificar o currículo conforme necessário, para criar planos de aprendizagem mais individualizados. A avaliação final demonstra a competência dos formandos e as necessidades futuras de aprendizagem, bem como identifica oportunidades de melhoria na educação da POCUS.<sup>62</sup>

Os currículos também variam de acordo com a faculdade, já que não existem diretrizes sobre como ensinar POCUS durante a graduação. Muitos dos programas são integrados desde o primeiro ano do curso médico,<sup>11,22</sup> com a US complementando o aprendizado de anatomia humana e colaborando para o melhor entendimento e aperfeiçoamento das aptidões de exame físico por parte dos acadêmicos.<sup>63</sup> Em outras instituições, os alunos fazem disciplina eletiva<sup>15,23</sup> ou só iniciam o curso de POCUS no internato, em rotações na medicina de emergência, com ênfase no protocolo FAST e na realização de procedimentos.<sup>24</sup>

Na Universidade de Nova Iorque, por exemplo, o currículo de US abrange estudantes de medicina em rotação na medicina de emergência, que mostraram aumento da confiança e do interesse em aprender US após o curso.<sup>25</sup> *Imperial College London*, 85% dos alunos sem treinamento formal prévio em US, após um curso teórico-prático de US de 5 horas, concluíram uma varredura FAST completa com nível adequado de desempenho em menos de 6 minutos.<sup>8</sup>

Isso demonstra que a incorporação precoce da US no currículo médico coloca os estudantes de medicina em uma vantagem distinta em comparação com os alunos que não são expostos a ela à medida que

progridem na faculdade e na residência médica.<sup>64</sup> Isso porque a POCUS aumenta as habilidades semiológicas e o conhecimento anatômico. Os alunos que têm um currículo de US obtêm melhor OSCE em comparação com alunos que não dispõem dessa ferramenta<sup>15,26</sup> e alcançam também melhora significativa na nota geral do exame de anatomia.<sup>2</sup>

A integração vertical da US no currículo permite um maior refinamento das habilidades técnicas dos estudantes, expande a aplicabilidade a condições patológicas e fornece exposição precoce a procedimentos guiados por US.<sup>64</sup> A partir disso, os alunos mostram capacidade em desenvolver uma compreensão avançada da US dentro de um currículo estruturado<sup>2</sup> e relatam que o ensino de US permite maior correlação clínica com o ensino básico<sup>11</sup> e melhora a capacidade de interpretar imagens.<sup>13</sup>

Assim, a inclusão do treinamento em POCUS de forma gradual na grade curricular permite que os estudantes tenham mais oportunidades de praticar e aperfeiçoar suas habilidades, qualificando-se melhor para a futura prática clínica.<sup>65</sup> Além disso, os alunos aumentam a confiança e a capacidade de obter imagens precisas e usar essas imagens para fins de diagnóstico. Esses alunos se formam munidos das habilidades para levar consigo para o treinamento de residência.<sup>27</sup>

A aplicabilidade da US no ensino parece ser tão diversa quanto seu uso clínico à beira do leito. Métodos que variam de palestras, módulos *on-line*, tarefas em vídeo, sessões de estudo simulado, estágios clínicos, discussões baseadas em casos e aulas práticas têm sido usados com sucesso para ensinar física, mecânica e aplicações clínicas do ultrassom, bem como as características ultrassonográficas de estruturas anatômicas e interpretação de imagens.<sup>66</sup>

Para o *American College of Emergency Physicians*, o principal método de educação em US é o treinamento prático em pequenos grupos com ultrassonografistas.<sup>67</sup> No entanto, nenhum dos estudos dessa revisão estabeleceu um método superior ao comparar as formas de ensino da POCUS na graduação. O que se sabe é que um currículo baseado em simulador melhora as habilidades do estudante de medicina de forma objetiva e quantificável.<sup>28</sup>

Apesar das diferentes formas de ensino, a integração da disciplina de US no currículo gera *feedbacks* positivos por parte dos acadêmicos. Houve um estudo em que a totalidade dos participantes concordava ou concordava fortemente em adquirir certificação formal em US do trauma após a conclusão do curso.<sup>8</sup> Isso gera benefícios para a sociedade, que apenas tem a ganhar

com médicos mais preparados e familiarizados com a ferramenta e capazes de realizar diagnósticos e orientar condutas com certa acurácia.<sup>9</sup>

Uma grande barreira para a incorporação do treinamento em US é o número relativamente pequeno de instrutores disponíveis, em comparação com o número de alunos. Além disso, quase todas as faculdades dividem a turma em pequenos grupos para o *hands-on* com o médico orientador.<sup>22,29</sup> Isso acaba sendo um fator limitante, pois fazem-se necessários vários horários em sistema de rodízio com os acadêmicos.

A POCUS também é uma ferramenta de ensino relativamente nova, e muitos professores, mesmo em centros acadêmicos, podem não ser proficientes em relação à tecnologia.<sup>30</sup> Para sanar esse desafio, a Universidade de San Francisco instituiu o ensino por monitoria, em que os alunos primeiramente treinados pelos professores eram capazes de ensinar outros alunos sob orientação. Tal artifício foi eficaz para driblar a falta de horários dos professores, tornando o programa autossustentável, e novos monitores são selecionados todos os anos.<sup>31</sup>

Outros entraves para a implementação de um currículo estruturado na graduação de medicina são a falta de interesse de alguns profissionais, o desconhecimento da técnica, a falta de treinamento e a indisponibilidade de aparelhos de US nos pontos de trabalho,<sup>21</sup> mas, talvez, um dos maiores desafios seja o não desenvolvimento de um *mindset* específico para a utilização dessa poderosa ferramenta. Como a proposta é a de integrar a US como parte do exame físico, realizado pelo médico na ponta do atendimento, sempre com correlação clínica,<sup>15</sup> tal mudança ainda gera resistências e a graduação seria um ponto-chave para começarmos a quebrar tais resistências e iniciar a criação deste *mindset* específico.

Organizações como a *Society of Ultrasound in Medical Education* e o *American Institute of Ultrasound in Medicine* apoiam esses esforços e trabalham para definir maneiras mais eficazes de incorporar a US aos currículos médicos, de forma a maximizar a eficiência, a eficácia e o impacto educacional.<sup>68</sup>

Embora os fatores associados à educação da POCUS na graduação de medicina sejam claros, este estudo apresenta limitações. A heterogeneidade e a baixa qualidade metodológica das pesquisas inclusas impediram uma metanálise. Isso porque a maioria dos artigos analisados apenas descrevia os resultados, sem quantificá-los, ou tinha formas de análise quantitativa diferentes. Além disso, a maior parte dos estudos foi baseada em casos de grupo único, não controlados

ou com controles históricos. Por fim, alguns estudos tiveram viés de autosseleção (alunos de US eletiva ou estudantes autosselecionados), o que significa que as respostas podem ter sido tendenciosas para o positivo.

## CONCLUSÃO

O crescente interesse no aprendizado da ultrassonografia *point-of-care*, associado à portabilidade e à praticidade dos novos aparelhos, impulsiona um número cada vez maior de faculdades a adotar essa ferramenta no ensino durante a graduação. Ainda há uma escassez de dados na literatura sobre o valor dessa ferramenta na graduação e do real aproveitamento dos estudantes. Porém os dados existentes já apontam no sentido de um bom aproveitamento dos alunos no aprendizado de anatomia e de seu uso em semiologia, sendo os alunos capazes de adquirir habilidade na aquisição de imagens com um treinamento básico e inclusive sendo capazes de realizar alguns diagnósticos e tomadas de decisão.

O ensino da ultrassonografia *point-of-care* na graduação (da anatomia, passando pela semiologia até chegar no internato de clínica, cirurgia, emergência) se desponta, portanto, como um importante campo de trabalho na criação de um *mindset* específico, preparando o futuro médico para uma nova realidade em que a ultrassonografia passaria a ser o quinto elemento do exame físico na tomada de decisões.

O *feedback* dos alunos tem sido positivo e já existem evidências de que a ultrassonografia *point-of-care* melhora a qualidade do cuidado. No entanto, a evidência que possuímos é observacional e de estudos não controlados ou (em alguns poucos casos) com controles históricos.

Devido a essa limitação, esta revisão considera que pesquisas randomizadas, controladas são necessárias nessa área, para chegar a uma conclusão quantitativa sobre como a integração de imagens como um complemento para o ensino na graduação afeta o desempenho do aluno.

## REFERÊNCIAS

1. Lee M, Roberts JM, Chen L, Chang S, Hatala R, Eva KW, et al. Estimation of spleen size with hand-carried ultrasound. *J Ultrasound Med*. 2014;33(7):1225-30.
2. Bahner DP, Royall NA. Advanced ultrasound training for fourth-year medical students: a novel training program at The Ohio State University College of Medicine. *Acad Med*. 2013;88(2):206-13.
3. Moore CL, Copel JA. Point-of-care ultrasonography. *N Engl J Med*. 2011;364(8):749-57.
4. Gilbertson EA, Hatton ND, Ryan JJ. Point of care ultrasound: the next evolution of medical education. *Ann Transl Med*. 2020;8(14):846.

5. 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.
6. Mattson J, Ramage T, Pham C, Beier L, Lenehan P, Fox J. 152 Ultrafast, a One-Day Bedside Ultrasound Symposium, Improves Medical Students' Practical Knowledge and Skills in Cardiac Ultrasound. *Annals of Emergency Medicine*. 2014 [cited 2022 Oct 9]; 64(4):S55. Available from: [https://www.annemergmed.com/article/S0196-0644\(14\)00785-9/fulltext](https://www.annemergmed.com/article/S0196-0644(14)00785-9/fulltext)
7. Johri AM, Durbin J, Newbigging J, Tanzola R, Chow R, De S, et al. Cardiac point-of-care ultrasound: State-of-the-Art in Medical School Education. *J Am Soc Echocardiogr*. 2018;31(7):749-60.
8. Gogalniceanu P, Sheena Y, Kashef E, Purkayastha S, Darzi A, Paraskeva P. Is basic emergency ultrasound training feasible as part of standard undergraduate medical education? *J Surg Educ*. 2010;67(3):152-6.
9. Shokoohi H, Boniface K, Kaviani P, Armstrong P, Calabrese K, Pourmand A. An experiential learning model facilitates learning of bedside ultrasound by preclinical medical students. *J Surg Educ*. 2016;73(2):208-14.
10. Halpern SA, Brace EJ, Hall AJ, Morrison RG, Patel DV, Yuh JY, et al. 3-D modeling applications in ultrasound education: a systematic review. *Ultrasound Med Biol*. 2022;48(2):188-97.
11. Hoppmann RA, Rao VV, Poston MB, Howe DB, Hunt PS, Fowler SD. An integrated ultrasound curriculum (iUSC) for medical students: 4-year experience. *Crit Ultrasound J*. 2011;3(1):1-12.
12. 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.
13. Zavitz J, Sarwal A, Schoeneck J, Glass C, Hays B, Shen E, et al. Virtual multi-specialty point-of-care ultrasound rotation for 4th year medical students during COVID-19: innovative teaching techniques improve ultrasound knowledge and image interpretation. *AEM EducTrain*. 2021;5(4):e10632.
14. Blake Holloway W 2nd, Grove J, Tyson A, Rochford L, Day L, Resuehr D. Utilization of a co-enrolled course structure for point-of-care ultrasound training in the undergraduate medical education setting. *Med Sci Educ*. 2020;30(1):31-9.
15. 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.
16. Ho AM, Critchley LA, Leung JY, Kan PK, Au SS, Ng SK, et al. Introducing final-year medical students to pocket-sized ultrasound imaging: teaching transthoracic echocardiography on a 2-week anesthesia rotation. *Teach Learn Med*. 2015;27(3):307-13.
17. Steinmetz P, Oleskevich S, Lewis J. Acquisition and long-term retention of bedside ultrasound skills in first-year medical students. *J Ultrasound Med*. 2016; 35(9):1967-75.
18. Zawadka M, Graczyńska A, Janiszewska A, Ostrowski A, Michałowski M, Rykowski M, et al. Lessons learned from a study of the integration of a point-of-care ultrasound course into the undergraduate medical school curriculum. *Med Sci Monit*. 2019;25:4104-410.
19. Lum M, Sheehy L, Lai J, Tillman D, Damewood S, Schmidt J. Integration of lung point-of-care ultrasound into clinical decision making for medical students in simulated cases. *West J Emerg Med*. 2020;22(1):124-9.
20. Jujo S, Lee-Jayaram JJ, Sakka BI, Nakahira A, Kataoka A, Izumo M, et al. Pre-clinical medical student cardiac point-of-care ultrasound curriculum based on the American Society of Echocardiography recommendations: a pilot and feasibility study. *Pilot Feasibility Stud*. 2021;7(1):175.
21. Limchareon S, Asawarorarit N, Klinwichit W, Dinchuthai P. Development of the ultrasonography learning model for undergraduate medical students: A case study of the Faculty of Medicine, Burapha University. *J Chin Med Assoc*. 2016;79(8):445-9.
22. Rempell JS, Saldana F, DiSalvo D, Kumar N, Stone MB, Chan W, et al. Pilot Point-of-Care Ultrasound Curriculum at Harvard Medical School: Early Experience. *West J Emerg Med*. 2016;17(6):734-40.
23. Fu JY, Krause C, Krause R, McCoy J, Schindler A, Udrea DS, et al. Integration of point-of-care ultrasound training into undergraduate medical curricula--a perspective from medical students. *J Med Educ Curric Dev*. 2016;3:JMECD.S38240.
24. Ang J, Doyle B, Allen P, Cheek C. Teaching bedside ultrasound to medical students. *Clin Teach*. 2018;15(4):331-35.
25. Blackstock U, Munson J, Szyld D. Bedside ultrasound curriculum for medical students: report of a blended learning curriculum implementation and validation. *J Clin Ultrasound*. 2015;43(3):139-44.
26. 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? *J Ultrasound Med*. 2019;38(2):433-40.
27. 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.
28. Elison DM, McConnaughey S, Freeman RV, Sheehan FH. Focused cardiac ultrasound training in medical students: Using an independent, simulator-based curriculum to objectively measure skill acquisition and learning curve. *Echocardiography*. 2020;37(4):491-6.
29. Webb EM, Cotton JB, Kane K, Straus CM, Topp KS, Naeger DM. Teaching point of care ultrasound skills in medical school: keeping radiology in the driver's seat. *Acad Radiol*. 2014;21(7):893-901.
30. Bahner DP, Adkins EJ, Hughes D, Barrie M, Boulger CT, Royall NA. Integrated medical school ultrasound: development of an ultrasound vertical curriculum. *Crit Ultrasound J*. 2013;5(1):6.
31. DesJardin JT, Ricceri SK, Brown SD, Webb EM, Naeger DM, Teismann NA. A near-peer point-of-care ultrasound elective for medical students: impact on anatomy knowledge, perceptions about ultrasound, and self-reported skill level. *Academic Radiology*. 2017;24(6):772-9.
32. Alerhand S, Choi A, Ostrovsky I, Chen S, Ramdin C, Laboy M, et al. Integrating basic and clinical sciences using point-of-care renal ultrasound for preclerkship education. *MedEdPORTAL*. 2020;16:11037.
33. Bastos MG, Ronzani FA, Carmo WB, Toledo GC, Paula RB. Integração do ensino da ultrassonografia point of care no currículo de graduação em medicina: um relato de experiência. *HU Rev*. 2019 [citado 2022 Out. 9];45(1):98-103. Disponível em: <https://periodicos.ufjf.br/index.php/hurevista/article/view/13977>
34. Blackstock U, Carmody K. Transforming learning anatomy: basics of ultrasound lecture and abdominal ultrasound anatomy hands-on session. *MedEdPORTAL*. 2016; 12:10446.
35. Cevik AA, Cakal ED, Abu-Zidan F. Point-of-care ultrasound training during an emergency medicine clerkship: a prospective study. *Cureus*. 2019;11(11):e6118.
36. Dickerson J, Paul K, Vila P, Whitticar R. The role for peer-assisted ultrasound teaching in medical school. *Clin Teach*. 2017;14(3):170-4.
37. Kobal SL, Lior Y, Ben-Sasson A, Liel-Cohen N, Galante O, Fuchs L. The feasibility and efficacy of implementing a focused cardiac ultrasound course into a medical school curriculum. *BMC Med Educ*. 2017;17(1):94.
38. 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. *Clin Anat*. 2015;28(2):156-63.
39. Martinez JP, Sommerkamp SK, Euerle BD. How we started an elective in emergency bedside ultrasound. *Med Teach*. 2015;37(12):1063-6.
40. Oberoi MK, Perera NC, Reynaga J, Yoo BR, Miller CC, Lockhart W, et al. Students teaching students: student-led ultrasound curriculum in medical school education. *Cureus*. 2021;13(11):e19332.
41. Olszynski P, Anderson J, Trinder K, Domes T. Point-of-care ultrasound in undergraduate urology education: a prospective control-intervention study. *J Ultrasound Med*. 2018;37(9):2209-13.

42. Parikh T, Czuzak M, Bui N, Wildner C, Koch B, Leko E, Rappaport W, et al. Novel use of ultrasound to teach reproductive system physical examination skills and pelvic anatomy. *J Ultrasound Med.* 2018;37(3):709-15.
43. Friedman L, Situ-LaCasse E, Acuna J, Amini R, Irving SC, Stolz LA, et al. Point-of-care Head and Neck Sonography for Clinical Problem-solving: Impact of One-day Training Sessions on Medical Student Education. *Cureus.* 2018;10(12):e3740.
44. Pazeli JM Jr, Vieira AL, Vicentino RS, Pazeli LJ, Lemos BC, Saliba MM, et al. Point-of-care ultrasound evaluation and puncture simulation of the internal jugular vein by medical students. *Crit Ultrasound J.* 2018;10(1):34.
45. Russ B, Evans D, Morrad D, Champney C, Woodworth A, Thaut L, et al. Integrating point-of-care ultrasonography into the osteopathic medical school curriculum. *J Am Osteopath Assoc.* 2017;117(7):451-456.
46. Smith JP, Kendall JL, Royer DF. Improved medical student perception of ultrasound using a paired anatomy teaching assistant and clinician teaching model. *Anat Sci Educ.* 2018;11(2):175-84.
47. Le CK, Lewis J, Steinmetz P, Dyachenko A, Oleskevich S. The use of ultrasound simulators to strengthen scanning skills in medical students: a randomized controlled trial. *J Ultrasound Med.* 2019;38(5):1249-57.
48. Vanichkulbodee A, Inboriboon PC, Balk AH, Sri-On J. Perception of an introductory point-of-care ultrasound course for Thai medical students on emergency medicine rotation. *Open Access Emerg Med.* 2021;13:291-8.
49. Wilson SP, Mefford JM, Lahham S, Lotfipour S, Subeh M, Maldonado G, et al. Implementation of a 4-year point-of-care ultrasound curriculum in a liaison committee on medical education-accredited US medical school. *J Ultrasound Med.* 2017 Feb; 36(2):321-5.
50. Wong CK, Hai J, Chan KY, Un KC, Zhou M, Huang D, et al. Point-of-care ultrasound augments physical examination learning by undergraduate medical students. *Postgrad Med J.* 2021;97(1143):10-5.
51. Patel SG, Benninger B, Mirjalili SA. Integrating ultrasound into modern medical curricula. *Clin Anat.* 2017;30(4):452-60.
52. Boulger C, Liu RB, De Portu G, Theyyanni N, Lewis M, Lewiss RE, et al. A national point-of-care ultrasound competition for medical students. *J Ultrasound Med.* 2019;38(1):253-8.
53. Brunner M, Moeslinger T, Spieckermann PG. Echocardiography for teaching cardiac physiology in practical student courses. *Am J Physiol.* 1995;268(6 Pt 3):S2-9.
54. Teichgräber UK, Meyer JM, Poulsen Nautrup C, von Rautenfeld DB. Ultrasound anatomy: a practical teaching system in human gross anatomy. *Med Educ.* 1996;30(4):296-8.
55. Barloon TJ, Brown BP, Abu-Yousef MM, Ferguson KJ, Schweiger GD, Erkonen WE, et al. Teaching physical examination of the adult liver with use of real-time sonography. *Acad Radiol.* 1998;5(2):101-3.
56. Duvall WL, Croft LB, Goldman ME. Can hand-carried ultrasound devices be extended for use by the noncardiology medical community? *Echocardiography.* 2003;20(5):471-6.
57. Kobal SL, Trento L, Baharami S, Tolstrup K, Naqvi TZ, Cercsek B, et al. Comparison of effectiveness of hand-carried ultrasound to bedside cardiovascular physical examination. *Am J Cardiol.* 2005;96(7):1002-6.
58. Butter J, Grant TH, Egan M, Kaye M, Wayne DB, Carrión-Carrión 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.
59. 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.
60. American Institute of Ultrasound in Medicine (AIUM). Ultrasound in medical education portal: medical schools. [cited 2022 Oct 9]. Available from: <http://meded.aium.org/medical-schools>
61. Comstock J. UC Irvine Medical School gifts Butterfly handheld ultrasounds to its whole class of 2023. 2019 [cited 2022 Oct 9]. Available from: <https://www.mobihealthnews.com/news/north-america/uc-irvine-medical-school-gifts-butterfly-handheld-ultrasounds-its-whole-class>
62. Allsop S, Gandhi S, Ridley N, Spear M. Implementing ultrasound sessions to highlight living anatomy for large medical student cohorts. *Transl Res Anat.* 2021 [cited 2022 Oct. 9];22:100088. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214854X20300273>
63. Kim EY, Park KH, Choi SJ, Chung WJ. Educational value of pocket-sized ultrasound devices to improve understanding of ultrasound examination principles and sonographic anatomy for medical student. *PLOS ONE.* 2017;12(9):e0185031.
64. Dinh VA, Dukes WS, Prigge J, Avila M. Ultrasound integration in undergraduate medical education: comparison of ultrasound proficiency between trained and untrained medical students. *J Ultrasound Med.* 2015;34(10):1819-24.
65. Black H, Sheppard G, Metcalfe B, Stone-McLean J, McCarthy H, Dubrowski A. Expert facilitated development of an objective assessment tool for point-of-care ultrasound performance in undergraduate medical education. *Cureus.* 2016;8(6):e636.
66. Royer DF. Seeing with sound: how ultrasound is changing the way we look at anatomy. *Adv Exp Med Biol.* 2019;1138:47-56.
67. Ultrasound guidelines: emergency, point-of-care and clinical ultrasound guidelines in medicine. *Ann Emerg Med.* 2017;69(5):e27-e54.
68. McMahon GT. Benefits and risks in the broader incorporation of ultrasound in medical education. *Revista Clínica Española.* 2014;214(3):143-4.