



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE CIÊNCIAS MÉDICAS

LIDIANE ANDRADE MONTEIRO DE SOUZA

**A IMPLEMENTAÇÃO DE UM CURSO DE ULTRASSONOGRAFIA PULMONAR
PARA FISIOTERAPEUTAS.**

**THE IMPLEMENTATION OF A PULMONARY ULTRASOUND COURSE FOR
PHYSIOTHERAPISTS.**

CAMPINAS

2022

LIDIANE ANDRADE MONTEIRO DE SOUZA

**A IMPLEMENTAÇÃO DE UM CURSO DE ULTRASSONOGRAFIA PULMONAR
PARA FISIOTERAPEUTAS.**

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Médicas da Universidade Estadual de Campinas como parte dos requisitos exigidos para a obtenção do título de Mestra em Ciências, na área de Concentração em Clínica Médica.

ORIENTADOR: THIAGO MARTINS SANTOS

CO-ORIENTADORA: LUCIANA CASTILHO DE FIGUEIREDO

ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE À VERSÃO FINAL DA DISSERTAÇÃO DEFENDIDA PELA ALUNA LIDIANE ANDRADE MONTEIRO DE SOUZA, E ORIENTADA PELO PROF. DR. THIAGO MARTINS SANTOS.

CAMPINAS

2022

Ficha catalográfica
Universidade Estadual de Campinas
Biblioteca da Faculdade de Ciências Médicas
Patricia de Paula Ravaschio - CRB 8/6426

So89i Souza, Lidiane Andrade Monteiro de, 1986-
A implementação de um curso de ultrassonografia pulmonar para
fisioterapeutas / Lidiane Andrade Monteiro de Souza. – Campinas, SP : [s.n.],
2022.

Orientador: Thiago Martins Santos.
Coorientador: Luciana Castilho de Figueiredo.
Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade
de Ciências Médicas.

1. Ultrassonografia. 2. Fisioterapia. 3. Cuidados críticos. 4. Ensino. 5.
Aprendizagem. I. Santos, Thiago Martins, 1978-. II. Figueiredo, Luciana
Castilho de. III. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Ciências
Médicas. IV. Título.

Informações para Biblioteca Digital

Título em outro idioma: The implementation of a pulmonary ultrasound course for
physiotherapists

Palavras-chave em inglês:

Ultrasonography

Physiotherapy

Critical Care

Teaching

Learning

Área de concentração: Clínica Médica

Titulação: Mestra em Ciências

Banca examinadora:

Thiago Martins Santos [Orientador]

Antonio Luis Eiras Falcão

Ana Cláudia Tonelli de Oliveira

Data de defesa: 07-03-2022

Programa de Pós-Graduação: Clínica Médica

Identificação e informações acadêmicas do(a) aluno(a)

- ORCID do autor: <https://orcid.org/0000-0002-5992-6354>

- Currículo Lattes do autor: <http://lattes.cnpq.br/8183089238177077>

COMISSÃO EXAMINADORA DA DEFESA DE MESTRADO

LIDIANE ANDRADE MONTEIRO DE SOUZA

ORIENTADOR: THIAGO MARTINS SANTOS

COORIENTADOR: LUCIANA CASTILHO DE FIGUEIREDO

MEMBROS TITULARES:

1. PROF. DR. THIAGO MARTINS SANTOS

2. PROF. DR. ANTONIO LUIS EIRAS FALCÃO

3. PROF. DRA. ANA CLÁUDIA TONELLI DE OLIVEIRA

Programa de Pós-Graduação em Clínica Médica da Faculdade de Ciências Médicas da Universidade Estadual de Campinas.

A ata de defesa com as respectivas assinaturas dos membros encontra-se no SIGA/Sistema de Fluxo de Dissertação/Tese e na Secretaria do Programa da FCM.

Data de Defesa: 07/03/2022

DEDICATÓRIA

“Tudo tem o seu tempo determinado, e há tempo para todo o propósito debaixo do céu.
Há tempo de nascer, e tempo de morrer; tempo de plantar, e tempo de arrancar o que se
plantou;

Tempo de matar, e tempo de curar; tempo de derrubar, e tempo de edificar;

Tempo de chorar, e tempo de rir; tempo de prantear, e tempo de dançar;

Tempo de espalhar pedras, e tempo de ajuntar pedras; tempo de abraçar, e tempo de afastar-
se;

Tempo de buscar, e tempo de perder; tempo de guardar, e tempo de lançar fora;

Tempo de rasgar, e tempo de coser; tempo de estar calado, e tempo de falar;

Tempo de amar, e tempo de odiar; tempo de guerra, e tempo de paz.

Deus torna tudo belo ao seu tempo!” *Eclesiastes 3:1-8,11.*

*Dedico este trabalho ao Mestre dos Mestres, que me criou e me cerca com tanto amor e cuidado
em cada detalhe de minha vida, obrigada Deus!*

*Também a minha Amada Mãe, Marisângela, que sempre com tanto amor e carinho mostrou e
plantou em meu coração o amor pelo Ensino, acreditou em mim e foi minha grande
incentivadora. Ao meu Amado Pai, José Carlos, por sempre ter me incentivado a estudar e
fazer o que pôde e muitas vezes o que também não era possível, para que eu tivesse uma boa
oportunidade de formação. Ao meu Amado Irmão, Leandro, por ser fonte de inspiração em
minha vida desde quando éramos crianças, por sua determinação e por sempre fazer eu me
sentir capaz. A minha cunhada Gisele, por ser um exemplo de mulher forte, determinada e
vencedora, obrigada por seu incentivo. A minha Amada Gabriela, companheira incansável,
que com sua doce ternura me manteve leve nos momentos que mais precisei, que esteve ao meu
lado durante esse projeto e que foi meu suporte, mulher forte e resiliente. A minha doce Avó
Guiomar, por cada lembrança em afeto e oração e a quem amo com todo meu coração.*

AGRADECIMENTOS

Neste momento busco palavras para agradecer a todos que se mantiveram ao meu lado nesta jornada, que com sabedoria me auxiliaram na condução deste caminho à aprendizagem e capacitação, o tornando mais leve, proveitoso e gentil.

Sou grata.

Ao meu grande amigo que esteve comigo nesta Jornada, com quem fiz planos, sonhamos juntos, embarcamos neste Projeto juntos, que foi meu braço direito durante toda a coleta, persistindo e acreditando no trabalho que iniciamos mesmo quando o Mestrado não tinha se tornado sua realidade. Em momento algum ele desistiu, ao contrário continuou e me ajudou a concluir nosso projeto, e de forma honrosa minha gratidão a você Ramon Paredes, homem de caráter, um profissional brilhante e um amigo de verdade.

Aos meus colegas da equipe de Fisioterapia do Hospital de Clínicas da Unicamp, que se envolveram com esse projeto, acreditaram, aproveitaram essa oportunidade de capacitação e doaram seu tempo para que se fosse possível concluirmos essa pesquisa.

À minha linda e numerosa família por sempre estarem presentes em minha vida, por suas orações constantes, por todo amor e carinho. Em especial a minha tia Auristela, por sempre incentivar e auxiliar a nossa família nos estudos, proporcionando para muitos de nós uma nova história.

A todos meus amigos pelo apoio, por fazerem parte da minha vida e por vivenciarem este momento ao meu lado. Aos meus queridos amigos Érica e André Gastaldi, que estavam sempre prontos para me “socorrer” independente do dia e da hora, auxiliando, dando ânimo, acreditando nesse trabalho.

A toda equipe multidisciplinar da Unidade de Terapia Intensiva do HC Unicamp, foram quase 10 anos de convivência diária, de aprendizagem e de momentos vividos. Obrigada por acolherem nossa pesquisa, pelo apoio e paciência, sabemos que não é fácil conciliar a pesquisa em um ambiente de Terapia Intensiva.

Ao Bruno de Jorge e Juliana Lino, do Laboratório de simulação da FCM, pelo tempo de vocês, pela ajuda para tornar nossos sonhos realidade.

A disciplina de Emergências Clínicas e ao Time do curso de Ultrassonografia “Point of Care” por acreditarem em nós e nos proporcionarem experiências únicas de grande aprendizado.

A minha co-orientadora, Luciana Castilho, que foi minha professora, líder, que plantou a semente em meu coração e nos apoiou em todo momento, compartilhando sua sabedoria e maestria em formar profissionais cada vez mais capacitados.

Ao meu orientador, Thiago Martins Santos, por seu apoio, paciência, humanização, por entender e acolher minhas necessidades. Por dividir seu grande conhecimento comigo e com a fisioterapia, por somar em nossas vidas profissionais, nos capacitando, abrindo uma nova porta e apontando um novo caminho.

RESUMO

Introdução: A ultrassonografia à beira-leito (POCUS – do inglês *Point of Care Ultrasound*), é uma ferramenta eficiente para a avaliação de pacientes gravemente enfermos, internados em Unidade de Terapia Intensiva (UTI). Pode ser utilizada como feedback visual pelos profissionais que atuam com pacientes que necessitam de estratégias mais elaboradas para monitorização da função pulmonar. Os fisioterapeutas respiratórios que atuam em pacientes submetidos à ventilação mecânica, em ambiente de UTI e Emergências Clínicas, desempenham um papel fundamental na construção de estratégias ventilatórias, no entanto, ainda não há treinamento POCUS pulmonar difundido para estes profissionais. **Objetivos:** Nosso objetivo foi descrever um modelo de implementação de um curso POCUS para fisioterapeutas respiratórios e avaliar a efetividade em relação a aquisição e retenção de conhecimentos e habilidades. Também avaliamos a concordância entre fisioterapeutas e supervisores do curso para quantificação de aeração pulmonar através de um escore (LUS - do termo em inglês Lung Ultrasound Score). **Métodos:** O curso foi composto por uma combinação de métodos que envolvem conteúdos em forma de vídeo aulas on-line, seguidas de palestras presenciais e estações de treinamento prático (incluindo o ensino para cálculo do LUS) e simulação com POCUS. Um teste de múltipla escolha com 30 questões (pontuação de 0,33 por pergunta - pontuação total de 10) foi aplicado antes de acessar o Ambiente Virtual de Aprendizagem (pré-AVA), antes de iniciar o curso presencial (pré-curso) e ao final do curso presencial (pós-curso). Posteriormente os fisioterapeutas coletaram exames POCUS em pacientes reais durante sua rotina de trabalho, os quais foram avaliados remotamente pelos supervisores do curso através do cálculo do LUS e feedback virtual por escrito para os fisioterapeutas. **Resultados:** Treze fisioterapeutas participaram da pesquisa e coletaram 59 exames POCUS. Os resultados do questionário quando comparados com os momentos de aplicação foram para pré-AVA com pré-curso ($3,6 \pm 1,58$ e $5,94 \pm 1,45$); pré-curso com pós-curso ($5,94 \pm 1,45$ e $8,5 \pm 0,71$); pré-AVA com pós-curso ($3,6 \pm 1,3$; e $8,3 \pm 1,0$) com $p < 0,001$ para todos. O Coeficiente de Correlação Intraclassa (ICC) para o cálculo do LUS entre os fisioterapeutas e os avaliadores foi de 0,814 com $p < .001$. **Conclusão:** Os fisioterapeutas mostraram aumento da aquisição e retenção de curto prazo de conhecimentos e habilidades, que parecem ser mantidos, conforme observados pela concordância entre eles e os supervisores. Também observamos uma boa correlação intraclassa entre treinadores e supervisores na avaliação do LUS.

Palavras-chave: Ultrassonografia; Fisioterapia; Cuidados Críticos; Ensino; Aprendizagem.

ABSTRACT

Introduction: Point of Care Ultrasound (POCUS) is an efficient tool for the evaluation of critically ill patients admitted to the Intensive Care Unit (ICU). It can be used as visual feedback by professionals who work with patients who need more elaborate strategies for monitoring lung function. Respiratory physiotherapists who work with patients undergoing mechanical ventilation, in an ICU environment and Clinical Emergencies, play a key role in building ventilatory strategies, however, there is still no widespread POCUS training for these professionals. **Objectives:** Our objective was to describe an implementation model of an POCUS course for respiratory physiotherapists and to evaluate the effectiveness in relation to the acquisition and retention of knowledge and skills. We also evaluated the agreement between physical therapists and course supervisors for the quantification of pulmonary aeration through a Lung Ultrasound Score (LUS). **Methods:** The course consisted of a combination of methods involving content in the form of online video classes, followed by face-to-face lectures and practical training stations (including teaching for LUS calculation) and simulation with L-POCUS. A 30-question multiple-choice test (score of 0.33 per question - total score of 10) was administered before accessing the Virtual Learning Environment (pre-AVA), before starting the face-to-face course (pre-course) and at the end of the face-to-face course (post-course). Subsequently, physical therapists collected POCUS exams on real patients during their work routine, which were evaluated remotely by course supervisors through LUS calculation and written virtual feedback to physical therapists. **Results:** Thirteen physical therapists participated in the research and collected 59 POCUS exams. The results of the questionnaire when compared with the times of application were for pre-AVA with pre-course (3.6 ± 1.58 and 5.94 ± 1.45); pre-course with post-course (5.94 ± 1.45 and 8.5 ± 0.71); pre-AVA with post-course (3.6 ± 1.3 ; and 8.3 ± 1.0) with $p < 0.001$ for all. The Intraclass Correlation Coefficient (ICC) for calculating LUS between physical therapists and evaluators was 0.814 with $p < .001$. **Conclusion:** Physical therapists showed increased acquisition and short-term retention of knowledge and skills, which seem to be maintained, as observed by agreement between them and supervisors. We also observed a good intraclass correlation between coaches and supervisors in the LUS assessment.

Keywords: Ultrasonography; Physiotherapy; Critical Care; Teaching; Learning.

SUMÁRIO

RESUMO	8
ABSTRACT	9
1. INTRODUÇÃO	11
2. OBJETIVOS	14
3. MÉTODO	14
3.1 Desenho do estudo e recrutamento	14
3.2 Fase um: Ambiente Virtual de Aprendizagem (AVA)	15
3.3 Fase dois: Curso Presencial	16
3.4 Fase três: prática com pacientes reais	20
3.5 Protocolo POCUS	20
3.6 Instrumentos	22
4. ANÁLISE DE DADOS	23
5. RESULTADOS	23
6. CONCLUSÃO	50
7. REFERÊNCIAS	52
APÊNDICE I - Instrumento para Coleta de Dados	59
APÊNDICE II – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE)	60
Apêndice III - Ficha de avaliação Médica – Plataforma Google Forms	64

1. INTRODUÇÃO

O uso do Ultrassom como método diagnóstico tem sido aplicado de forma crescente nos últimos anos. Após 1955, demonstrou-se a relevância para o delineamento de estruturas abdominais, pélvicas, cardíacas e na medição do tamanho da cabeça fetal. No entanto, em 1964, foi apresentado um padrão de Ultrassom pulmonar obtido de um paciente com derrame pleural, bem como, foi discutido o resultado que poderia ser visualizado na ultrassonografia após uma toracocentese (1).

Antigamente acreditava-se que o ultrassom não seria indicado para o diagnóstico de patologias pulmonares, pois o ar não é um bom condutor para as ondas ultrassônicas. Entretanto, é possível a visualização de artefatos durante a realização do exame, e através deles, observar alteração da fisiologia pulmonar, conduzindo a um diagnóstico patológico (2–4).

Nos últimos anos os profissionais ganharam um grande aliado na avaliação pulmonar de seus pacientes, a ultrassonografia pulmonar (US) vem conquistando cada vez mais espaço nas unidades de terapia intensiva e emergência clínica (5,6).

A ultrassonografia pulmonar tem sido cada vez mais utilizada em pacientes críticos, integrada ao exame físico e ao raciocínio clínico para o diagnóstico de condições respiratórias agudas, como edema pulmonar, atelectasia, pneumotórax, derrame pleural e consolidação pulmonar (1-5).

A ultrassonografia à beira-leito (POCUS – do inglês *Point of Care Ultrasound*) é uma alternativa promissora de recursos diagnósticos, demonstrando boa acurácia e redução do tempo de diagnóstico, tornando mais diligente a tomada de decisão, focada na avaliação pulmonar durante anamnese do paciente. É frequentemente utilizada e decorrente de um grande avanço tecnológico nas últimas décadas, que levou a construção de um dispositivo de alta definição e cada vez mais portátil, sendo precursor do termo *bed-side ultrasound* (3,7–11). Por ser um equipamento com baixa amplitude e frequência (1-10 MHz), minimiza o potencial risco biológico, sem alteração de temperatura do tecido (12).

O exame POCUS tem sido cada vez mais utilizado em pacientes gravemente enfermos, integrado com exame físico e raciocínio clínico para o diagnóstico de doenças respiratórias agudas, como edema pulmonar, atelectasia, pneumotórax, derrame pleural e consolidação pulmonar (7–11,13–15). Além disso, o exame pode fornecer maior precisão do

que a ausculta pulmonar e radiografia de tórax para o diagnóstico de edema pulmonar inflamatório, uma consequência da Síndrome do Desconforto Respiratório Agudo – SDRA (16–21).

O POCUS permite a avaliação da gravidade da aeração pulmonar por meio de escores semiquantitativos já consagrados pela literatura, LUS - do termo em inglês Lung Ultrasound Score. Pontuações mais altas indicam piora das trocas gasosas e resultados clínicos, em doenças como sepse e SDRA (16–21). Sua interpretação, como relatado anteriormente, é baseada na análise de artefatos ultrassonográficos, que são consequência das interações dos feixes de ultrassom com meio analisado que apresenta diferentes formas de impedância acústica. A linha pleural é uma estrutura anatômica caracterizada no exame de imagem por uma linha hiperecótica horizontal, localizada em adultos a meio centímetro abaixo da linha da costela e indica a pleura parietal (22). As linhas A indicam que o ar é o principal componente visível abaixo da linha pleural, comumente presentes em pulmões normais, são linhas hiperecogênicas e horizontais, paralelas à linha pleural. A distância entre as linhas A é constante e é idêntica àquela entre a pele e a linha pleural (9,22,23). As linhas B, em geral, são bem definidas e apagam as linhas A, elas surgem da linha pleural e se propagam com forma de um raio por toda a imagem, refletindo o edema pulmonar intersticial, além de não evanescerem, ou seja, elas não enfraquecem ao longo da imagem até o limite do feixe de ultrassom. As linhas A e B são consideradas artefatos de reverberação, que são alterações da imagem ultrassonográfica porém, não caracterizam uma verdadeira representação da estrutura avaliada (9,22,24).

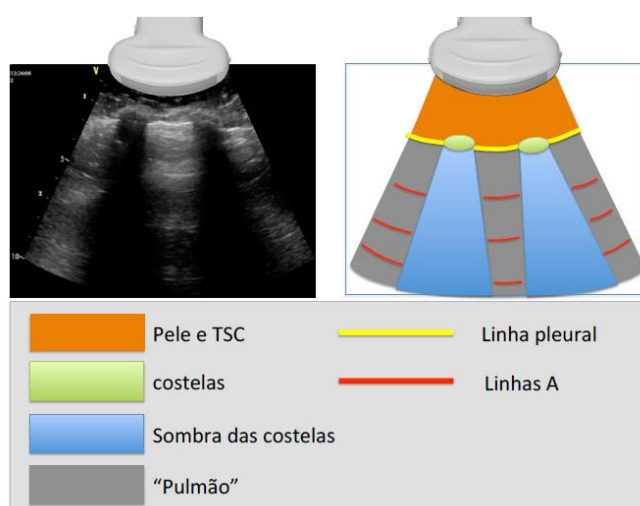


Figura 1. À esquerda, pulmão normal ao ultrassom. À direita, a representação ilustrativa das estruturas observadas. Fonte: Santos, T M.2016. Recurso online, Tese de Doutorado – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP.

Várias formas de ensino para realização de POCUS têm sido propostas como método de avaliação pulmonar (25). Paganini e Rubini (10), relataram que o ensino de POCUS para alunos de graduação que cursam a disciplina de anatomia e fisiologia respiratória possibilita a visualização de estruturas anatômicas de forma real, ou seja, em movimento. Esta experiência sugere que essa ferramenta didática poderia ser integrada às disciplinas clínicas. Isto demonstra uma evolução no desenvolvimento de habilidades junto ao exame físico do paciente (25). Desta forma, a compreensão de disfunções fisiológicas e anatômicas podem ser reconhecidas, melhorando a segurança na atenção e assistência ao paciente, principalmente em unidades de terapia intensiva e emergência (14,25–27).

Existe uma preocupação no ensino de POCUS em diminuir a carga cognitiva para o aluno em tarefas de alta complexidade, ou seja, assimilar gradativamente, ensinando as situações com aplicação na prática, de forma sequenciada, disponibilizando o conteúdo acordo com o desempenho do aluno (28).

Apesar do POCUS já estar bastante fundamentado na prática diária de médicos que prestam assistência a pacientes graves, os fisioterapeutas respiratórios ainda não possuem formação e treinamento para realização desse procedimento, embora tenham papel fundamental na construção de estratégias ventilatórias, particularmente em pacientes submetidos à ventilação mecânica (14,29–31). O início do uso do ultrassom como dispositivo de auxílio na prática da fisioterapia é recente, descrito em 2010, para o tratamento de disfunções musculoesqueléticas, proporcionado feedback visual para o fisioterapeuta e paciente em tempo real (14). Le Nindre e colaboradores (32) ressaltaram que o POCUS pode ser utilizado como ferramenta na pesquisa e na prática clínica com intuito de avaliar as indicações e efetividade da fisioterapia respiratória (32).

Diante disso, relatamos o desenvolvimento e aplicação de um treinamento em POCUS para uma equipe de fisioterapeutas que atuam em unidades de terapia intensiva e enfermarias.

Portanto, o objetivo desse estudo foi avaliar a eficácia de tal treinamento, comparando a aquisição, retenção de conhecimento e habilidades em diversos momentos do curso de capacitação. Também, comparamos a concordância entre fisioterapeutas e médicos experientes sobre a presença e quantidade de aeração pulmonar, através da sua quantificação pela aplicação do LUS (33).

2. OBJETIVOS

Desenvolver um curso teórico e prático para capacitação de fisioterapeutas do serviço.

Verificar o nível de aquisição e retenção de conhecimento, aprendizagem do aluno submetido ao treinamento de POCUS com aplicação de um questionário antes, durante e após o treinamento.

Avaliar as imagens de US pulmonar, que foram gravadas em forma de vídeos de 10 segundos, obtidas por fisioterapeutas, que foram submetidos a treinamento POCUS.

Comparar a pontuação do cálculo do LUS obtida por fisioterapeutas e a pontuação obtida por médicos especialistas em US pulmonar.

Verificar a qualidade dos vídeos obtidos por fisioterapeutas, mediante tripla checagem, por médicos especialistas em US pulmonar.

3. MÉTODO

3.1 Desenho do estudo e recrutamento

Trata-se de um estudo comparativo, descritivo e prospectivo. O estudo envolveu a obtenção de imagens gravadas em forma de vídeos de US pulmonar, com duração de 10 segundos em formato de “clip”, obtidas por fisioterapeutas. Os participantes foram submetidos a um treinamento de POCUS com cálculo de um escore, idealizado pelos médicos pesquisadores do departamento de Emergência Clínica do Hospital de Clínicas da Universidade Estadual de Campinas. A avaliação das imagens coletadas foi realizada de maneira cega por médicos intensivistas e emergencistas especialistas em US pulmonar. A avaliação do POCUS foi realizada conforme as diretrizes internacionais, com uso do transdutor convexo (23).

A pesquisa foi realizada na Unidade de Terapia Intensiva, Enfermarias e no departamento de Emergência Clínica do Hospital de Clínicas da Universidade Estadual de Campinas junto a Disciplina de Emergências Clínicas da Faculdade de Ciências Médicas, no período de julho de 2018 a agosto de 2019. Aprovada pela Instituição e Comitê de Ética em Pesquisa (CAAE: 75831417.9.0000.5404) e iniciada somente após a assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE). Com o objetivo de evitar exposições

desnecessárias e não interferir na assistência ao paciente, os exames foram realizados durante a rotina da fisioterapia respiratória dos pacientes, desde que não interferissem nos procedimentos necessários.

Os critérios de inclusão foram: assinatura do TCLE pelos fisioterapeutas incluídos no estudo, participação no curso preparatório para POCUS e realização de todas as fases da pesquisa. Os critérios de exclusão foram: ausentar-se em qualquer etapa do curso ou não realizar coletas de imagens durante o período da pesquisa, ou ainda ter menos que três exames coletados. Os dados estão apresentados no fluxograma (Fig 2).

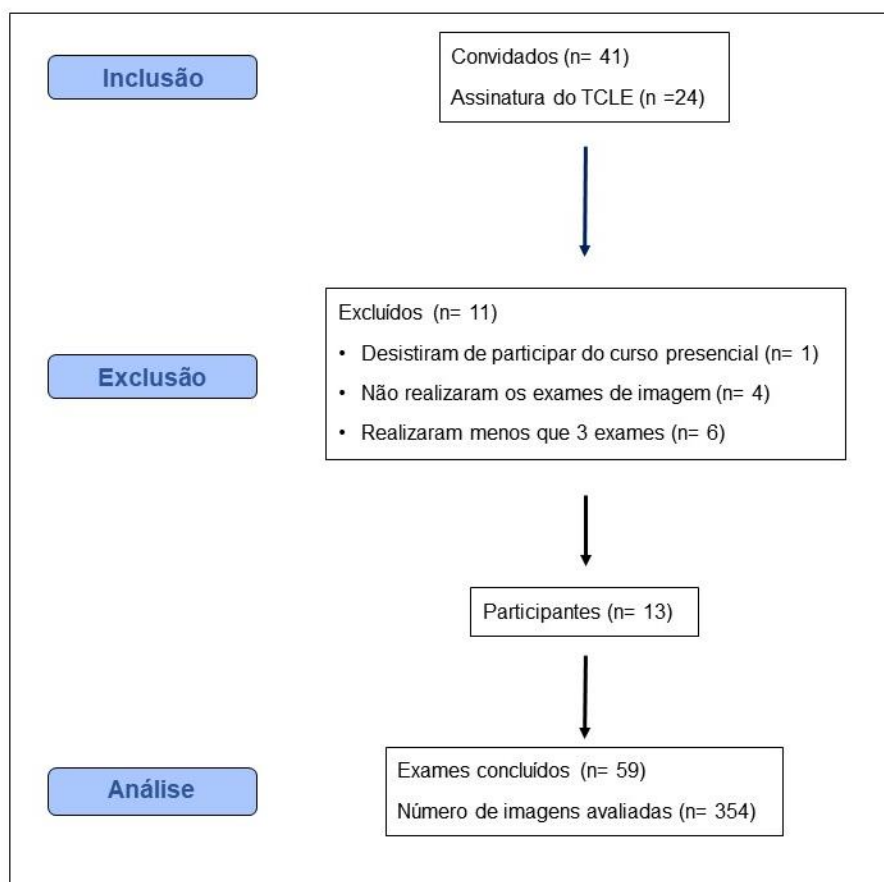


Figura 2. Fluxograma

O curso POCUS consistiu em três fases:

3.2 Fase um: Ambiente Virtual de Aprendizagem (AVA)

A parte teórica do curso foi oferecida através de aulas expositivas presenciais e metodologia de ensino aberto, ou seja, um sistema de apoio ao ensino-aprendizagem criado pelo Núcleo de Informática Aplicada à Educação (NIED) e pelo Instituto de Computação (IC) da UNICAMP compartilhado com os cursos de graduação e pós-graduação do Departamento

de Emergência Clínica da Faculdade de Ciências Médicas da Unicamp. Esse sistema de ambiente de educação a distância permite realizar cursos através da internet por meio da automatização do cadastro de disciplinas, alunos e docentes nos ambientes Teleduc, ou seja, um ambiente de e-learning para a criação, participação e administração de cursos na Web, associado ao Modular Object Oriented Distance Learning (Moodle). Os dois ambientes são Ambientes Virtuais de Aprendizagem (AVAs) que possuem ferramentas para disponibilizar conteúdos, e atividades de comunicação entre os participantes.

Os fisioterapeutas obtiveram acesso a vídeo-aulas na plataforma institucional de AVA (Moodle ®) uma semana antes do curso presencial, onde foram abordados os seguintes temas:

- Princípios básicos para realização de US Pulmonar “Point of care”: tipos de transdutores, padronização de imagens, regulagem de apresentação de imagens.
- Ultrassonografia “Point of Care” Pulmonar: linhas A, linhas B, deslizamento pleural, modo M, Sinal da praia, sinal da estratosfera, ponto pulmonar, pulso pulmonar.
- Interpretação de imagens: pneumotórax, atelectasias, derrame pleural, intubação seletiva, consolidação, edema intersticial, hiperinsuflação pulmonar.
- Fóruns de discussão: casos clínicos para o qual o US pulmonar foi fundamental para a tomada de decisão e questões de múltipla escolha com comentários de alunos e dos docentes

Após o login na plataforma, os trainees precisaram responder ao pré-teste de 30 questões para ter acesso às palestras. Em seguida, foram ministradas duas palestras:

1. Treinamento de ultrassom (30 minutos): inclui física básica de ultrassom, máquina básica e manipulação de sonda e predefinições básicas (profundidade, ganho, compensação de ganho de tempo).
2. Ultrassonografia pulmonar (45 minutos): incluiu achados normais, achados patológicos (edema, consolidação, pneumotórax, derrame pleural, atelectasia).

3.3 Fase dois: Curso Presencial

O curso presencial aconteceu em um dia, com duração de cinco horas e meia, os alunos foram divididos em duas turmas durante o final de semana para que pudessemos manter

a média de 1 tutor para 6 fisioterapeutas. Os fisioterapeutas responderam novamente o mesmo questionário de avaliação, antes e depois da fase dois. O treinamento começou com aulas de revisão teórica sobre o resumo do conteúdo abordado nas aulas do Moodle relacionadas ao conhecimento de ultrassonografia pulmonar (achados normais, achados patológicos, padrões do modo B e modo M e raciocínio clínico usando POCUS). Também ensinamos aquisição de imagem, apresentação do escore para avaliação da aeração pulmonar das imagens obtidas e gravação de loops de vídeo.

Os fisioterapeutas foram capacitados para utilizarem um escore ultrassonográfico simplificado de aeração pulmonar como método de avaliação e classificação da disfunção pulmonar por meio do US Pulmonar. O *Simplified Lung Edema Scoring System* (LUS), avalia a aeração pulmonar, dividindo o tórax em 6 quadrantes anteriores. O primeiro quadrante na linha hemiclavicular entre o 1° e o 2° espaço intercostal, o segundo, na região axilar anterior entre 3° e o 4° espaço intercostal e o terceiro, na região torácica antero-lateral, no ângulo diafragmático. Todos os quadrantes se repetem bilateralmente e classifica a aeração em normal, com perda moderada da aeração pulmonar, perda severa e consolidação pulmonar. As linhas A são artefatos horizontais repetitivos paralelos à linha pleural. As linhas B são artefatos hiperecoicos verticais discretos decorrentes da linha pleural e que se estendem ao fundo da tela, movendo-se de forma sincronizada com o deslizamento do pulmão. A soma dos quadrantes apresenta uma pontuação mínima de 6 pontos que é considerada uma aeração pulmonar normal e a pontuação máxima chega a 24 pontos, caracterizada por consolidação pulmonar bilateral (33).

A atividade prática teve uma média de um tutor para cada seis fisioterapeutas, que foram divididos em duas estações:

- Treinamento das seis janelas pulmonares em Modo B;
- Simulação de um caso de insuficiência respiratória usando um manequim de alta fidelidade com um simulador de ultrassom, com posterior discussão do caso. O Simulador de Ultrassom é um protótipo desenvolvido para nosso grupo de estudos por uma equipe de Engenheiros do Instituto Eldorado (com sede em Campinas, Estado de São Paulo, Brasil) e consiste em um transdutor embutido em um leitor de Identificação por Radiofrequência (RFID – do inglês, *radio frequency identification*). Seis etiquetas redondas RFID diferentes foram colocadas no tórax do manequim para simular as seis zonas LUS. No software

do simulador, cada uma dessas etiquetas tinha um código de identificação que levava a uma imagem de ultrassom pulmonar real pré-gravada correspondente, destinada à atividade.



Acervo de fotos Curso Pocus

Figura 3. Primeiro Curso - Primeira Turma do Curso POCUS. Arquivo pessoal.



Acervo de fotos Curso Pocus

Figura 4. Primeiro Curso Teórico Prático



Figura 5. Segundo Curso Teórico Prático



Figura 6. Segundo Curso Teórico Prático

3.4 Fase três: prática com pacientes reais

Após o curso, os fisioterapeutas iniciaram a prática dos exames POCUS em pacientes reais na rotina diária, cada paciente foi avaliado somente uma vez. Nos primeiros exames, receberam ajuda para ligar o equipamento, gravar e armazenar as imagens, no manuseio do transdutor e orientação sobre os recursos do equipamento para melhor aquisição de imagem. Conforme aumentavam o número de exames realizados, o auxílio diminuía até que obtivessem um nível onde não houvesse mais assistência alguma. Como parte do treinamento, aprenderam a calcular o LUS das seis imagens adquiridas em modo B. Também receberam feedback online em relação a qualidade da imagem e sugestões sobre o que poderiam aprimorar para os próximos exames.

3.5 Protocolo POCUS

Os fisioterapeutas iniciaram a coleta de dados nos pacientes dos leitos de internação da UTI, Enfermaria ou Emergências Clínica do HC/UNICAMP, durante sua rotina de atendimento.

Os pacientes eram posicionados em posição semirrecumbente e submetido ao exame POCUS, na região torácica anterior divididos em 6 quadrantes, três por hemitórax, com as varreduras iniciadas pelo hemitórax direito. Em cada hemitórax, o primeiro quadrante se localiza na linha hemiclavicular entre o 1º e o 2º espaço intercostal, o segundo, na região axilar anterior entre 3º e o 4º espaço intercostal e o terceiro, na região torácica antero-lateral no ângulo diafragmático. Todos os quadrantes se repetem bilateralmente (33).

O cálculo do LUS foi realizado da seguinte forma: um ponto para aeração pulmonar normal (linhas A ou duas linhas B isoladas); dois pontos para perda moderada de aeração pulmonar (três ou mais linhas B bem definidas); três pontos para perda grave de aeração pulmonar (linhas B coalescentes) e quatro pontos para consolidação pulmonar. O score pode variar entre seis até 24 pontos, representando consolidação pulmonar bilateral e total, que não foi encontrada em qualquer paciente (33). Todos os exames foram realizados com equipamento de ultrassom portátil com transdutor convexo de 2-5 MHz (GE Medical Systems modelos Logiq-E e Venue).

Nesta fase, os fisioterapeutas gravaram os *loops* em vídeos de 10 segundos, que foram convertidos para os formatos .avi ou .wmv e enviados, de forma cega, aos supervisores.

Video 1 - LUS= 1 (Quadrante 2). Neste *loop* o foco esta fixado em 10,5 cm, apesar de sua localização ideal ser na topografia da pleura. Isso foi citado em um dos *feedbacks* do supervisor ao fisioterapeuta.

https://drive.google.com/file/d/1_s0UGnnHop84co6cfTLWGZ8So7Jzh3B5/view?usp=sharing;

Video 2 - LUS= 2 (Quadrante 2). Neste *loop*, o foco é de 6 cm. Dois supervisores relataram em seus *feedbacks* ao fisioterapeuta sobre a utilização do ganho aumentado e orientaram a centralização do espaço intercostal na imagem.

<https://drive.google.com/file/d/1O0z3kVzRulGzszlzK8oPiiIdnXyrU4k4/view?usp=sharing;>

Video 3 - LUS= 3. (Quadrante 3). Neste vídeo é possível visualizar a transição do tórax para o abdomen.

<https://drive.google.com/file/d/1rxiu5b5zm1Q7ZZqIIFAiSayhMIWC0joZ/view?usp=sharing;>

Video 4 - LUS= 4. (Quadrante 3). Além da consolidação, este vídeo também mostra um derrame pleural. A presença de derrame pleural não afetou o LUS.

<https://drive.google.com/file/d/1cK4rItQKV2pl7VgZSkwlhe1J8Qp0pVMU/view?usp=sharing>

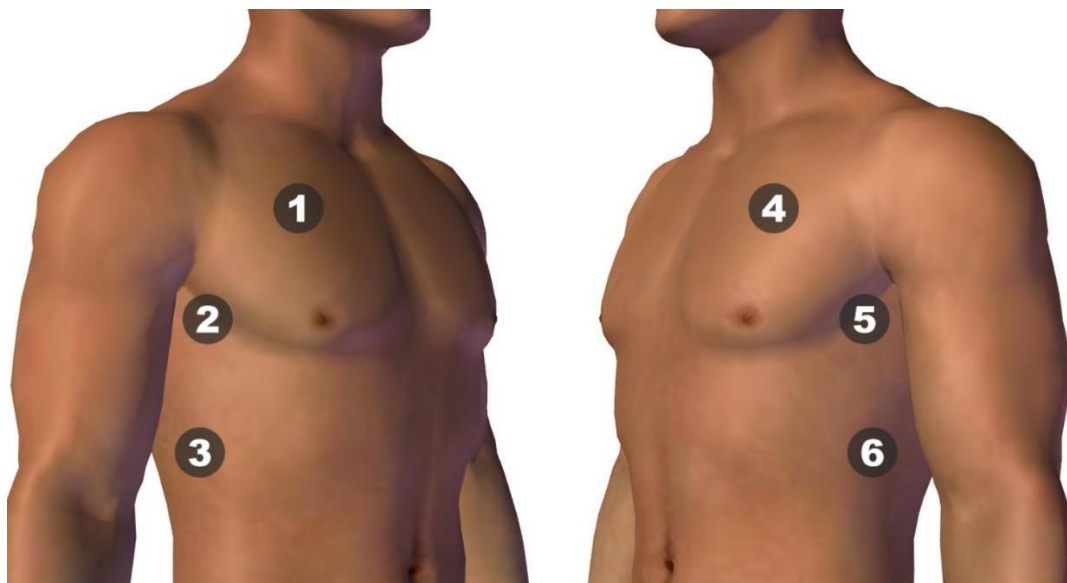


Figura 7. Representação dos quadrantes avaliados.

3.6 Instrumentos

Teste cognitivo: A aquisição e retenção de conhecimento foram avaliadas por um questionário com 30 questões objetivas com quatro alternativas de resposta, sendo somente uma a correta. Com o intuito de evitar viés de recordação, solicitamos aos participantes que não compartilhassem suas respostas às perguntas uns com os outros. Além disso, os participantes não receberam feedback sobre o teste de conhecimento.

O questionário abrangeu temas abordados durante os momentos do curso AVA e presencial e foi aplicado nos seguintes momentos:

1º Momento: antes do acesso às aulas virtuais, denominamos este momento como Pré-AVA.

2º Momento: imediatamente antes ao curso presencial, denominamos este momento como Pré-Curso.

3º Momento: imediatamente após o curso presencial, a este momento denominamos Pós-Curso.

Cada questão correta equivale a 0,333 pontos, totalizando uma pontuação máxima de 10 pontos.

Avaliação da qualidade da imagem: As imagens coletadas foram armazenadas no equipamento de ultrassom e transferidas para um pen drive, o paciente foi anonimizado, e um e-mail contendo os seis loops de vídeo em modo B foi enviado para todos os três supervisores, que estavam cegos para quem realizou o exame, e para os resultados obtidos do LUS. Os supervisores responderam a um Formulário Google[®] onde, na primeira página do formulário, o supervisor poderia avaliar os vídeos de cada zona pulmonar, pontuando o LUS de 1 a 4 pontos, ou inconclusivo, caso o LUS não pudesse ser calculado; e na segunda página, os supervisores classificaram as imagens como adequadas ou não, de acordo com os seguintes critérios técnicos - profundidade, ganho, compensação de ganho de tempo, duração do vídeo e técnica geral. A última página foi dedicada ao feedback por escrito. O preenchimento do formulário gerou uma linha na planilha do formulário (gerada pelo Google Sheet[®]), que foi convertida para o formato Microsoft Excel[®] e posteriormente analisada pelos autores. Os supervisores médicos também calcularam o LUS (Apêndice III).

4. ANÁLISE DE DADOS

Para variáveis categóricas, descrevemos valores de frequência absoluta (n) e percentual (%); para uma variável contínua, usamos valores de média, desvio padrão, valores mínimo e máximo e mediana. Para analisar o nível de conhecimento dos fisioterapeutas através da aplicação do questionário foi utilizado o teste de Kolmogorov Smirnov e o teste t para amostras emparelhadas. Para analisar a concordância da pontuação LUS, calculamos o Coeficiente de correlação intraclass (ICC).

5. RESULTADOS

Este manuscrito está submetido à revista *Ultrasound in Medicine and Biology* e neste momento se encontra em revisão da escrita.

Implementation and assessment of lung ultrasound training curriculum for physiotherapists with a focus on image acquisition and calculation of an aeration score.

Lidiane Andrade Monteiro de Souza¹, Ramon Gonzalez Paredes², Tiago Giralddi³, Mário Henrique Franco⁴, Marco Antonio Carvalho-Filho⁵, Dario Cecilio-Fernandes⁶, Luciana Castilho de Figueiredo⁷, Thiago Martins Santos⁸.

1. School of Medical Sciences, University of Campinas, 13083-887, Campinas, Brazil.
2. School of Medicine, University of Minho, 4710-057, Braga, Portugal.
3. Department of Physiotherapy and Occupational Therapy – Hospital of the University of Campinas, 13083-888, Campinas, Brazil.

Running head: lung ultrasound training curriculum for physiotherapists

Corresponding Author: Lidiane Andrade Monteiro de Souza; School of Medical Sciences, University of Campinas, Rua Tessália Vieira de Camargo, 126, FCM-06- Cidade Universitária Zeferino Vaz, 13083-887, Campinas-SP, Brazil

Email: didiamsfisio@gmail.com

Mobile Number: +55 19 99665-5166 66

ABSTRACT

This study describes the implementation of a lung ultrasound course for physiotherapists focused on the acquisition and retention of knowledge and skills. Initially, we provided online lectures in a Virtual Learning Environment (VLE), where we taught the semiquantification of edema through a Lung Ultrasound Score (LUS). Afterward, they participated in face-to-face lectures (which resumed the online lectures), followed by hands-on training and simulation with ultrasound. We assessed knowledge acquisition through a multiple-choice test with 30 questions (totaling 10 points). The test was applied before accessing the VLE (pre-VLE), before the face-to-face course, and at its end (pre- and postcourse). Physiotherapists collected actual patients' ultrasound scans, which were uploaded to the VLE and assessed by three supervisors, who performed a consensus LUS calculation and gave virtual written feedback.

Thirteen physiotherapists collected 59 exams. The test results were 3.60 ± 1.58 (pre-VLE), 5.94 ± 1.45 (precourse), and 8.50 ± 0.71 (postcourse), $p < .001$ for all. The intraclass correlation coefficient (ICC) for LUS between physiotherapists and supervisors was 0.814 ($p < .001$), with moderate-to-weak agreement for the LUS of the lung apical, median, and basal zones, $\kappa = .455, .334$, and $.417$, $p < .001$ for all.

Trainees showed increased short-term acquisition and retention of knowledge and skills, with a good ICC between them and the consensus of supervisors for the LUS of actual patients.

Keywords: Ultrasonography, Physiotherapy, Intensive Care Unit, Mechanical Ventilation

INTRODUCTION

Lung point-of-care ultrasound has been increasingly used in critically ill patients, integrated with physical examination and clinical reasoning for the diagnosis of acute respiratory conditions such as pulmonary edema, atelectasis, pneumothorax, pleural effusion, and pulmonary consolidation (Faistauer et al. 2010; Cortellaro et al. 2012; Francisco et al. 2016; Koenig et al. 2011; Leopoldo et al. 2015).

In addition, lung ultrasound may provide greater accuracy than pulmonary auscultation and chest radiography for the diagnosis of inflammatory pulmonary edema, a consequence of Acute Respiratory Distress Syndrome (ARDS) (Faistauer et al. 2010; Lichtenstein et al. 2004; Mongodi et al. 2018; Santos et al. 2013; Tierney et al. 2020). Furthermore, lung ultrasound allows the assessment of pulmonary edema severity utilizing semiquantitative scores. Higher scores indicate worsening of gas exchange, clinical presentations, and outcomes in diseases such as sepsis and ARDS (Caltabeloti et al. 2014; Chiumello et al. 2018; Costamagna et al. 2021; Lichtenstein et al. 2014; Lichtenstein and Mezière 2008; Mongodi et al. 2018; Riviello et al. 2016; Zhou et al. 2018). Additionally, significant acute complications of mechanical ventilation, such as pneumothorax and selective intubation, can be detected more accurately and rapidly with ultrasound than with chest radiography and auscultation (Corradi et al. 2014; Costamagna et al. 2021; Vezzani et al. 2014).

Despite physiotherapists having a crucial role in respiratory strategies, especially in patients on mechanical ventilation, they are not yet widely trained to perform lung ultrasound during patient care (Battaglini et al. 2020; Leech et al. 2015; Potter et al. 2012; Vieira et al. 2020). This study evaluated the effectiveness of a lung ultrasound course for physiotherapists, focusing on the acquisition and retention of knowledge and skills. We assessed physiotherapists learning on lung ultrasound before and immediately after the course in healthy subjects and then in real patients. For the latter, we compared the agreement between physiotherapists and

the course supervisors regarding pulmonary aeration by a Lung Ultrasound Score (LUS)(Santos et al. 2013).

MATERIALS AND METHODS

Study design and recruitment

This was a pre- and posttest prospective study conducted in intensive care units, wards, and in the emergency department of a tertiary university hospital from July 2018 to August 2019. The research was approved by the Institution's Research Ethics Committee (CAAE: 75831417.9.0000.5404). To avoid unnecessary exposure and not interfering with patient care, the exams were performed during patients' respiratory therapy routine, as long as they did not interfere with the necessary procedures. In conscious patients, physiotherapists always asked for consent.

We included physiotherapists employed at the participating hospital. Exclusion criteria were not signing the informed consent, being absent at any stage of the course, or not taking at least three image collections during the research period.

Training design

The lung ultrasound course consisted of three phases:

Phase one: Virtual Learning Environment (VLE)

We launched video lessons one week before the face-to-face training on the institutional VLE platform (Moodle®). After logging into the platform, trainees had to answer the 30-question pretest to gain access to the lectures. To avoid recall bias, we asked the participants not to share their answers to the questions with each other. Additionally, participants did not receive feedback on the knowledge test. Then, two lectures were provided:

1. Ultrasound knobology (30 minutes): included basic ultrasound physics, basic machine, and probe manipulation, and basic presets (depth, gain, time gain compensation)
2. Lung ultrasound (45 minutes): included normal findings and pathologic findings (edema, consolidation, pneumothorax, pleural effusion, and atelectasis).

Phase two: Face-to-face Training

The face-to-face training occurred in one day with a duration of five and a half hours. The training started with theoretical review classes in knobology and lung ultrasound. We also taught image acquisition, LUS calculation, and video loop recording.

The hands-on activity had an average of one supervisor for every six physiotherapists trainees and was divided into two stations:

- The six lung windows were trained in B-mode and named Z1 to Z6.
- Simulation of a respiratory failure case using a high-fidelity mannequin with an ultrasound simulator, with subsequent debriefing, in groups of four to five people. The ultrasound simulator is a prototype developed for our study group by a team of engineers from the Eldorado Institute (based in Campinas, State of Sao Paulo, Brazil) and consists of a sham transducer embedded with a Radio Frequency Identification (RFID) reader. Six different RFID round tags were placed in the mannequin thorax to simulate the six LUS zones. In the simulator software, each of these tags had an identification code that led to a corresponding prerecorded real lung ultrasound image intended for the activity.

Phase three: hands-on with real patients

After the course, the trainees performed lung ultrasound exams in real patients during their daily routine, aiming to perform ten exams per participant. In the first exams, they received help switching on the equipment to save and store the images, probe handling, and guidance on

the equipment's resources for better image acquisition. As the trainees performed the exams, the aid decreased until there was no further assistance. As part of the training, they calculated the LUS of the six B-mode images acquired. Trainees also received online feedback on image quality and LUS calculation from the three supervisors.

Supervisors' experience with lung ultrasound

The author (SANTOS) is a Point of Care Ultrasound (POCUS) researcher in critically ill patients and health education. He holds a Ph.D. in the use of POCUS in septic patients, with an emphasis on pulmonary and cardiac ultrasound. He is one of the developers and organizers of the POCUS course for undergraduate medical students at the School of Medical Sciences (SMS) at the University of Campinas. He is also the creator, coordinator, and former instructor of the POCUS Extension course that the Discipline of Emergencies of the SMS offers to the Medical Community from outside the university.

The author GIRALDI is an intensive care physician and coordinator of the Clinical Emergencies Intensive Care Unit (ICU) at the University of Campinas Hospital. He is also a Master's Degree researcher on POCUS in critically ill patients. He is responsible for teaching POCUS to medical school undergraduates. He is also an instructor of the POCUS Extension Course of the Discipline of Emergencies at the School of Medical Sciences of Unicamp.

The author FRANCO is an emergency physician in the emergency department at the University of Campinas Hospital. Dr. Franco received formal training in POCUS during his medical graduation and his emergency medicine residency. He is also an instructor of the POCUS Extension course offered by the Discipline of Emergencies.

Lung ultrasound protocol

Healthy subjects (from the face-to-face course) and patients were positioned in a semirecumbent position. The anterolateral thoracic region was divided into six zones, three per hemithorax, with the scans initiated by the right hemithorax. In each hemithorax, the first zone was located in the midclavicular line between the first and second intercostal spaces; the second zone was in the anterior axillary line between the third and the fourth intercostal spaces; and the third zone corresponded to the posterior axillary line at the topography of the diaphragm, as shown in figure 1 (Santos et al. 2013).

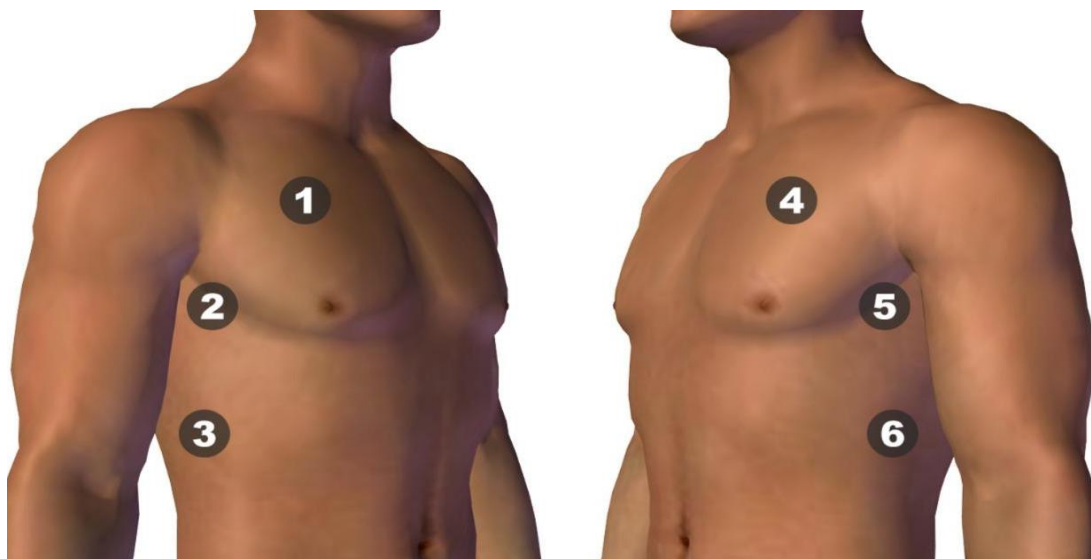


Figure 1: The Six Thoracic Zones used to calculate the LUS and score.

- 1 Point: Normal aeration (presence of lung sliding with A lines or less than 2 isolated B lines)
- 2 Points: Moderate loss of lung aeration (≥ 3 well-defined B lines)
- 3 Points: Severe loss of lung aeration (multiple thick and/or coalescent B lines)
- 4 Points: Lung consolidation

According to the first international consensus conference on point-of-care lung ultrasound, the following findings were considered for calculation of LUS: lung sliding, which is the movement of the pleural line along with the respiratory rate. The A-lines are repetitive horizontal artifacts that are parallel to the pleural line, caused by the preponderance of air in the lung parenchyma, and thus represent the absence of lung edema. The B-lines are vertical

hyperechoic reverberation artifacts that originate from the pleural line, extend to the bottom of the screen, and move synchronously with lung sliding. Lung consolidation was considered when a subpleural echo-poor region or one with a tissue-like echotexture was found (Faistauer et al. 2010; Lichtenstein et al. 2014; Volpicelli et al. 2012).

The calculation of LUS was made as follows: one point in normal pulmonary aeration (A-lines or two isolated B-lines); two points for moderate loss of pulmonary aeration (three or more well-defined B lines); three points for severe loss of pulmonary aeration (thick, coalescent B lines); and four points for pulmonary consolidation, as shown in figure 2. The LUS could then vary between six and a theoretical upper limit of 24 points, representing bilateral and total lung consolidation, which was not found in any patient (Santos et al. 2013).

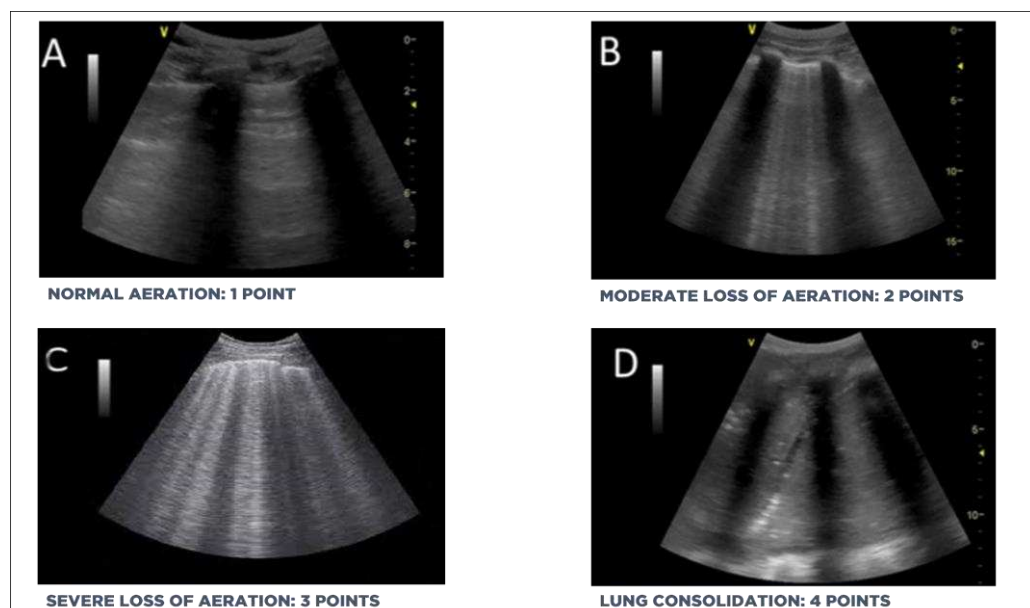


Figure 2: A: presence of lung sliding with A-lines or < 2 isolated B lines: 1 point; B: ≥ 3 well-defined B lines: 2 points; C: multiple thick and/or coalescent B lines: 3 points; and D: lung consolidation: 4 points.

LUS video samples

Four video loop samples are listed below and were performed by the physiotherapists; therefore, some inadequacies were observed by the supervisors and addressed for the trainees

in their feedback. Because there was not a lung preset in one of the US equipment, the abdominal preset was used. Preset, gain, and focal zone were not standardized, as we expected the physiotherapists to choose the best combination to produce the loops.

Video 1 - LUS= 1 (thoracic zone 2). In this loop, the focal is set at 10.5 cm, despite its ideal location being at the topography of the pleura. This was cited in one of the supervisors' feedback.

Video 2 - LUS= 2 (thoracic zone 2). In this loop, the focal is set at 6 cm. Two supervisors mentioned the augmented gain and centralizing the intercostal space in the image.

Video 3 - LUS= 3. (thoracic zone 3). In this loop, the transition to the abdomen can be seen.

Video 4 - LUS= 4. (thoracic zone 3). In addition to the consolidation, this video also shows a pleural effusion. The presence of pleural effusion did not affect the LUS.

All examinations were performed with portable ultrasound equipment with a 2-5 MHz convex probe (GE Medical Systems models Logiq-E and Venue, Milwaukee, WI). In phase three, trainees recorded the loops, which were then converted to.avi or.wmv formats and sent by email to the supervisors.

Instruments

Cognitive test: The acquisition and retention of knowledge were assessed by a questionnaire with 30 objective questions with four alternatives about knobology, normal lung, pulmonary pathological changes, and clinical cases. The test was applied in three moments: at the VLE, before access to virtual classes (pre-VLE); immediately before and immediately after the face-to-face course (precourse; postcourse). Each correct question was equivalent to 0.33 points, totaling a minimum score of 0 and a maximum of 10 points. Figure 3 shows two examples of questions included in the test.

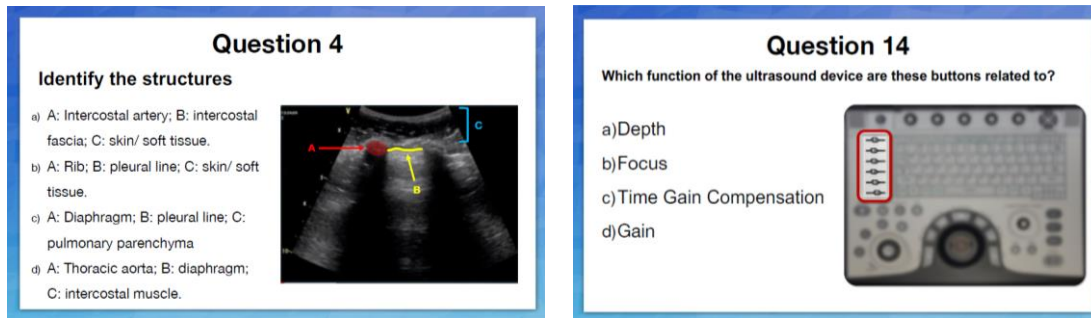


Figure 3: Examples of Questions included in the Test.

Image quality assessment: The images collected were stored in the machine and transferred to a pen drive. The patient was anonymized, and an e-mail containing the six B-mode video loops was sent by email to all three supervisors, who were blinded to who performed the examination and for the LUS result. In the email, there was also a link for a Google Form[®] designed for the assessment of the exams. On the first page of the form, the supervisor could evaluate the videos of each lung zone, scoring the LUS from 1 to 4 points, or INCONCLUSIVE, in the case of LUS that could not be calculated. On the second page, supervisors classified the images as appropriate or not, concerning the following technical criteria: depth, gain, time gain compensation, video length, and overall technique. The last page was dedicated to the written feedback. The completion of the form generated a line in the form's spreadsheet (generated by Google Sheet[®]), which was then converted to Microsoft Excel[®] format and posteriorly analyzed by the authors.

The Consensus of Supervisors

The three supervisors first separately calculated LUS and gave feedback to the physiotherapists. Afterward, the main author compared the score of each loop, given by each supervisor, to assess whether it was concordant or discordant among the supervisors. When all three of them agreed on the score, it was considered valid. Scores with discordant values were discussed by the supervisors to reach a consensus. To do so, they reviewed each video loop with different LUS previously attributed.

Data analysis

For the demographic variables, we described using values of absolute frequency (n) and percentage (%) when categorical, and we used values of mean and standard deviation when continuous. For the quality of the images, we used the mean, interquartile range and percentage (%).

For the knowledge test (pre-VLE, precourse, postcourse), only the pre-VLE was not normally distributed. Subsequently, we conducted a nonparametric test (Friedman test and Wilcoxon signed-rank). As we have two variables that are normally distributed and the results of the parametric and nonparametric analyses were similar, we decided to use parametric analyses. For the knowledge score, we used the mean and standard deviation values. Students' knowledge growth was analyzed by repeated measures analysis of variance.

To analyze the LUS score agreement, we calculated Cohen's kappa coefficient between the physiotherapists and the consensus of supervisors. The data were analyzed using IBM-SPSS version 21.0 (IBM Corporation, Armonk, New York, United States).

RESULTS

The study period ranged between July 2018 and August 2019. We invited the entire team of physiotherapists of the hospital (N=41), 24 of whom agreed to participate in the research as trainees. Of those, five were excluded due to absence from the face-to-face course and/or participation in phase three, and six were excluded for presenting fewer than three exams. Therefore, 13 physiotherapists completed the whole training protocol as trainees. The trainees had a mean age of 34.89 ($\pm$ 4.51) years. The mean training time in physiotherapy was

11.94 (± 4.24) years, most of them had a specialist title (52.63%), 21.05% had a master's degree, and 26.31% had a Ph.D.

During the research, 59 patients admitted to the intensive care unit were evaluated, with a mean age of 54.9 years old and a predominance of males, with 43 males (72.9%). The majority of patients, 57, were under mechanical ventilation. The most common diagnoses were sepsis (18.64%) and traumatic brain injury (15.25%), followed by trauma and acute respiratory failure (11.86%). (Table 1)

<i>Number of patients</i>	59
<i>Age (years), mean $\pm$ SD</i>	54.9 $\pm$ 17.9
<i>Male gender (%)</i>	43 (72.9)
<i>Mechanically ventilated (%)</i>	57 (96.61)
<i>Inpatient diagnosis (n;%)</i>	
<i>Acute Myocardial Infarction</i>	4 (6.78)
<i>Post-Cardiovascular Surgery</i>	4 (6.78)
<i>Accute Respiratory Failure</i>	7 (11.9)
<i>Traumatic Brain Injury</i>	9 (15.25)
<i>Nervous System Diseases</i>	4 (6.78)
<i>Sepsis</i>	11 (18.64)
<i>SIRS</i>	4 (6.78)
<i>Diseases of the Gastrointestinal System</i>	2 (3.39)
<i>Gastrointestinal Surgery</i>	3 (5.08)
<i>Liver Transplant</i>	2 (3.39)
<i>Kidney Transplantation</i>	2 (3.39)
<i>Autoimmune Diseases</i>	2 (3.39)
<i>Trauma</i>	7 (11.86)

Table 1. Characteristics of patients.

Knowledge acquisition and retention

There was a progressive and significant increase in trainees' knowledge from the pre-VLE moment to the postcourse ($F(2, 24) = 90.087, p < .001$) with an effect size of .882. The

score on the knowledge test was higher for the postcourse (8.5 ± 0.71), precourse (5.94 ± 1.45), and pre-VLE (3.60 ± 1.58) moments (Figure 4).

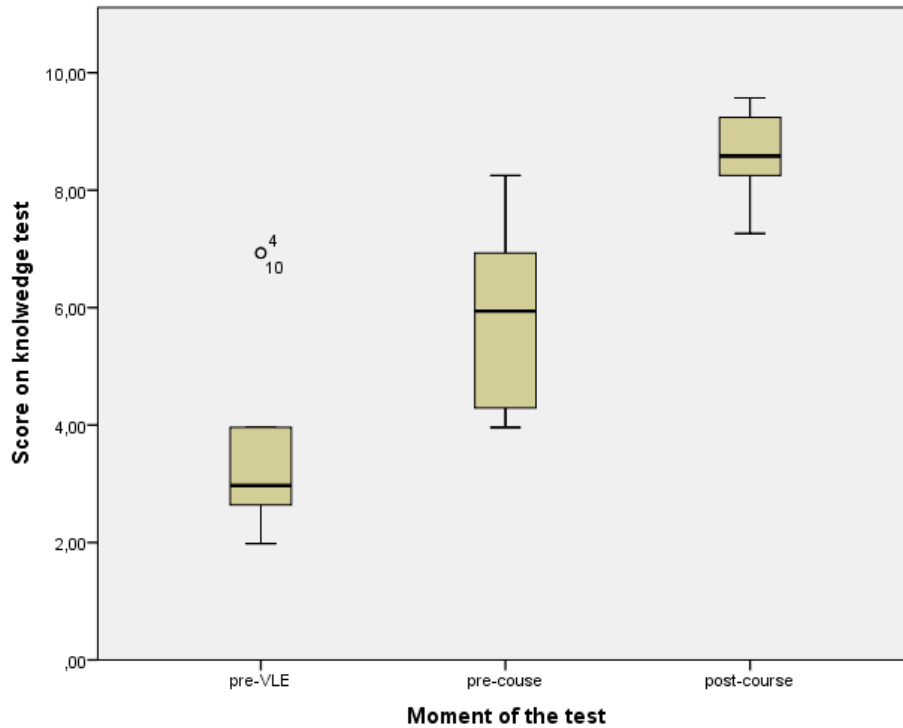


Figure 4: Progression of the Acquisition of Knowledge of the Trainees in Pre-VLE, Pre-Course, and Post-Course.

Skill acquisition and retention results

Trainees performed 59 lung ultrasound exams, with an average of 4.54 and a median of five exams per trainee. In total, they produced 354 video loops in B-mode.

Among the parameters evaluated as adequate, those that obtained the best average percentages among the three supervisors were video length time, time gain compensation, and gain (97.55%, 89.45%, and 88.42%, respectively). The parameters with the worst average percentage of adequate examinations among the three supervisors were depth (79,10%) and overall technique (63.84%) (Figure 5).

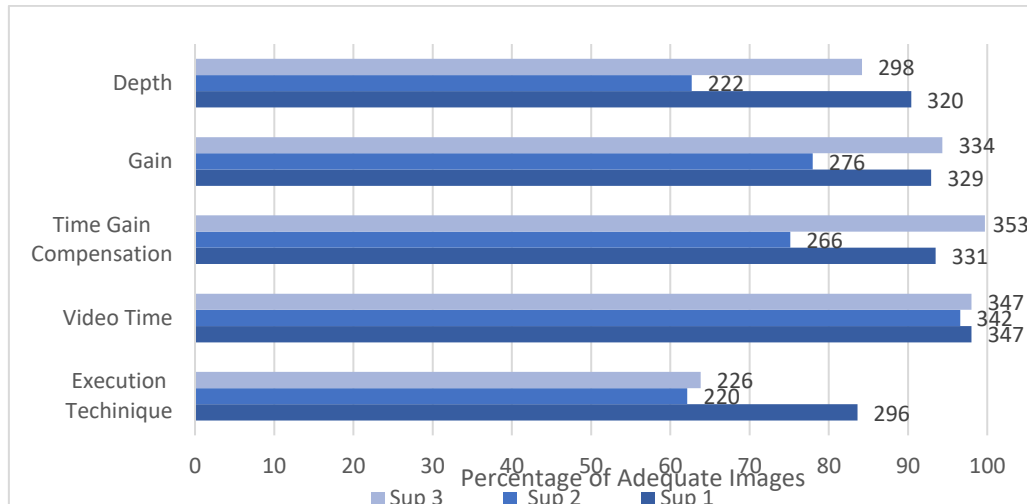


Figure 5: Percentage of Lung Images Classified as Adequate. The numbers at the right side of the bars represent the total amount of adequate images.

Sup 1 – Supervisor 1; Sup 2 – Supervisor 2; Sup 3 – Supervisor 3.

LUS agreement between trainees and supervisors.

As shown in table 2, of the 59 exams performed, 29 had at least one of the six video loops considered inconclusive for the consensus of supervisors, so the data presented refer to the 30 valid exams. Thus, we analyzed the images establishing the agreement between the apical (Z1+Z4; 111 valid images), intermediate (Z2+Z5; 107 valid images), and basal (Z3+Z6; 84 valid images) lung zones. There was moderate-to-weak agreement for the LUS of the lung apical, median, and basal zones, $\kappa=.455$, $\kappa=.334$ and $\kappa=.417$, $p<.001$ for all. Among the 30 exams from which the LUS could be calculated, we analyzed the agreement between the trainees and the consensus of supervisors and found an ICC of 0.814.

LUS zones	Lung ultrasound video loops		Kappa
	Valid (n; %)	Inconclusive (n; %)	
Apical (Z1 and Z4)	111 (94,1)	7 (5,9)	.455
Intermediate (Z2 and Z5)	107 (90,7)	11 (9,3)	.334
Basal (Z3 and Z6)	84 (71,2)	34 (28,8)	.417

Table 2: Cohen's Kappa Agreement between Trainees and Supervisors' consensus regarding the calculation of LUS in bilateral apical, intermediate, and basal lung zones ($p < .001$ for all). This table also shows the number of valid and inconclusive lung ultrasound video loops. A loop was considered valid when both trainees and supervisors could calculate LUS, and inconclusive when trainees, supervisors, or both could not calculate LUS.

DISCUSSION

This study aimed to evaluate the impact of a blended learning lung ultrasound course for physiotherapists. Combining online activities, face-to-face courses, clinical simulation, and practical activities in simulated and real patients, our course seemed to improve the trainees' skills and knowledge in obtaining images with adequate techniques and in the evaluation of pulmonary edema through the calculation of LUS.

In their daily practice, physiotherapists need to integrate information from physical examinations, mechanical ventilators, and lung imaging (such as X-ray and CT scan results). However, these imaging methods cannot be assessed at the bedside as repeatedly and in a timely manner as lung ultrasound. Thus, a myriad of parameters, such as chest semiology, respiratory compliance, resistance to flow, and PEEP calculations, among others, must be interpreted together to reach optimal respiratory care. For example, the response to recruitment maneuvers and prone positioning can be assessed by changes in lung ultrasound scores (Battaglini et al. 2020; Vieira et al. 2020). Thus, a team of physicians and physiotherapists trained in LUS might benefit from their complementary evaluations when discussing the therapeutic plan at the

bedside. A potential issue regarding physiotherapists training in lung ultrasound would be the lack of knowledge of the method by the attending physician. Fortunately, lung ultrasound has been increasingly used by physicians, and adequate multidisciplinary work should be favorable to the interchange of knowledge between different professionals.

There are other protocols with different numbers and/or locations of thoracic zones for the assessment of the lungs by point-of-care ultrasound (Lichtenstein and Mezière 2008; Volpicelli et al. 2012). For example, the BLUE protocol also comprises three zones per hemithorax in slightly different locations compared to our protocol. Similar to the BLUE, our protocol also included two anterior zones. In the more caudal zones at the topography of the diaphragm - zones 3 (left) and 6 (right) - physiotherapists were instructed to slide the probe as posteriorly as possible to seek pathologies at the more dependent lung regions bilaterally. In our previous lung ultrasound study, on which this protocol was based, the six SLESS points correlated with sepsis severity and other clinical parameters. For example, SLESS had a negative correlation between LUS and $\text{PaO}_2/\text{fraction of inspired oxygen ratio}$ in the initial assessment of 61 septic patients at the emergency department ($r = -0.62$; $P < .001$) (Santos et al. 2013). Thus, despite the differences among protocols, the one proposed in our study seems to be suitable for the assessment of the lungs by ultrasound.

Although most lung ultrasound teaching curriculums were designed for physicians or medical students, there are a few with specific training for physiotherapists (Edrich et al. 2016; Ntoumenopoulos et al. 2018; Paganini et al. 2017; Paganini and Rubini 2015). For example, See *et al.* implemented a training program that allowed physiotherapists to independently perform lung ultrasound after at least ten directly supervised scans. In their study, trainees also made images in B-mode and evaluated similar lung ultrasound alterations but without calculating the LUS. In our course, we included other pulmonary findings, especially regarding the calculation of LUS (See et al. 2016).

The educational design proposed for the lung ultrasound course was based on evidence in both the educational and cognitive psychology fields. First, the material was available one week before the day of the face-to-face course so that students could study the material beforehand. Second, we use the test for two purposes: to verify students' knowledge and to take advantage of the testing effect. The testing effect has shown that testing produces better retention than restudying (Roediger and Karpicke 2006). Furthermore, before the face-to-face course, supervisors reviewed the theoretical content based on the spacing effect. The spacing effect has shown that studying the material spaced in time is better than in one session (Cecilio-Fernandes et al. 2018; Roediger and Karpicke 2006).

Third, simulated training plays an essential role in the practice of lung ultrasound skills, starting from less complex activities and with a lower cognitive load (CL) (Chen et al. 2018; De Araujo Guerra Grangeia et al. 2016; Pietersen et al. 2018). For this reason, we started training on healthy subjects and a high-fidelity mannequin (Mongodi et al. 2018; Ntoumenopoulos et al. 2018; Paganini et al. 2017). After this initial training, trainees performed the exams at the bedside in real patients. Finally, during the training session, the feedback was provided to trainees by supervisors, and the amount of feedback was reduced as the students progressed in acquiring skills. This reduction in feedback is effective so that the student does not stay dependent on the expert's feedback (Cecilio-Fernandes et al. 2020).

Feedback is essential to support students' three-dimensional (3D) reasoning and mental reconstruction of the visualized structures since ultrasound generates two-dimensional images on the screen. Mentally transforming 2D to 3D is one of the most complex components for learning ultrasound images (Cecilio-Fernandes et al. 2020; Weidenbach et al. 2005). In general, we learn anatomy from a 3D perspective, for example, when we study anatomy in cadavers. Augmented reality can also be used to understand 3D anatomy using computer programs that generate two images, one for each eye, offering the notion of depth. However, the anatomical

image on the US is two-dimensional, and the position of the structures on the screen often does not correspond to the actual presentation if they were seen with the naked eye (Leung et al. 2020; Tori and Hounsell 2018). Despite lung ultrasound being mainly based on artifact interpretation, the occurrence of actual images is also possible, such as when consolidations and pleural effusion are found. Therefore, feedback also helped the trainees understand these peculiarities of 2D images, often requiring the naming of anatomical structures that the trainees already know but cannot recognize.

We observed a relatively moderate agreement between trainees and supervisors concerning the LUS, indicating that trainees could use lung ultrasound as a tool when choosing the respiratory therapy technique. This might be partially explained because other modalities of LUS validated by invasive thermodilution methods attribute higher scores when B-lines occupy more than 50% of the screen, which could lead to different scores regarding the same images (Silvia Mongodi et al. 2017). Furthermore, a relatively low agreement based on kappa indexes in more lateral to basal lung zones was also found in other publication. Possible explanations include the presence of the heart and adipose tissue in more dependent regions of the thorax. Moreover, technical challenges regarding probe positioning in more lateral regions might also hinder the acquisition and interpretation of the images, but these assumptions need further evidence and might be an interesting source of research. s (Gullett et al. 2015; Vieira et al. 2019a)

These difficulties might be overcome by the development of a computer-based, clinically easy-to-use tool, aiming to reduce inter- and intraobserver variability (Corradi et al. 2020). The development of such algorithms requires large amounts of data, and in this sense, several international initiatives have already started, with thousands of open-source lung ultrasound videos. Some of these datasets are based on COVID-19 images (Gullett et al. 2015; Vieira et al. 2019b).

Our study shows our first steps toward the implementation of a lung ultrasound course that might improve the way physiotherapists perform their therapies at the bedside. However, we must continue the training and oversight and implement new research protocols to improve our capacity not only to assist trainees in their exam collection but also to observe the impact of lung ultrasound in their respiratory therapy since publications addressing this issue are still lacking.

As an additional benefit, lung ultrasound may reduce the need for chest X-rays, impacting hospital costs (Brogi et al. 2017; Vetrugno et al. 2020; Zieleskiewicz et al. 2015). Leech and colleagues suggest that the use of lung ultrasound increases the efficiency of the respiratory therapy session by assisting in a faster and more specific diagnosis and intervention. They also argue that lung ultrasound could have a beneficial impact on mortality, time on mechanical ventilation, and length of hospital stay, but this assumption lacks the scientific basis for its confirmation (Leech et al. 2015).

LIMITATIONS OF THE STUDY

Our study has some significant limitations. We planned to capture the acquisition of knowledge and skills in a short period of time because the goal was for physiotherapists to first learn to acquire and interpret basic lung ultrasound findings. We attempted to reinforce their learning by giving them written virtual feedback from the three supervisors. However, further research is needed with several standardized measurement moments to assess students' knowledge and skills growth. Additionally, as our training is primarily focused on work-based learning, further assessment and education intervention may be necessary to maintain a level of proficiency. In this sense, examinations were carried out during the physiotherapists' routine, which limited both the number of trainees and the number of collections per professional due

to the high demand for care and logistical difficulties of the ICU. This leads to a discrepancy in the number of examinations among physiotherapists, thereby reducing the total number of exams in the sample. Thus, our sample size is low compared to other publications assessing lung ultrasound training (Pietersen et al. 2018). Our moderate to low interrater agreement might be partially explained because other modalities of LUS validated by invasive thermodilution methods attribute higher scores when B-lines occupy more than 50% of the screen (Brusasco et al.; Mongodi et al. 2021)

Furthermore, we acknowledge the lack of clinical context or advanced training in this initial step of our teaching strategy. However, we decided to limit the cognitive load by exploring their short-term knowledge acquisition and their performance at the bedside calculating the LUS. Some exams or video loops were more challenging to assess due to technical difficulties, especially with obese patients; however, we did not count how many exams had this particular difficulty. Therefore, if LUS could not be calculated in only one of the six video loops composing the exam, the sum could not be calculated as well. The patient population studied had overall lower scores in the context of the scoring system, as the upper limit of the score was not reached.

We used the abdominal preset for lung ultrasound exams for two reasons. First, the preset was automatically loaded with the convex probe, and second, one of the machines did not have a lung preset. Such encountered challenges are inherent in data collection in the real practice environment and even more so in an ICU environment.

CONCLUSION

Our study suggests that a blended-learning lung ultrasound course led to an increase in the degree of acquisition and retention of knowledge and skills by physiotherapists. Additionally, the use of newer and automated LUS might lead to better agreement between

trainees and supervisors. We believe that in addition to the availability of the online material throughout the course duration and the easy application and understanding of the LUS allowed professionals to have a reference to produce the images, optimizing the acquisition of knowledge about lung ultrasound.

Acknowledgments: This paper and the research behind it would not have been possible without the exceptional support of Renata Scaglione Guimarães, GE healthcare's Point of Care Ultrasound Product Leader for Latin America. GE healthcare and/or their employees had no participation in the initial idea, planning, collection of study data, or interpretation of study data. We thank Paula Nocera for her assistance in the development of the lectures. We would like to thank the following for their great contribution in collecting the ultrasound exams: Daniela Faez, Karina Kappaz, Fernanda Masi, Amanda Andia, Vânia Carrara, Bruna Nascimento, Bruna Scharlack, Rodrigo Tonella, Andrezza Kinote, Renata Brito, Lígia Ratti, Laura Passos, Aline Heidemman, Keiti Passoni, Shirley Alves, Luísa Paixão, Paula Braga, Melissa Sabinelli and Rayssa Pistilli.

Conflict of Interest: There are no conflicts of interest.

Ethical Approval: The research was approved by the Institution's Research Ethics Committee (CAAE: 75831417.9.0000.5404).

Funding: This research did not receive any specific grant from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

REFERENCES

- Faistauer A, Gheller A, Nicolaidis R, Danzmann LC. Pulmonary ultrasonography in acute decompensated heart failure. *Sci Med (Porto Alegre)* 2010;20:194–199.
- Battaglini D, Robba C, Caiffa S, Ball L, Brunetti I, Loconte M, Giacobbe DR, Vena A, Patroniti N, Bassetti M, Torres A, Rocco PR, Pelosi P. Chest physiotherapy: An important adjuvant in critically ill mechanically ventilated patients with COVID-19. *Respir Physiol Neurobiol* 2020;282.
- Brogi E, Bignami E, Sidoti A, Shawar M, Gargani L, Vetrugno L, Volpicelli G, Forfori F. Could the use of bedside lung ultrasound reduce the number of chest x-rays in the intensive care unit? *Cardiovasc Ultrasound Cardiovascular Ultrasound*, 2017;15:1–5.
- Brusasco C, Santori G, Bruzzo E, Trò R, Robba C, Tavazzi G, Guarracino F, Forfori F, Boccacci P, Corradi F. Quantitative lung ultrasonography: a putative new algorithm for automatic detection and quantification of B-lines. *Critical care (London, England)* vol. 23,1 288. 28 Aug. 2019.
- Caltabeloti FP, Monsel A, Arbelot C, Brisson H, Lu Q, Gu WJ, Zhou GJ, Auler JOC, Rouby JJ. Early fluid loading in acute respiratory distress syndrome with septic shock deteriorates lung aeration without impairing arterial oxygenation: A lung ultrasound observational study. *Crit Care* 2014;18.
- Cecilio-Fernandes D, Cnossen F, Coster J, Jaarsma A (Debbie) C, Tio RA. The Effects of Expert and Augmented Feedback on Learning a Complex Medical Skill. *Percept Mot Skills* 2020;127:766–784.
- Cecilio-Fernandes D, Cnossen F, Jaarsma DADC, Tio RA. Avoiding Surgical Skill Decay: A Systematic Review on the Spacing of Training Sessions. *J Surg Educ Elsevier*,

2018;75:471–480.

Chen O, Castro-Alonso JC, Paas F, Sweller J. Extending Cognitive Load Theory to Incorporate Working Memory Resource Depletion: Evidence from the Spacing Effect. *Educ Psychol Rev Educational Psychology Review*, 2018;30:483–501.

Chiumello D, Mongodi S, Algieri I, LucaVergani G, Orlando A, Via G, Crimella F, Cressoni M, Mojoli F. Assessment of lung aeration and recruitment by CT scan and ultrasound in acute respiratory distress syndrome patients. *Crit Care Med* 2018;46:1761–1768.

Corradi F, Brusasco C, Pelosi P. Chest ultrasound in acute respiratory distress syndrome. *Curr Opin Crit Care* 2014;20:98–103.

Corradi F, Via G, Forfori F, Brusasco C, Tavazzi G. Lung ultrasound and B-lines quantification inaccuracy: B sure to have the right solution. *Intensive Care Med Springer*, 2020;46:1081–1083.

Cortellaro F, Colombo S, Coen D, Duca PG. Lung ultrasound is an accurate diagnostic tool for the diagnosis of pneumonia in the emergency department. *Emerg Med J* 2012;29:19–23.

Costamagna A, Pivetta E, Goffi A, Steinberg I, Arina P, Mazzeo AT, Del Sorbo L, Veglia S, Davini O, Brazzi L, Ranieri VM, Fanelli V. Clinical performance of lung ultrasound in predicting ARDS morphology. *Ann Intensive Care Springer Science and Business Media Deutschland GmbH*, 2021;11.

De Araujo Guerra Grangeia T, De Jorge B, Franci D, Santos TM, Setubal MSV, Schweller M, De Carvalho-Filho MA. Cognitive load and self-determination theories applied to e-learning: Impact on students' participation and academic performance. *PLoS One* 2016;11:1–21.

Edrich T, Stopfkuchen-Evans M, Scheiermann P, Heim M, Chan W, Stone MB, Dankl D,

- Aichner J, Hinzmann D, Song P, Szabo AL, Frendl G, Vlassakov K, Varelmann D. A Comparison of Web-Based with Traditional Classroom-Based Training of Lung Ultrasound for the Exclusion of Pneumothorax. *Anesth Analg* 2016;123:123–128.
- Francisco MJ, Rahal A, Vieira FAC, Silva PSD da, Funari MB de G. Advances in lung ultrasound. *Einstein (Sao Paulo)* 2016;14:443–448.
- Gullett J, Donnelly JP, Sinert R, Hosek B, Fuller D, Hill H, Feldman I, Galetto G, Auster M, Hoffmann B. Interobserver agreement in the evaluation of B-lines using bedside ultrasound. *J Crit Care Elsevier Inc.*, 2015;30:1395–1399.
- Koenig SJ, Narasimhan M, Mayo PH. Thoracic ultrasonography for the pulmonary specialist. *Chest The American College of Chest Physicians*, 2011;140:1332–1341.
- Leech M, Bissett B, Kot M, Ntoumenopoulos G. Lung Ultrasound for Critical Care Physiotherapists: A Narrative Review. *Physiother Res Int* 2015;20:69–76.
- Leopoldo F, Neto D, Stormovski De Andrade JM, Carolina A, Raupp T, Da R, Townsend S, Beltrami G, Brisson H, Lu Q, De Tarso P, Dalcin R. Diagnostic accuracy of the Bedside Lung Ultrasound in Emergency protocol for the diagnosis of acute respiratory failure in spontaneously breathing patients. *J Bras Pneumol* 2015 [cited 2021 Sep 24];41:58–64.
- Leung BC, Williams M, Horton C, Cosker T DA. Modernising Anatomy Teaching: Which Resources Do Students Rely On? *J Med Educ Curric Dev* 2020;7:238212052095515.
- Lichtenstein D, Goldstein I, Mourgeon E, Cluzel P, Grenier P, Rouby JJ. Comparative Diagnostic Performances of Auscultation, Chest Radiography, and Lung Ultrasonography in Acute Respiratory Distress Syndrome. *Anesthesiology* 2004;100:9–15.
- Lichtenstein DA, Mezière GA. Relevance of lung ultrasound in the diagnosis of acute respiratory failure the BLUE protocol. *Chest* 2008;134:117–125.

- Lichtenstein DA, Van Hooland S, Elbers P, Malbrain MLNG. Ten good reasons to practice ultrasound in critical care. *Anaesthesiol Intensive Ther* 2014;46:323–335.
- Mongodi S, De Luca D, Colombo A, Stella A, Santangelo E, Corradi F, Gargani L, Rovida S, Volpicelli G, Bouhemad B, Mojoli F. Quantitative Lung Ultrasound: Technical Aspects and Clinical Applications. *Anesthesiology* 2021;949–965.
- Mongodi S, Pozzi M, Orlando A, Bouhemad B, Stella A, Tavazzi G, Via G, Iotti GA, Mojoli F. Lung ultrasound for daily monitoring of ARDS patients on extracorporeal membrane oxygenation: preliminary experience. *Intensive Care Med Springer Berlin Heidelberg*, 2018;44:123–124.
- Ntoumenopoulos G, Parry SM, Neindre A Le. Impact of an intensive education programme of diagnostic lung and lower limb ultrasound on physiotherapist knowledge: A pilot study. *Australas J Ultrasound Med* 2018;21:104–114.
- Paganini M, Bondi M, Rubini A. Evaluation of chest ultrasound integrated teaching of respiratory system physiology to medical students. *Adv Physiol Educ* 2017;41:514–517.
- Paganini M, Rubini A. Chest ultrasound integrated teaching of respiratory system physiology to medical students: A first experience. *Adv Physiol Educ* 2015;39:129–130.
- Pietersen PI, Madsen KR, Graumann O, Konge L, Nielsen BU, Laursen CB. Lung ultrasound training: a systematic review of published literature in clinical lung ultrasound training. *Crit Ultrasound J Springer Milan*, 2018;10.
- Potter CL, Cairns MC, Stokes M. Use of ultrasound imaging by physiotherapists: A pilot study to survey use, skills and training. *Man Ther Elsevier Ltd*, 2012;17:39–46.
- Riviello ED, Kiviri W, Twagirimugabe T, Mueller A, Banner-Goodspeed VM, Officer L, Novack V, Mutumwinka M, Talmor DS, Fowler RA. Hospital incidence and outcomes of

- the acute respiratory distress syndrome using the Kigali modification of the Berlin definition. *Am J Respir Crit Care Med* 2016;193:52–59.
- Roediger HL, Karpicke JD. Test-enhanced learning: Taking memory tests improves long-term retention. *Psychol Sci* 2006;17:249–255.
- Santos TM, Franci D, Coutinho CMG, Ribeiro DL, Schweller M, Matos-Souza JR, Carvalho-Filho MA. A simplified ultrasound-based edema score to assess lung injury and clinical severity in septic patients. *Am J Emerg Med* 2013;31:1656–1660.
- See KC, Ong V, Wong SH, Leanda R, Santos J, Taculod J, Phua J, Teoh CM. Lung ultrasound training: curriculum implementation and learning trajectory among respiratory therapists. *Intensive Care Med Springer Berlin Heidelberg*, 2016;42:63–71.
- Silvia Mongodi A, Bouhemad B, Orlando A, Stella A, Tavazzi G, Via G, Antonio Iotti G, Braschi A, Mojoli F. Modified Lung Ultrasound Score for Assessing and Monitoring Pulmonary Aeration. *Ultraschall Med* 2017;37:530–537.
- Tierney DM, Huelster JS, Overgaard JD, Plunkett MB, Boland LL, St Hill CA, Agboto VK, Smith CS, Mikel BF, Weise BE, Madigan KE, Doshi AP, Melamed RR. Comparative performance of pulmonary ultrasound, chest radiograph, and CT among patients with acute respiratory failure. *Crit Care Med* 2020;151–157.
- Tori R, Hounsell M da S. Introdução a Realidade Virtual e Aumentada. *J Chem Inf Model* 2018;536.
- Vetrugno L, Bove T, Orso D, Barbariol F, Bassi F, Boero E, Ferrari G, Kong R. Our Italian experience using lung ultrasound for identification, grading and serial follow-up of severity of lung involvement for management of patients with COVID-19. *Echocardiography* 2020;37:625–627.

- Vezzani A, Manca T, Brusasco C, Santori G, Valentino M, Nicolini F, Molardi A, Gherli T, Corradi F. Diagnostic value of chest ultrasound after cardiac surgery: A comparison with chest X-ray and auscultation. *J Cardiothorac Vasc Anesth Elsevier*, 2014;28:1527–1532.
- Vieira JR, Castro MR de, Guimarães T de P, Pinheiro AJT, Figueiredo ACTC, Martins BJ, Carmo DR do, Oliveira WA, Vieira JR, Castro MR de, Guimarães T de P, Pinheiro AJT, Figueiredo ACTC, Martins BJ, Carmo DR do, Oliveira WA. Evaluation of pulmonary B lines by different intensive care physicians using bedside ultrasonography: a reliability study. *Rev Bras Ter Intensiva Associação de Medicina Intensiva Brasileira - AMIB*, 2019a;31:354–360.
- Vieira JR, Castro MR de, Guimarães T de P, Pinheiro AJT, Figueiredo ACTC, Martins BJ, Carmo DR do, Oliveira WA, Vieira JR, Castro MR de, Guimarães T de P, Pinheiro AJT, Figueiredo ACTC, Martins BJ, Carmo DR do, Oliveira WA. Evaluation of pulmonary B lines by different intensive care physicians using bedside ultrasonography: a reliability study. *Rev Bras Ter Intensiva Associação de Medicina Intensiva Brasileira - AMIB*, 2019b;31:354–360.
- Vieira R, Segura-Grau E, Magalhães J, dos Santos J, Patrão L. Lung ultrasound as a tool to guide respiratory physiotherapy. *J Clin Ultrasound* 2020;48:431–434.
- Volpicelli G, Elbarbary M, Blaivas M, Lichtenstein DA, Mathis G, Kirkpatrick AW, Melniker L, Gargani L, Noble VE, Via G, Dean A, Tsung JW, Soldati G, Copetti R, Bouhemad B, Reissig A, Agricola E, Rouby J-J, Arbelot C, Liteplo A, Sargsyan A, Silva F, Hoppmann R, Breikreutz R, Seibel A, Neri L, Storti E, Petrovic T, Elbarbary M, Blaivas M, Lichtenstein DA, Mathis G, Kirkpatrick AW, Melniker L, Gargani L, Noble VE, Via G. International evidence-based recommendations for point-of-care lung ultrasound. *Intensive Care Med* 2012;38:577–591.

- Weidenbach M, Wild F, Scheer K, Muth G, Kreutter S, Grunst G, Berlage T, Schneider P. Computer-based training in two-dimensional echocardiography using an echocardiography simulator. *J Am Soc Echocardiogr* 2005;18:362–366.
- Zhou Y, Fan Q, Cavus O, Zhang X. Lung ultrasound: Predictor of acute respiratory distress syndrome in intensive care unit patients. *Saudi J Anaesth* 2018;12:457–461.
- Zieleskiewicz L, Cornesse A, Hammad E, Haddam M, Brun C, Vigne C, Meyssignac B, Remacle A, Chaumoitre K, Antonini F, Martin C, Leone M. Implementation of lung ultrasound in polyvalent intensive care unit: Impact on irradiation and medical cost. *Anaesth Crit Care Pain Med Elsevier Masson SAS*, 2015;34:41–44.

6. CONCLUSÃO

Nosso estudo sugere que um curso de aprendizagem combinada L-POCUS promoveu um aumento no grau de aquisição e retenção de conhecimentos e habilidades por fisioterapeutas.

Além disso, esse conhecimento foi mantido, conforme observado pela concordância entre trainees e supervisores na avaliação do LUS.

Acreditamos que, além da disponibilidade do material online em toda duração do curso, a fácil aplicação e compreensão do LUS permitiram aos profissionais terem uma referência para produzir as imagens, otimizando a aquisição de conhecimentos sobre o POCUS.

Este estudo pode abrir caminho para novos projetos, porém podemos concluir também que mais estudos e cursos de capacitação na área se fazem necessários para enriquecer o mercado e melhorar a qualidade de atendimento prestada aos pacientes.

Perspectivas Futuras

A necessidade de ventilação mecânica vem aumentando significativamente, principalmente em tempos de Pandemia de Covid-19, o que torna ainda mais importante a capacitação de outros profissionais da saúde para a realização do POCUS.

Iniciamos um programa de capacitação de fisioterapeutas, que apresenta resultados promissores, demonstrando assim a importância do Treinamento de POCUS à esses profissionais. Desse forma, o aprimoramento do curso e a realização de novos cursos serão necessários para verificarmos este modelo. Porém, esta prática entre os fisioterapeutas ainda é escassa. Esta escassez acontece principalmente por acesso limitado a ferramentas de real importância para a prática e número reduzido de cursos de capacitação específicos para fisioterapeutas.

Entretanto, é extremamente importante a capacitação da equipe de fisioterapia respiratória, e, com o profissional já capacitado, torná-lo mais independente para a realização do exame, uma vez que, profissionais capacitados garantem uma melhor e mais segura assistência ao paciente.

7. REFERÊNCIAS

1. Joyner CR, Herman RJ, Reid JM. Reflected Ultrasound in the Detection and Localization of Pleural Effusion. *JAMA J Am Med Assoc.* 1967;200(5):399–402.
2. Campinas UEDE, Santos TM. Thiago Martins Santos a Ultrassonografia “ Point of Care ” Prediz a Gravidade E a Mortalidade De Pacientes Sépticos Point of Care Ultrasound Predicts Disease Severity and Mortality in Septic Patients Newly Admitted in. 2015.
3. Lichtenstein D, Goldstein I, Mourgeon E, Cluzel P, Grenier P, Rouby JJ. Comparative Diagnostic Performances of Auscultation, Chest Radiography, and Lung Ultrasonography in Acute Respiratory Distress Syndrome. *Anesthesiology.* 2004;100(1):9–15.
4. Doust BD, Baum JK, Maklad NF, Doust VL. Ultrasonic evaluation of pleural opacities. *Radiology.* 1975;114(1):135–40.
5. Lichtenstein DA, Mezière GA. Relevance of lung ultrasound in the diagnosis of acute respiratory failure the BLUE protocol. *Chest.* 2008;134(1):117–25.
6. Oliveira RR De, Rodrigues TP, Cavalanti A, Chammas MC. Ultrassonografia pulmonar : uma ferramenta adicional na COVID-19. 2020;1–11.
7. Koenig SJ, Narasimhan M, Mayo PH. Thoracic ultrasonography for the pulmonary specialist. *Chest* [Internet]. 2011;140(5):1332–41. Available from: <http://dx.doi.org/10.1378/chest.11-0348>
8. Felipe Leopoldo Dexheimer Neto JMS de A, Ana Carolina Tabajara Raupp, Raquel da Silva Townsend FGB, Hélène Brisson, Qin Lu P de TRD. Acurácia diagnóstica do protocolo de ultrassom pulmonar à beira do leito em situações de emergência para diagnóstico de insuficiência respiratória aguda em pacientes com ventilação espontânea. 2012;34(12):128–39.
9. Ângela Faistauer, Ana Gheller, Rafael Nicolaidis LCD. Ultrassonografia pulmonar na insuficiência cardíaca agudamente descompensada Pulmonary ultrasonography in acute decompensated heart failure. *Sci Med (Porto Alegre).* 2010;20(2):194–9.
10. Paganini M, Rubini A. Chest ultrasound integrated teaching of respiratory system physiology to medical students: A first experience. *Adv Physiol Educ.* 2015;39(1):129–

- 30.
11. Francisco MJ, Rahal A, Vieira FAC, Silva PSD da, Funari MB de G. Advances in lung ultrasound. *Einstein (Sao Paulo)*. 2016;14(3):443–8.
12. Dalecki D. Mechanical bioeffects of ultrasound. *Annu Rev Biomed Eng*. 2004;6:229–48.
13. Cortellaro F, Colombo S, Coen D, Duca PG. Lung ultrasound is an accurate diagnostic tool for the diagnosis of pneumonia in the emergency department. *Emerg Med J*. 2012;29(1):19–23.
14. Potter CL, Cairns MC, Stokes M. Use of ultrasound imaging by physiotherapists: A pilot study to survey use, skills and training. *Man Ther* [Internet]. 2012;17(1):39–46. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.math.2011.08.005>
15. Leech M, Bissett B, Kot M, Ntoumenopoulos G. Physiotherapist-initiated lung ultrasound to improve intensive care management of a deteriorating patient and prevent intubation: A case report. *Physiother Theory Pract* [Internet]. 2015;31(5):372–6. Available from: <http://dx.doi.org/10.3109/09593985.2014.1003629>
16. Caltabeloti FP, Monsel A, Arbelot C, Brisson H, Lu Q, Gu WJ, et al. Early fluid loading in acute respiratory distress syndrome with septic shock deteriorates lung aeration without impairing arterial oxygenation: A lung ultrasound observational study. *Crit Care*. 2014;18(3).
17. Bouhemad B, Brisson H, Le-Guen M, Arbelot C, Lu Q, Rouby JJ. Bedside ultrasound assessment of positive end-expiratory pressure-induced lung recruitment. *Am J Respir Crit Care Med*. 2011;183(3):341–7.
18. Riviello ED, Kiviri W, Twagirimugabe T, Mueller A, Banner-Goodspeed VM, Officer L, et al. Hospital incidence and outcomes of the acute respiratory distress syndrome using the Kigali modification of the Berlin definition. *Am J Respir Crit Care Med*. 2016;193(1):52–9.
19. Zhou Y, Fan Q, Cavus O, Zhang X. Lung ultrasound: Predictor of acute respiratory distress syndrome in intensive care unit patients. *Saudi J Anaesth*. 2018;12(3):457–61.
20. Mongodi S, Pozzi M, Orlando A, Bouhemad B, Stella A, Tavazzi G, et al. Lung ultrasound for daily monitoring of ARDS patients on extracorporeal membrane

- oxygenation: preliminary experience. *Intensive Care Med.* 2018;44(1):123–4.
21. Chiumello D, Mongodi S, Algieri I, LucaVergani G, Orlando A, Via G, et al. Assessment of lung aeration and recruitment by CT scan and ultrasound in acute respiratory distress syndrome patients. *Crit Care Med.* 2018;46(11):1761–8.
 22. Lichtenstein DA, Van Hooland S, Elbers P, Malbrain MLNG. Ten good reasons to practice ultrasound in critical care. *Anaesthesiol Intensive Ther.* 2014;46(5):323–35.
 23. Volpicelli G, Elbarbary M, Blaivas M, Lichtenstein DA, Mathis G, Kirkpatrick AW, et al. International evidence-based recommendations for point-of-care lung ultrasound. *Intensive Care Med.* 2012;38:577–91.
 24. Lima JLS, André A, Santos AC. Reprodução e estudo de artefatos no ultrassom. *Rev Bras Física Médica* [Internet]. 2013;7(3):4. Available from: <http://www.rbfn.org.br/index.php/rbfn/article/view/274>
 25. 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):1–9.
 26. Peris A, Tutino L, Zagli G, Batacchi S, Cianchi G, Spina R, et al. The use of point-of-care bedside lung ultrasound significantly reduces the number of radiographs and computed tomography scans in critically ill patients. *Anesth Analg.* 2010;111(3):687–92.
 27. Hoppmann RA, Rao V V., Bell F, Poston MB, Howe DB, Riffle S, et al. The evolution of an integrated ultrasound curriculum (iUSC) for medical students: 9-year experience. *Crit Ultrasound J.* 2015;7(1):1–15.
 28. Vandewaetere M, Manhaeve D, Aertgeerts B, Clarebout G, Van Merriënboer JJG, Roex A. 4C/ID in medical education: How to design an educational program based on whole-task learning: AMEE Guide No. 93. *Med Teach.* 2015;37(1):4–20.
 29. Leech M, Bissett B, Kot M, Ntoumenopoulos G. Lung Ultrasound for Critical Care Physiotherapists: A Narrative Review. *Physiother Res Int.* 2015;20(2):69–76.
 30. Vieira R, Segura-Grau E, Magalhães J, dos Santos J, Patrão L. Lung ultrasound as a tool to guide respiratory physiotherapy. *J Clin Ultrasound.* 2020;48(7):431–4.

31. Battaglini D, Robba C, Caiffa S, Ball L, Brunetti I, Loconte M, et al. Chest physiotherapy: An important adjuvant in critically ill mechanically ventilated patients with COVID-19. *Respir Physiol Neurobiol*. 2020;282(August).
32. Le Neindre A, Mongodi S, Philippart F, Bouhemad B. Thoracic ultrasound: Potential new tool for physiotherapists in respiratory management. A narrative review. Vol. 31, *Journal of Critical Care*. W.B. Saunders; 2016. p. 101–9.
33. Santos TM, Franci D, Coutinho CMG, Ribeiro DL, Schweller M, Matos-Souza JR, et al. A simplified ultrasound-based edema score to assess lung injury and clinical severity in septic patients. *Am J Emerg Med*. 2013 Dec;31(12):1656–60.
34. Leopoldo F, Neto D, Stormovski De Andrade JM, Carolina A, Raupp T, Da R, et al. Diagnostic accuracy of the Bedside Lung Ultrasound in Emergency protocol for the diagnosis of acute respiratory failure in spontaneously breathing patients* , ** Acurácia diagnóstica do protocolo de ultrassom pulmonar à beira do leito em situações de emergência para diagnóstico de insuficiência respiratória aguda em pacientes com ventilação espontânea. *J Bras Pneumol* [Internet]. 2015 [cited 2021 Sep 24];41(1):58–64. Available from: <http://dx.doi.org/10.1590/S1806-37132015000100008>
35. Tierney DM, Huelster JS, Overgaard JD, Plunkett MB, Boland LL, St Hill CA, et al. Comparative performance of pulmonary ultrasound, chest radiograph, and CT among patients with acute respiratory failure. *Crit Care Med*. 2020;151–7.
36. Costamagna A, Pivetta E, Goffi A, Steinberg I, Arina P, Mazzeo AT, et al. Clinical performance of lung ultrasound in predicting ARDS morphology. *Ann Intensive Care*. 2021 Dec 1;11(1).
37. Corradi F, Brusasco C, Pelosi P. Chest ultrasound in acute respiratory distress syndrome. *Curr Opin Crit Care*. 2014;20(1):98–103.
38. Vezzani A, Manca T, Brusasco C, Santori G, Valentino M, Nicolini F, et al. Diagnostic value of chest ultrasound after cardiac surgery: A comparison with chest X-ray and auscultation. *J Cardiothorac Vasc Anesth* [Internet]. 2014;28(6):1527–32. Available from: <http://dx.doi.org/10.1053/j.jvca.2014.04.012>
39. Ntoumenopoulos G, Parry SM, Neindre A Le. Impact of an intensive education programme of diagnostic lung and lower limb ultrasound on physiotherapist knowledge:

- A pilot study. *Australas J Ultrasound Med*. 2018;21(2):104–14.
40. Edrich T, Stopfkuchen-Evans M, Scheiermann P, Heim M, Chan W, Stone MB, et al. A Comparison of Web-Based with Traditional Classroom-Based Training of Lung Ultrasound for the Exclusion of Pneumothorax. *Anesth Analg*. 2016;123(1):123–8.
 41. Paganini M, Bondi M, Rubini A. Evaluation of chest ultrasound integrated teaching of respiratory system physiology to medical students. *Adv Physiol Educ*. 2017;41(4):514–7.
 42. See KC, Ong V, Wong SH, Leanda R, Santos J, Taculod J, et al. Lung ultrasound training: curriculum implementation and learning trajectory among respiratory therapists. *Intensive Care Med*. 2016;42(1):63–71.
 43. Roediger HL, Karpicke JD. Test-enhanced learning: Taking memory tests improves long-term retention. *Psychol Sci*. 2006;17(3):249–55.
 44. Cecilio-Fernandes D, Cnossen F, Jaarsma DADC, Tio RA. Avoiding Surgical Skill Decay: A Systematic Review on the Spacing of Training Sessions. *J Surg Educ* [Internet]. 2018;75(2):471–80. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jsurg.2017.08.002>
 45. De Araujo Guerra Grangeia T, De Jorge B, Franci D, Santos TM, Setubal MSV, Schweller M, et al. Cognitive load and self-determination theories applied to e-learning: Impact on students' participation and academic performance. *PLoS One*. 2016;11(3):1–21.
 46. Pietersen PI, Madsen KR, Graumann O, Konge L, Nielsen BU, Laursen CB. Lung ultrasound training: a systematic review of published literature in clinical lung ultrasound training. *Crit Ultrasound J* [Internet]. 2018;10(1). Available from: <https://doi.org/10.1186/s13089-018-0103-6>
 47. Chen O, Castro-Alonso JC, Paas F, Sweller J. Extending Cognitive Load Theory to Incorporate Working Memory Resource Depletion: Evidence from the Spacing Effect. *Educ Psychol Rev*. 2018;30(2):483–501.
 48. Cecilio-Fernandes D, Cnossen F, Coster J, Jaarsma A (Debbie) C, Tio RA. The Effects of Expert and Augmented Feedback on Learning a Complex Medical Skill. *Percept Mot Skills*. 2020;127(4):766–84.

49. Weidenbach M, Wild F, Scheer K, Muth G, Kreutter S, Grunst G, et al. Computer-based training in two-dimensional echocardiography using an echocardiography simulator. *J Am Soc Echocardiogr*. 2005;18(4):362–6.
50. Leung BC, Williams M, Horton C, Cosker T DA. Modernising Anatomy Teaching: Which Resources Do Students Rely On? *J Med Educ Curric Dev*. 2020;7:238212052095515.
51. Tori R, Hounsell M da S. Introdução a Realidade Virtual e Aumentada. *J Chem Inf Model*. 2018;536.
52. Silvia Mongodi A, Bouhemad B, Orlando A, Stella A, Tavazzi G, Via G, et al. Modified Lung Ultrasound Score for Assessing and Monitoring Pulmonary Aeration Modifizierter Lungen-US-Score zur Bewertung und Überwachung der Belüftung der Lunge. *Modif Lung Ultrasound Ultraschall Med* [Internet]. 2017;37:530–7. Available from: <http://dx.doi.org/10.1055/s-0042-120260>
53. Gullett J, Donnelly JP, Sinert R, Hosek B, Fuller D, Hill H, et al. Interobserver agreement in the evaluation of B-lines using bedside ultrasound. *J Crit Care* [Internet]. 2015;30(6):1395–9. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jcrc.2015.08.021>
54. Vieira JR, Castro MR de, Guimarães T de P, Pinheiro AJT, Figueiredo ACTC, Martins BJ, et al. Avaliação das linhas B pulmonares utilizando ultrassonografia à beira leito por diferentes médicas intensivistas: um estudo de confiabilidade. *Rev Bras Ter intensiva*. 2019;31(3):354–60.
55. Corradi F, Via G, Forfori F, Brusasco C, Tavazzi G. Lung ultrasound and B-lines quantification inaccuracy: B sure to have the right solution. *Intensive Care Med*. 2020 May 1;46(5):1081–3.
56. Vieira JR, Castro MR de, Guimarães T de P, Pinheiro AJT, Figueiredo ACTC, Martins BJ, et al. Evaluation of pulmonary B lines by different intensive care physicians using bedside ultrasonography: a reliability study. *Rev Bras Ter Intensiva* [Internet]. 2019 [cited 2022 Apr 19];31(3):354–60. Available from: <http://www.gnresearch.org/doi/10.5935/0103-507X.20190058>
57. Brogi E, Bignami E, Sidoti A, Shawar M, Gargani L, Vetrugno L, et al. Could the use of bedside lung ultrasound reduce the number of chest x-rays in the intensive care unit?

- Cardiovasc Ultrasound. 2017;15(1):1–5.
58. Zieleskiewicz L, Cornesse A, Hammad E, Haddam M, Brun C, Vigne C, et al. Implementation of lung ultrasound in polyvalent intensive care unit: Impact on irradiation and medical cost. *Anaesth Crit Care Pain Med* [Internet]. 2015;34(1):41–4. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.accpm.2015.01.002>
 59. Vetrugno L, Bove T, Orso D, Barbariol F, Bassi F, Boero E, et al. Our Italian experience using lung ultrasound for identification, grading and serial follow-up of severity of lung involvement for management of patients with COVID-19. *Echocardiography*. 2020;37(4):625–7.
 60. Brusasco C, Santori G, Bruzzo E, Trò R, Robba C, Tavazzi G, et al. Quantitative lung ultrasonography: a putative new algorithm for automatic detection and quantification of B-lines. Available from: <https://doi.org/10.1186/s13054-019-2569-4>
 61. Mongodi S, De Luca D, Colombo A, Stella A, Santangelo E, Corradi F, et al. Quantitative Lung Ultrasound: Technical Aspects and Clinical Applications. *Anesthesiology*. 2021;(6):949–65.

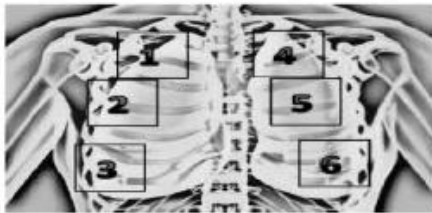
APENDICE I - Instrumento para Coleta de Dados

Ficha de coleta de dados
Exame de Ultrassom Pulmonar

N° Série: _____

Leito _____ Data: _____ APACHE II: _____

Examinador: _____



**Pontuação dos quadrantes pulmonares
conforme a figura - SLESS**

1° Quadrante: _____ 4° Quadrante: _____

2° Quadrante: _____ 5° Quadrante: _____

3° Quadrante: _____ 6° Quadrante: _____

Classificação da imagem para pontuação

1 ponto: Aeração pulmonar normal, Linhas A ou 2 Linhas B isoladas.

2 pontos: Perda moderada da aeração pulmonar, ≥ 3 linhas B bem definidas.

3 pontos: Perda severa da aeração pulmonar, linhas B espessas e coalescentes.

4 pontos: Consolidação pulmonar.

Dados do paciente: HC: _____

Sexo: M () F () Idade: _____

Diagnóstico de internação na UTI:

Sugestão diagnóstica do avaliador:

SLESS: _____

Gasometria atualizada:

pH _____ PaO2 _____ PCO2 _____ HCO3 _____ BE _____

SatO2 _____ Lac _____ PaO2/FiO2: _____

Ventilador mecânico: _____

Modalidade: _____ PC _____ VC _____ PSV _____

FR _____ PEEP _____ FiO2 _____ T. insp/FI insp _____

Compl _____ Rst _____ SpO2 _____

Consolidação Pulmonar	1° Quadrante	2° Quadrante	3° Quadrante	4° Quadrante	5° Quadrante	6° Quadrante
Derrame Pleural	1° Quadrante	2° Quadrante	3° Quadrante	4° Quadrante	5° Quadrante	6° Quadrante
Broncograma Dinâmico	1° Quadrante	2° Quadrante	3° Quadrante	4° Quadrante	5° Quadrante	6° Quadrante
Ponto Pulmonar	1° Quadrante	2° Quadrante	3° Quadrante	4° Quadrante	5° Quadrante	6° Quadrante

Achados Modo M

Sinal da Praia	1° Quadrante	2° Quadrante	3° Quadrante	4° Quadrante	5° Quadrante	6° Quadrante
Sinal da Estratosfera	1° Quadrante	2° Quadrante	3° Quadrante	4° Quadrante	5° Quadrante	6° Quadrante
Pulso Pulmonar	1° Quadrante	2° Quadrante	3° Quadrante	4° Quadrante	5° Quadrante	6° Quadrante
Sinal Sinusoidal	1° Quadrante	2° Quadrante	3° Quadrante	4° Quadrante	5° Quadrante	6° Quadrante

APÊNDICE II – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE)

Título da pesquisa: CAPACITAÇÃO PARA REALIZAÇÃO DA ULTRASSONOGRAFIA PULMONAR E INTERPRETAÇÃO DE IMAGENS POR FISIOTERAPEUTAS QUE ATUAM EM UNIDADE DE TERAPIA INTENSIVA.

Nome do(s) responsável(is): Lidiane Andrade Monteiro de Souza, Ramon Gonzales Paredes, Luciana Castilho de Figueirêdo e Thiago Martins Santos.

Número do CAAE: 75831417.9.0000.5404

Você está sendo convidado a participar como voluntário de um estudo. Este documento, chamado Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, visa assegurar seus direitos e deveres como participante e é elaborado em duas vias, uma que deverá ficar com você e outra com o pesquisador.

Por favor, leia com atenção e calma, aproveitando para esclarecer suas dúvidas. Se houver perguntas antes ou mesmo depois de assiná-lo, você poderá esclarecê-las com o pesquisador. Se preferir, pode levar para casa e consultar seus familiares ou outras pessoas antes de decidir participar. Se você não quiser participar ou retirar sua autorização, a qualquer momento, não haverá nenhum tipo de penalização ou prejuízo.

Justificativa e objetivos

Este estudo tem como objetivo principal avaliar os achados de imagens de US pulmonar obtidas por fisioterapeutas especialistas em terapia intensiva que foram submetidos a um treinamento de US pulmonar “point of care”, devido a necessidade de aprimoramento de técnicas de confirmação e caracterização de disfunções pulmonares, beira-leito, em pacientes críticos e que possa contribuir junto a escolha do recurso terapêutico, individualizado, bem como analisar os benefícios gerados e acompanhamento progressivo durante a internação. Dessa forma as imagens realizadas por vocês serão gravadas em forma de vídeo com duração de 10 segundos e, também avaliadas pela equipe médica especialista em ultrassom pulmonar “Point of Care”, correlacionando os dados encontrados pelas equipes, por meio da aplicação, qualidade de interpretação, cálculo do LUS e avaliação do movimento do diafragma.

Procedimentos

A participação no estudo é voluntária e inclui a realização de forma aleatória do ultrassom pulmonar em 10 pacientes internados nos leitos de UTI da especialidade de clínica médica. O exame será realizado a beira-leito com o equipamento usado na rotina da UTI. A coleta será agendada conforme sua disponibilidade de horário, espera-se que o profissional realize a coleta das imagens de 10 a 20 minutos por paciente, sem a necessidade de realizar nos 10 pacientes no mesmo período. Os achados das imagens obtidas serão anotadas em uma ficha de coleta de dados. Essas imagens serão salvas e posteriormente checadas pelos médicos intensivistas da UTI.

Desconfortos e riscos:

O estudo não oferece riscos previsíveis para os pacientes, pois não emite radiação e será realizado à beira-leito sem qualquer necessidade de transporte do paciente, é uma prática clínica de rotina em UTI e não existem riscos adicionais a internação decorrente da participação neste estudo.

Todos os participantes seguirão as normas de higiene das mãos já utilizadas no hospital e os aparelhos serão higienizados de forma adequada e materiais específicos que possuímos no hospital, conforme orientação, para evitar risco de contaminação de um paciente para outro. Somente os fisioterapeutas devidamente treinados pelo programa, assim como você, poderão participar desse estudo, não oferecendo da mesma forma, risco previsíveis aos profissionais. Estima-se um tempo de coleta por paciente de 10 a 20 minutos.

Conforme previsto na resolução 466/12 - IV.3, os participantes da pesquisa estarão amparados, de forma integral, imediata e gratuita caso aconteça algum dano decorrente do estudo, assegurando-lhe direito à indenização.

Benefícios

A pesquisa tem como principal benefício a validação da capacitação dos profissionais de fisioterapia, devidamente treinados para aplicação de ultrassom pulmonar, como método de auxílio, de intervenção rápida e precisa na conduta fisioterapêutica, com reversão rápida do quadro apresentado. Os profissionais não terão benefício algum por participar da pesquisa, além dos promovido pela capacitação profissional.

Sigilo e privacidade

No que se refere a participação desta pesquisa, o anonimato de todos os participantes será mantido e todos têm liberdade em desistir da participação a qualquer momento da pesquisa se gerar prejuízos ou constrangimentos relacionados a esta desistência.

Os resultados do estudo serão divulgados, para fins acadêmicos e científicos, sem a identificação de nenhum participante.

Ressarcimento

Não existe custo algum para participar do estudo, dessa forma não há reembolso ou qualquer tipo de recompensa financeira.

Desta forma, eu _____, CREFITO: _____ declaro que recebi todas as informações em relação ao desenvolvimento da pesquisa para “CAPACITAÇÃO PARA REALIZAÇÃO DA ULTRASSONOGRRAFIA PULMONAR E INTERPRETAÇÃO DE IMAGENS POR FISIOTERAPEUTAS QUE ATUAM EM UNIDADE DE TERAPIA INTENSIVA”. Fui esclarecido também que a minha identidade será preservada e poderei desistir de minha participação a qualquer momento sem que haja prejuízos a pesquisa e constrangimento em relação a minha participação. Assim como não terei responsabilidade financeira alguma em relação ao desenvolvimento da pesquisa e que todos os gastos serão absorvidos pelos pesquisadores. Será garantido esclarecimentos a qualquer momento em relação à pesquisa. Concordo, espontaneamente em participar desta pesquisa.

A equipe do estudo está à disposição para prestar quaisquer esclarecimentos antes, durante e após o estudo. Os pesquisadores responsáveis Lidiane Andrade Monteiro de Souza, Ramon Gonzalez Paredes, Luciana Castilho de Figueirêdo e Thiago Martins Santos. Para contato o telefone (19) 3521-7767

Em caso de denúncias ou reclamações sobre sua participação no estudo, você pode entrar em contato com a secretaria do Comitê de Ética em Pesquisa (CEP): Rua: Tessália Vieira de Camargo, 126; CEP 13083-887 Campinas – SP; telefone (19) 3521-8936; fax (19) 3521-7187; e-mail: cep@fcm.unicamp.br

Consentimento livre e esclarecido

Após ter sido esclarecimento sobre a natureza da pesquisa, seus objetivos, métodos, benefícios previstos, potenciais riscos e o incômodo que esta possa acarretar, aceito participar:

Nome do(a) participante: _____.

(Assinatura do participante ou nome e assinatura do responsável)

Campinas, _____ de _____, 20____.

Responsabilidade do Pesquisador

Asseguro ter cumprido as exigências da resolução 466/2012 CNS/MS e complementares na elaboração do protocolo e na obtenção deste Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. Asseguro, também, ter explicado e fornecido uma cópia deste documento ao participante. Informo que o estudo foi aprovado pelo CEP perante o qual o projeto foi apresentado. Comprometo-me a utilizar o material e os dados obtidos nesta pesquisa exclusivamente para as finalidades previstas neste documento ou conforme o consentimento dado pelo participante.

(Assinatura do pesquisador)

Campinas, _____ de _____, 20____.

Rubrica do pesquisador: _____ Rubrica do participante: _____

Apêndice III - Ficha de avaliação Médica – Plataforma Google Forms

POCUS FISIO - AVALIAÇÃO MÉDICA DAS IMAGENS

*Obrigatório

1. Endereço de e-mail *

2. IDENTIFIQUE O EXAME AVALIADO CONFORME CONSTA NA PASTA
COMPARTILHADA

Modo B

Esta seção é destinada para avaliar aspectos relacionados ao em Modo B.

3. Avaliação do Campo 1

Marcar apenas uma oval por linha.

	1	2	3	4	Inconclusivo
SLESS	☐	☐	☐	☐	☐

4. Profundidade

Marcar apenas uma oval por linha.

	sim	não
Adequada?	☐	☐

09/03/2021

POCUS FISIO - AVALIAÇÃO MÉDICA DAS IMAGENS

5. Ganho

Marcar apenas uma oval por linha.

	sim	não
Adequado?	☐	☐

6. Ganho setorial

Marcar apenas uma oval por linha.

	sim	não
Adequado?	☐	☐

7. Tempo de vídeo

Marcar apenas uma oval por linha.

	sim	não
Adequado?	☐	☐

8. Técnica

Marcar apenas uma oval por linha.

	sim	não
Adequada?	☐	☐

Modo B

Esta seção é destinada para avaliar aspectos relacionados ao em Modo B.

9. Avaliação do Campo 2

Marcar apenas uma oval por linha.

	1	2	3	4	Inconclusivo
SLESS	☐	☐	☐	☐	☐

09/03/2021

POCUS FISIO - AVALIAÇÃO MÉDICA DAS IMAGENS

10. Profundidade

Marcar apenas uma oval por linha.

	sim	não
Adequada?	☐	☐

11. Ganho

Marcar apenas uma oval por linha.

	sim	não
Adequado?	☐	☐

12. Ganho setorial

Marcar apenas uma oval por linha.

	sim	não
Adequado?	☐	☐

13. Tempo de vídeo

Marcar apenas uma oval por linha.

	sim	não
Adequado?	☐	☐

14. Técnica

Marcar apenas uma oval por linha.

	sim	não
Adequada?	☐	☐

Modo B

Esta seção é destinada para avaliar aspectos relacionados ao em Modo B.

09/03/2021

POCUS FISIO - AVALIAÇÃO MÉDICA DAS IMAGENS

15. Avaliação do Campo 3

Marcar apenas uma oval por linha.

	1	2	3	4	Inconclusivo
SLESS	☐	☐	☐	☐	☐

16. Profundidade

Marcar apenas uma oval por linha.

	sim	não
Adequada?	☐	☐

17. Ganho

Marcar apenas uma oval por linha.

	sim	não
Adequado?	☐	☐

18. Ganho setorial

Marcar apenas uma oval por linha.

	sim	não
Adequado?	☐	☐

19. Tempo de vídeo

Marcar apenas uma oval por linha.

	sim	não
Adequado?	☐	☐

09/03/2021

POCUS FISIO - AVALIAÇÃO MÉDICA DAS IMAGENS

20. Técnica

Marcar apenas uma oval por linha.

	sim	não
Adequada?	☐	☐

Modo B

Esta seção é destinada para avaliar aspectos relacionados ao em Modo B.

21. Avaliação do Campo 4

Marcar apenas uma oval por linha.

	1	2	3	4	Inconclusivo
SLESS	☐	☐	☐	☐	☐

22. Profundidade

Marcar apenas uma oval por linha.

	sim	não
Adequada?	☐	☐

23. Ganho

Marcar apenas uma oval por linha.

	sim	não
Adequado?	☐	☐

24. Ganho setorial

Marcar apenas uma oval por linha.

	sim	não
Adequado?	☐	☐

09/03/2021

POCUS FISIO - AVALIAÇÃO MÉDICA DAS IMAGENS

25. Tempo de vídeo

Marcar apenas uma oval por linha.

	sim	não
Adequado?	☐	☐

26. Técnica

Marcar apenas uma oval por linha.

	sim	não
Adequada?	☐	☐

Modo B

Esta seção é destinada para avaliar aspectos relacionados ao em Modo B.

27. Avaliação do Campo 5

Marcar apenas uma oval por linha.

	1	2	3	4	Inconclusivo
SLESS	☐	☐	☐	☐	☐

28. Profundidade

Marcar apenas uma oval por linha.

	sim	não
Adequada?	☐	☐

29. Ganho

Marcar apenas uma oval por linha.

	sim	não
Adequado?	☐	☐

09/03/2021

POCUS FISIO - AVALIAÇÃO MÉDICA DAS IMAGENS

30. Ganho setorial

Marcar apenas uma oval por linha.

	sim	não
Adequado?	☐	☐

31. Tempo de vídeo

Marcar apenas uma oval por linha.

	sim	não
Adequado?	☐	☐

32. Técnica

Marcar apenas uma oval por linha.

	sim	não
Adequada?	☐	☐

Modo B

Esta seção é destinada para avaliar aspectos relacionados ao em Modo B.

33. Avaliação do Campo 6

Marcar apenas uma oval por linha.

	1	2	3	4	Inconclusivo
SLESS	☐	☐	☐	☐	☐

34. Profundidade

Marcar apenas uma oval por linha.

	sim	não
Adequada?	☐	☐

09/03/2021

POCUS FISIO - AVALIAÇÃO MÉDICA DAS IMAGENS

35. Ganho

Marcar apenas uma oval por linha.

	sim	não
Adequado?	☐	☐

36. Ganho setorial

Marcar apenas uma oval por linha.

	sim	não
Adequado?	☐	☐

37. Tempo de vídeo

Marcar apenas uma oval por linha.

	sim	não
Adequado?	☐	☐

38. Técnica

Marcar apenas uma oval por linha.

	sim	não
Adequada?	☐	☐

Modo B

09/03/2021

POCUS FISIO - AVALIAÇÃO MÉDICA DAS IMAGENS

39. Em relação aos achados avaliados em modo B, em caso de afirmativo identifique o quadrante.

Marque todas que se aplicam.

	Sim	Não	1° Q	2° Q	3° Q	4° Q	5° Q	6° Q
Consolidação pulmonar	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Derrame pleural	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Broncograma dinâmico	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Ponto pulmonar	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

Modo M

40. Em relação aos achados nos quadrantes examinados:

Marque todas que se aplicam.

	Sinal da praia	Sinal da estratosfera	Pulso pulmonar	Sinal sinusoidal	inconclusivo
1° Quadrante	☐	☐	☐	☐	☐
2° Quadrante	☐	☐	☐	☐	☐
3° Quadrante	☐	☐	☐	☐	☐
4° Quadrante	☐	☐	☐	☐	☐
5° Quadrante	☐	☐	☐	☐	☐
6° Quadrante	☐	☐	☐	☐	☐

Feedback

09/03/2021

POCUS FISIO - AVALIAÇÃO MÉDICA DAS IMAGENS

41. Deixe seu feedback para o examinador com sugestões, críticas e elogios.

Este conteúdo não foi criado nem aprovado pelo Google.

Google Formulários