

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*

Diagnostic accuracy of the Bedside Lung Ultrasound in Emergency protocol for the diagnosis of acute respiratory failure in spontaneously breathing patients

Felippe Leopoldo Dexheimer Neto, Juliana Mara Stormovski de Andrade, Ana Carolina Tabajara Raupp, Raquel da Silva Townsend, Fabiana Gabe Beltrami, Hélène Brisson, Qin Lu, Paulo de Tarso Roth Dalcin

Resumo

Objetivo: O ultrassom pulmonar (USP) à beira do leito é uma técnica de imagem não invasiva e prontamente disponível que pode complementar a avaliação clínica. O protocolo *Bedside Lung Ultrasound in Emergency* (BLUE, ultrassom pulmonar à beira do leito em situações de emergência) demonstrou elevado rendimento diagnóstico em pacientes com insuficiência respiratória aguda (IRpA). Recentemente, um programa de treinamento em USP à beira do leito foi implementado na nossa UTI. O objetivo deste estudo foi avaliar a acurácia do USP baseado no protocolo BLUE, quando realizado por médicos com habilidades básicas em ultrassonografia, para orientar o diagnóstico de IRpA. **Métodos:** Ao longo de um ano, todos os pacientes adultos consecutivos respirando espontaneamente admitidos na UTI por IRpA foram prospectivamente incluídos. Após treinamento, 4 operadores com habilidades básicas em ultrassonografia realizaram o USP em até 20 minutos após a admissão na UTI, cegados para a história do paciente. Os diagnósticos do USP foram comparados aos diagnósticos da equipe assistente ao final da internação na UTI (padrão-ouro). **Resultados:** Foram incluídos na análise 37 pacientes (média etária: $73,2 \pm 14,7$ anos; APACHE II: $19,2 \pm 7,3$). O diagnóstico do USP demonstrou concordância com o diagnóstico final em 84% dos casos (kappa total: 0,81). As causas mais comuns de IRpA foram pneumonia ($n = 17$) e edema pulmonar cardiogênico ($n = 15$). A sensibilidade e a especificidade do USP comparado ao diagnóstico final foram de 88% e 90% para pneumonia e de 86% e 87% para edema pulmonar cardiogênico, respectivamente. **Conclusões:** O USP baseado no protocolo BLUE foi reproduzível por médicos com habilidades básicas em ultrassonografia e acurado para o diagnóstico de pneumonia e de edema pulmonar cardiogênico.

Descritores: Ultrassonografia de intervenção; Insuficiência respiratória; Unidades de terapia intensiva.

Abstract

Objective: Bedside lung ultrasound (LUS) is a noninvasive, readily available imaging modality that can complement clinical evaluation. The Bedside Lung Ultrasound in Emergency (BLUE) protocol has demonstrated a high diagnostic accuracy in patients with acute respiratory failure (ARF). Recently, bedside LUS has been added to the medical training program of our ICU. The aim of this study was to investigate the accuracy of LUS based on the BLUE protocol, when performed by physicians who are not ultrasound experts, to guide the diagnosis of ARF. **Methods:** Over a one-year period, all spontaneously breathing adult patients consecutively admitted to the ICU for ARF were prospectively included. After training, 4 non-ultrasound experts performed LUS within 20 minutes of patient admission. They were blinded to patient medical history. LUS diagnosis was compared with the final clinical diagnosis made by the ICU team before patients were discharged from the ICU (gold standard). **Results:** Thirty-seven patients were included in the analysis (mean age, 73.2 ± 14.7 years; APACHE II, 19.2 ± 7.3). LUS diagnosis had a good agreement with the final diagnosis in 84% of patients (overall kappa, 0.81). The most common etiologies for ARF were pneumonia ($n = 17$) and hemodynamic lung edema ($n = 15$). The sensitivity and specificity of LUS as measured against the final diagnosis were, respectively, 88% and 90% for pneumonia and 86% and 87% for hemodynamic lung edema. **Conclusions:** LUS based on the BLUE protocol was reproducible by physicians who are not ultrasound experts and accurate for the diagnosis of pneumonia and hemodynamic lung edema.

Keywords: Ultrasonography, interventional; Respiratory insufficiency; Intensive care units.

*Trabalho realizado no Programa de Pós-Graduação em Ciências Pneumológicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre (RS) Brasil; na Unidade de Terapia Intensiva, Hospital Ernesto Dornelles, Porto Alegre (RS) Brasil; e na Unidade de Terapia Intensiva Multidisciplinar (Prof. J.J. Rouby), Departamento de Anestesiologia e Cuidados Intensivos, Hospital Pitié-Salpêtrière, Assistance Publique-Hôpitaux de Paris – AP-HP, Assistência Pública-Hospitais de Paris – Université Pierre et Marie Curie – UPMC, Universidade Pierre et Marie Curie – Paris 6, Paris, França.

Endereço para correspondência: Felippe Leopoldo Dexheimer Neto. Av. Ipiranga, 1801, Azenha, CEP 90880-481, Porto Alegre, RS, Brasil. Tel. 55 51 9119-5508. E-mail: fldneto@me.com

Apoio financeiro: Felippe Leopoldo Dexheimer Neto foi bolsista do programa de doutorado da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES)/Ministério da Educação do Brasil - BEX 6869/13-1.

Recebido para publicação em 25/7/2014. Aprovado, após revisão, em 13/11/2014.

Introdução

A insuficiência respiratória aguda (IRpA) é uma condição crítica que exige avaliação e intervenções dinâmicas. O ultrassom pulmonar (USP) à beira do leito é uma técnica de imagem não invasiva e prontamente disponível que pode complementar o exame físico e a avaliação clínica.^(1,2) A principal vantagem do USP à beira do leito é a sua aplicação imediata no diagnóstico de distúrbios torácicos. Outras vantagens incluem postergar ou mesmo evitar a necessidade de transporte do paciente até a sala de radiologia ou de exposição à radiação, bem como orientar terapias que salvam vidas em situações de extrema emergência.^(1,3-5) A utilização do USP por médicos da emergência, intensivistas e pneumologistas já foi relatada em muitos estudos.^(1,4-10)

O atrativo para a utilização do USP em pacientes com IRpA é evidente, já que o USP é capaz de detectar alterações da aeração pulmonar em muitas condições potencialmente fatais, como edema pulmonar agudo, síndrome da angústia respiratória aguda, pneumonia e pneumotórax.^(4-6,10-14) Recentemente, Lichtenstein et al. propuseram um algoritmo diagnóstico – o protocolo *Bedside Lung Ultrasound in Emergency* (BLUE, ultrassom pulmonar à beira do leito em situações de emergência) – para orientar o diagnóstico da dispneia grave.⁽¹⁵⁾ Os autores mostraram que a acurácia diagnóstica do USP, em comparação ao diagnóstico final feito pela equipe da Unidade de Terapia Intensiva (UTI), foi de 90,5%. De forma semelhante, Silva et al. demonstraram que a acurácia diagnóstica da abordagem por USP em pacientes com IRpA foi maior do que a da avaliação inicial de rotina baseada em dados clínicos, radiológicos e biológicos (83% vs. 63%, $p < 0,02$).⁽¹⁶⁾

Já que a ultrassonografia é uma modalidade de imagem que depende do operador e o USP à beira do leito é uma ferramenta desenvolvida recentemente, a reprodutibilidade dos achados obtidos por médicos com habilidades básicas em ultrassonografia necessita de maior validação. De fato, o protocolo BLUE original foi realizado por especialistas em ultrassonografia altamente qualificados.⁽¹⁵⁾ Recentemente, um programa de treinamento em ultrassonografia foi implementado em nossa UTI. Em razão da preocupação com a acurácia do USP à beira do leito realizado por médicos com habilidades básicas em ultrassonografia, decidimos, então, investigar

a acurácia diagnóstica do protocolo BLUE para IRpA.

Métodos

Pacientes

Foi realizado um estudo prospectivo envolvendo todos os pacientes adultos respirando espontaneamente admitidos em nossa UTI clínico-cirúrgica (23 leitos) por IRpA. Esta pesquisa foi aprovada pelo comitê de ética da instituição (Protocolo nº 112/2011), o qual dispensou a necessidade de termo de consentimento livre e esclarecido.

Os critérios de inclusão foram idade ≥ 18 anos e admissão em UTI por IRpA, definida por uma das seguintes características: frequência respiratória ≥ 30 ciclos/min; $\text{PaO}_2 \leq 60$ mmHg; saturação de oxigênio em ar ambiente $\leq 90\%$, medida por oximetria de pulso; ou pressão parcial de gás carbônico (PCO_2) ≥ 45 mmHg com pH arterial $\leq 7,35$. Os critérios de exclusão foram necessidade de intubação antes da admissão e/ou presença de diagnóstico múltiplo ou raro (isto é, frequência $< 2\%$), de acordo com o protocolo original.⁽¹⁵⁾

Desenho do estudo e avaliação do USP

Após 5 horas de treinamento teórico e a realização de 10 exames de USP supervisionados, 4 médicos com habilidades básicas em ultrassonografia participaram do estudo. Eles foram cegados para a história do paciente e não foram envolvidos em decisões diagnósticas ou terapêuticas. Todos os pacientes foram colocados em posição semirrecumbente e foram avaliados com o mesmo transdutor curvilíneo de 3-5 MHz (Toshiba Tosbee®; Toshiba, Tóquio, Japão). Em regra, o USP foi realizado em até 20 minutos após a admissão na UTI, por um médico com habilidades básicas em ultrassonografia. Cada paciente foi submetido a uma radiografia de tórax à beira do leito na admissão, a qual foi interpretada por um radiologista não cegado para a história do paciente. A avaliação clínica e o diagnóstico iniciais foram realizados pelos médicos responsáveis pelo atendimento ao paciente, ao quais foram cegados para os resultados do USP, mas estavam cientes dos resultados da radiografia de tórax. O diagnóstico final do episódio de IRpA feito pela equipe assistente ao final da internação na UTI foi considerado o padrão-ouro. Foram

avaliados os principais diagnósticos, incluindo pneumonia, edema pulmonar cardiogênico agudo, doença pulmonar obstrutiva (isto é, DPOC descompensada ou asma) e pneumotórax. Pacientes com diagnósticos múltiplos ou doenças raras foram excluídos da análise, como no estudo do protocolo BLUE original.⁽¹⁵⁾

Foram obtidas imagens de USP de cada um dos seis quadrantes em cada hemitórax (partes superiores e inferiores da parede torácica anterior, lateral e posterior, delimitadas pelas linhas axilares anterior e posterior).^(3,15) Cada quadrante foi classificado, com base nos piores achados, em categorias de acordo com o perfil predominante (A, B ou C) em cada hemitórax, como descrito anteriormente.^(5,15)

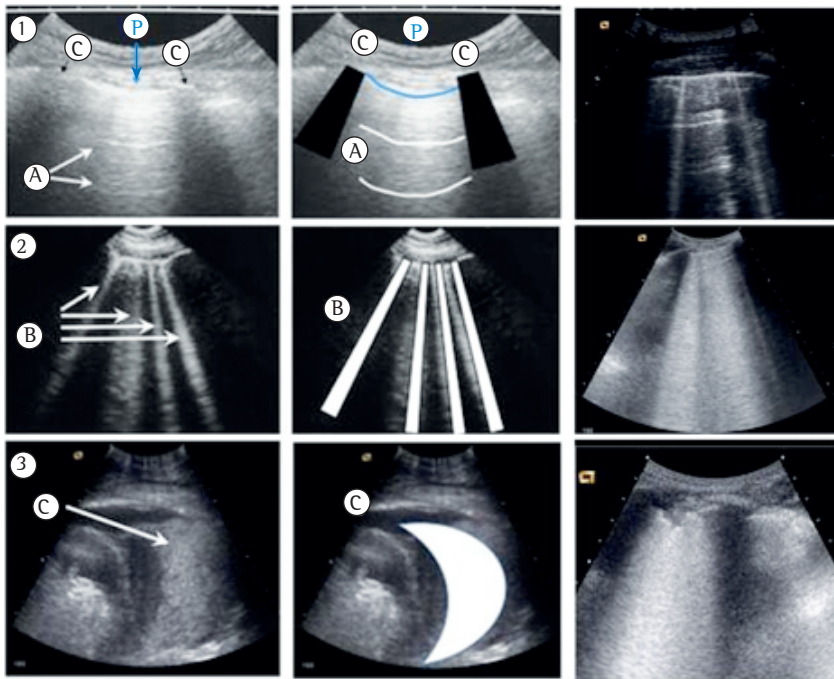
Os perfis A, B e C foram definidos da seguinte forma (Figura 1):

- Perfil A (linhas A): linhas horizontais brancas (hiperecogênicas) que são estáticas e aparecem em intervalos regulares.

- Perfil B (linhas B): artefatos verticais hiperecogênicos que se movem em sincronia com o ciclo respiratório.
- Perfil C: imagem de consolidação que aparece como uma estrutura de tecido contendo pontos brancos constituídos de parênquima pulmonar.

Para se identificar aeração pulmonar normal, o deslizamento pleural é um achado ultrassonográfico fundamental. Ele corresponde ao movimento regular da linha pleural (sendo descrito como cintilância ou brilho) em ciclos regulares acompanhando cada movimento respiratório.

De acordo com o protocolo BLUE (Tabela 1),⁽¹⁵⁾ um perfil normal (deslizamento pleural bilateral com presença de linhas A) deve ser associado à avaliação venosa dos membros inferiores. A investigação de trombose venosa profunda foi realizada com o mesmo transdutor. Um achado positivo foi a visualização de trombose intraluminal ecogênica anatômica ou a ausência de compressão



Adaptado de Dexheimer Neto et al.⁽⁹⁾

Figura 1 – Achados do ultrassom pulmonar (esquerda), representação esquemática (centro) e exemplos ilustrativos (direita). P: linha pleural; c: costelas; A: linhas A; B: linhas B; e C: consolidação pulmonar.

- Painel 1: Aeração pulmonar normal – perfil A (linhas A): linhas horizontais brancas (hiperecogênicas) que são estáticas e aparecem em intervalos regulares.
- Painel 2: Perda parcial da aeração pulmonar – perfil B (linhas B): artefatos verticais hiperecogênicos que se movem em sincronia com o ciclo respiratório.
- Painel 3: Perda total da aeração pulmonar – perfil C (consolidação): imagem de consolidação que aparece como uma estrutura de tecido contendo pontos brancos constituídos de parênquima pulmonar.

Tabela 1- Perfis do ultrassom pulmonar na insuficiência respiratória aguda.

Condição	Achados do ultrassom pulmonar
Pneumonia	Perfil AB ou consolidação ou perfil A com síndrome alveolar posterior e/ou síndrome pleural
Edema pulmonar cardiogênico agudo	Perfil B
Doença pulmonar obstrutiva (isto é, DPOC descompensada ou asma)	Perfil A sem TVP
Pneumotórax	Perfil A com ponto pulmonar e sem deslizamento pleural
Embolia pulmonar	Perfil A com TVP

TVP: trombose venosa profunda.

de veias femorais ou poplíteas. Havendo sinais de trombose venosa nos membros inferiores; o diagnóstico foi embolia pulmonar; caso contrário, o padrão normal sugeria disfunção respiratória causada por doença pulmonar obstrutiva (isto é, DPOC descompensada ou asma).^(3,5,15) A ausência de deslizamento pleural combinada com a presença de linhas A sugeria pneumotórax. Porém, para esse diagnóstico, era necessário identificar o ponto pulmonar (o ponto onde é possível identificar tanto o deslizamento pleural normal quanto a ausência do mesmo).^(3,5,15) Além disso, a identificação de padrão anterior normal associado a presença de derrame pleural e consolidação posterior (perfil A com síndrome alveolar posterior e/ou síndrome pleural) ou consolidação anterior ou lateral (perfil C) sugeria pneumonia.^(3,15,16)

Um perfil B caracterizado por linhas B bilaterais simétricas sugeria edema pulmonar cardiogênico.^(3,9,15) Porém, a predominância de linhas B sem deslizamento pleural também poderia sugerir pneumonia.

O perfil AB caracterizou-se por achados assimétricos entre os hemitóraces, sugestivo de infecção pulmonar como etiologia da IRpA.

Análise estatística

As variáveis categóricas foram expressas em números e porcentagens, e os dados contínuos foram expressos em média \pm desvio padrão. O desempenho diagnóstico do USP em comparação a cada diagnóstico final foi avaliado por meio do cálculo da sensibilidade, especificidade e valores preditivos utilizando-se uma fórmula padrão. A integridade e a acurácia dos dados foram avaliadas com a *Standards of Reporting of Diagnostic Accuracy checklist*.⁽¹⁷⁾ Além disso, o nível de concordância entre os observadores para os achados ultrassonográficos e o diagnóstico

final foi avaliado com o teste de confiabilidade kappa: valores de kappa < 0 indicaram ausência de concordância (menor que ao acaso); valores de kappa entre 0,01-0,20, concordância leve; valores de kappa entre 0,21-0,40, concordância regular; valores de kappa entre 0,41-0,60, concordância moderada; valores de kappa entre 0,61-0,80, concordância substancial; e valores de kappa entre 0,81-0,99, concordância quase perfeita.⁽¹⁸⁾ O teste de McNemar foi utilizado para comparar a acurácia diagnóstica intrassujeito entre o USP e a radiografia de tórax e entre o USP e a avaliação clínica inicial. A análise estatística foi realizada com o software IBM-SPSS, versão 16 (IBM Inc., Armonk, NY, EUA). Todos os testes foram bicaudais, e valores de $p < 0,05$ foram considerados estatisticamente significativos.

Resultados

Quarenta e dois pacientes consecutivos admitidos na UTI por IRpA entre outubro de 2011 e novembro de 2012 foram incluídos no estudo. Como descrito anteriormente, 5 pacientes com diagnósticos raros foram excluídos da análise final (2 pacientes com fibrose pulmonar, 1 paciente com pneumonite de hipersensibilidade, 1 com leptospirose e 1 com síndrome compartimental abdominal). As características basais dos pacientes são apresentadas na Tabela 2.

Dos 37 pacientes clínicos, 70% foram transferidos da enfermaria clínica. O tempo médio de hospitalização antes da admissão na UTI foi de $7,9 \pm 7,7$ dias. Ventilação não invasiva ou invasiva com pressão positiva foi necessária em 92% dos pacientes (Tabela 2). A mortalidade global observada foi de 42%.

De acordo com o diagnóstico final, a etiologia mais comum da IRpA foi pneumonia ($n = 17$). Quinze pacientes foram admitidos por edema

pulmonar cardiogênico, e 4, por doença pulmonar obstrutiva. Houve apenas um paciente com embolia pulmonar (nesse paciente, o USP foi normal como esperado, mas não foi possível identificar trombose venosa profunda) e nenhum com pneumotórax. A sensibilidade, a especificidade e os valores preditivos são apresentados na Tabela 3. Embolia pulmonar e pneumotórax não foram incluídos em razão de o número de pacientes com essas condições ser insuficiente para a realização da análise de desempenho diagnóstico.

O diagnóstico do protocolo BLUE feito na admissão por médicos com habilidades básicas em ultrassonografia apresentou concordância perfeita com o diagnóstico final em 84% dos pacientes (kappa total: 0,81). A concordância entre os 2 métodos foi de 0,78 e de 0,74 para pneumonia e edema pulmonar, respectivamente.

Tabela 2 - Características dos pacientes admitidos na UTI por insuficiência respiratória aguda (n = 37).^a

Característica	Resultado
Idade, anos	73,2 ± 14,7
Sexo masculino	16 (43)
IMC	25,7 ± 4,7
Escore APACHE II	19,2 ± 7,3
Escala de Coma de Glasgow	12,7 ± 3,1
pH	7,32 ± 0,13
PaO ₂ /FiO ₂	173,15 ± 108,2
PCO ₂	50,9 ± 48
Doenças prévias:	
Câncer	11 (30)
Doença cardíaca	22 (59)
Insuficiência cardíaca	7 (19)
Doença pulmonar obstrutiva	8 (22)
Doença neurológica	7 (19)
Insuficiência renal crônica	4 (11)
Teste imediato de VNI	15 (41)
Sucesso da VNI	6 (16)
Intubação orotraqueal na admissão (sem teste prévio de VNI)	19 (51)
Respiração espontânea	3 (8)

IMC: índice de massa corpórea; APACHE: *Acute Physiological and Chronic Health Evaluation*; PCO₂: pressão parcial de gás carbônico; e VNI: ventilação não invasiva. ^aDados expressos em média ± dp ou n (%).

A acurácia diagnóstica do USP isoladamente foi significativamente maior do que a da radiografia de tórax isoladamente (84% vs. 43%; p = 0,01). Não foi encontrada nenhuma diferença significativa entre o USP e a avaliação clínica inicial padrão (84% vs. 65%; p = 0,12).

Discussão

O principal resultado do presente estudo é que o USP à beira do leito realizado por médicos com habilidades básicas em ultrassonografia permite o diagnóstico correto das causas mais comuns de IRpA (pneumonia e edema pulmonar cardiogênico) com boa sensibilidade e especificidade, em comparação ao diagnóstico final. A alta acurácia diagnóstica global do USP (84%) e a boa concordância (coeficiente kappa: 0,81) entre o USP e o diagnóstico final confirmaram o alto rendimento diagnóstico do USP. De fato, a acurácia diagnóstica do USP foi maior do que a da radiografia de tórax.

A principal preocupação que levou à realização do presente estudo foi o viés de operador, já que diferentes operadores poderiam interpretar padrões ultrassonográficos de pulmão de forma diferente. O ganho de competência em uma habilidade ao longo do tempo é um processo bem reconhecido, o qual também já foi demonstrado para o USP.⁽¹⁹⁾ Na maioria dos estudos anteriores, um número limitado de investigadores os quais eram especialistas em USP realizou os exames ultrassonográficos.^(10,15,16) Lichtenstein et al. relataram sensibilidade e especificidade de 97% e 95%, respectivamente, para edema pulmonar cardiogênico e de 94% e 89%, respectivamente, para pneumonia.⁽¹⁵⁾ Em nosso estudo, os valores obtidos por médicos com habilidades básicas em ultrassonografia, embora ligeiramente menores (86% e 87%, respectivamente, para edema pulmonar, e 88% e 90%, respectivamente, para pneumonia), se aproximam dos relatados por médicos especialistas.^(10,15) Esse resultado indica que o protocolo BLUE é viável e reprodutível.

Recentemente, Silva et al. comparou a acurácia do ultrassom cardiotorácico com a de uma avaliação

Tabela 3 - Desempenho diagnóstico do ultrassom pulmonar à beira do leito para cada diagnóstico.

Diagnóstico	Sensibilidade	Especificidade	Valor preditivo positivo	Valor preditivo negativo
Pneumonia (n = 17)	88%	90%	88%	90%
Edema pulmonar cardiogênico (n = 15)	85%	87%	80%	91%
Doença pulmonar obstrutiva (n = 4)	67%	100%	100%	94%

clínica inicial, em relação ao diagnóstico final feito por um painel de especialistas, em 78 pacientes com IRpA.⁽¹⁶⁾ Os autores constataram que a abordagem ultrassonográfica foi significativamente mais acurada do que a abordagem clínica inicial (83% vs. 63%, respectivamente; $p < 0,02$). Essa constatação indica que a utilização de dados do USP poderia ter melhorado o diagnóstico inicial significativamente.⁽¹⁶⁾ De forma semelhante, demonstrou-se que o manejo terapêutico pode ser modificado como resultado direto de informações fornecidas pelo USP em até 47% dos pacientes em ventilação mecânica.⁽²⁰⁾ É interessante que nossos resultados mostram taxas de acurácia semelhantes, sendo a acurácia maior para o USP do que para a avaliação clínica inicial (84% vs. 65%).⁽¹⁶⁾ Porém, nosso estudo teve poder insuficiente para encontrar uma diferença significativa.

Neste estudo, a acurácia do USP foi significativamente maior do que a da radiografia de tórax (84% vs. 43%; $p = 0,009$). De fato, há relatos de que, em comparação à radiografia de tórax, o USP à beira do leito apresenta acurácia superior na avaliação de pacientes com atelectasia, pneumotórax, pneumonia ou síndrome da angústia respiratória aguda.^(2,4,9,14,21)

Na tentativa de aumentar a concordância, todos os pacientes foram avaliados na mesma posição e com a mesma sonda. Não há recomendações quanto à duração do treinamento em USP.⁽²²⁻²⁴⁾ No presente estudo, com o objetivo de homogeneizar a interpretação dos achados do USP, optou-se arbitrariamente por 5 horas de treinamento teórico e 10 exames ultrassonográficos supervisionados. Com esse método de treinamento, nossos operadores foram capazes de alcançar individualmente uma concordância diagnóstica substancial (coeficiente kappa: 0,81).

O USP à beira do leito está rapidamente se tornando parte integrante da avaliação de pacientes críticos. Porém, ele ainda não é amplamente utilizado no Brasil. Os custos são muitas vezes considerados as principais barreiras.⁽²²⁾ Em um estudo realizado na Itália, a utilização do USP à beira do leito foi associada a uma redução de 26% no número total de radiografias de tórax e de 47% no número total de TCs.⁽²⁵⁾

As principais limitações deste estudo são o seu pequeno tamanho amostral e o fato de ele ter sido realizado em um único centro. Em razão de nossos resultados se basearem principalmente nos diagnósticos de pneumonia e de edema pulmonar

cardiogênico, são necessários mais estudos para validar o protocolo BLUE no diagnóstico de outras causas de IRpA. Além disso, variabilidades intra e interoperador não foram avaliadas. Ademais, como seguimos o protocolo BLUE original, nosso estudo não incorporou o diagnóstico de derrame pleural como etiologia da IRpA, embora o USP tenha um grande potencial no diagnóstico desse padrão.⁽⁵⁾

Em conclusão, este estudo, realizado em uma UTI no Brasil, demonstrou que o protocolo BLUE é viável e pode ser implementado em UTI. Após um breve período de treinamento, os médicos são capazes de diagnosticar as principais causas de IRpA com acurácia.

Agradecimentos

Gostaríamos de agradecer à Dra. Charlotte Arbelot sua gentil autorização para reproduzirmos as imagens de seu banco de dados pessoal.

Referências

1. Koenig SJ, Narasimhan M, Mayo PH. Thoracic ultrasonography for the pulmonary specialist. *Chest*. 2011;140(5):1332-41. <http://dx.doi.org/10.1378/chest.11-0348>
2. 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. <http://dx.doi.org/10.1097/00000542-200401000-00006>
3. Bouhemad B, Zhang M, Lu Q, Rouby JJ. Clinical review: Bedside lung ultrasound in critical care practice. *Crit Care*. 2007;11(1):205. <http://dx.doi.org/10.1186/cc5668>
4. Manno E, Navarra M, Faccio L, Motevallian M, Bertolaccini L, Mfochivè A, et al. Deep impact of ultrasound in the intensive care unit: the "ICU-sound" protocol. *Anesthesiology*. 2012;117(4):801-9. <http://dx.doi.org/10.1097/ALN.0b013e318264c621>
5. 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(4):577-91. <http://dx.doi.org/10.1007/s00134-012-2513-4>
6. Bouhemad B, Liu ZH, Arbelot C, Zhang M, Ferarri F, Le-Guen M, et al. Ultrasound assessment of antibiotic-induced pulmonary re-aeration in ventilator-associated pneumonia. *Crit Care Med*. 2010;38(1):84-92. <http://dx.doi.org/10.1097/CCM.0b013e3181b08cdb>
7. Remérand F, Dellamonica J, Mao Z, Ferrari F, Bouhemad B, Jianxin Y, et al. Multiplane ultrasound approach to quantify pleural effusion at the bedside. *Intensive Care Med*. 2010;36(4):656-64. <http://dx.doi.org/10.1007/s00134-010-1769-9>
8. Soummer A, Perbet S, Brisson H, Arbelot C, Constantin JM, Lu Q, et al. Ultrasound assessment of lung aeration loss during a successful weaning trial predicts postextubation distress*. *Crit Care Med*. 2012;40(7):2064-72. <http://dx.doi.org/10.1097/CCM.0b013e31824e68ae>

9. Dexheimer Neto FL, Dalcin Pde T, Teixeira C, Beltrami FG. Lung ultrasound in critically ill patients: a new diagnostic tool. *J Bras Pneumol*. 2012;38(2):246-56. <http://dx.doi.org/10.1590/S1806-37132012000200015>
10. Chavez MA, Shams N, Ellington LE, Naithani N, Gilman RH, Steinhoff MC, et al. Lung ultrasound for the diagnosis of pneumonia in adults: a systematic review and meta-analysis. *Respir Res*. 2014;15:50. <http://dx.doi.org/10.1186/1465-9921-15-50>
11. 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. <http://dx.doi.org/10.1164/rccm.201003-0369OC>
12. 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):R91. <http://dx.doi.org/10.1186/cc13859>
13. Baldi G, Gargani L, Abramo A, D'Errico L, Caramella D, Picano E, et al. Lung water assessment by lung ultrasonography in intensive care: a pilot study. *Intensive Care Med*. 2013;39(1):74-84. <http://dx.doi.org/10.1007/s00134-012-2694-x>
14. Ding W, Shen Y, Yang J, He X, Zhang M. Diagnosis of pneumothorax by radiography and ultrasonography: a meta-analysis. *Chest*. 2011;140(4):859-66. <http://dx.doi.org/10.1378/chest.10-2946>
15. Lichtenstein DA, Mezière GA. Relevance of lung ultrasound in the diagnosis of acute respiratory failure: the BLUE protocol. *Chest*. 2008;134(1):117-25. <http://dx.doi.org/10.1378/chest.07-2800>
16. Silva S, Biendel C, Ruiz J, Olivier M, Bataille B, Geeraerts T, et al. Usefulness of cardiothoracic chest ultrasound in the management of acute respiratory failure in critical care practice. *Chest*. 2013;144(3):859-65. <http://dx.doi.org/10.1378/chest.13-0167>
17. Bossuyt PM, Reitsma JB, Bruns DE, Gatsonis CA, Glasziou PP, Irwig LM, et al. Towards complete and accurate reporting of studies of diagnostic accuracy: the STARD initiative. *BMJ*. 2003;326(7379):41-4. <http://dx.doi.org/10.1136/bmj.326.7379.41>
18. Viera AJ, Garrett JM. Understanding interobserver agreement: the kappa statistic. *Fam Med*. 2005;37(5):360-3.
19. Tutino L, Cianchi G, Barbani F, Batacchi S, Cammelli R, Peris A. Time needed to achieve completeness and accuracy in bedside lung ultrasound reporting in intensive care unit. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med*. 2010;18:44. <http://dx.doi.org/10.1186/1757-7241-18-44>
20. Xirouchaki N, Georgopoulos D. Impact of lung ultrasound on clinical decision making in critically ill patients: response to O'Connor et al. *Intensive Care Med*. 2014;40(7):1063. <http://dx.doi.org/10.1007/s00134-014-3316-6>
21. 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. <http://dx.doi.org/10.1136/emj.2010.101584>
22. Bahner DP, Adkins EJ, Hughes D, Barrie M, Boulger CT, Royall NA. Integrated medical school ultrasound: development of an ultrasound vertical curriculum. *Crit Ultrasound J*. 2013;5(1):6. <http://dx.doi.org/10.1186/2036-7902-5-6>
23. Mosier JM, Malo J, Stolz LA, Bloom JW, Reyes NA, Snyder LS, et al. Critical care ultrasound training: a survey of US fellowship directors. *J Crit Care*. 2014;29(4):645-9. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jcrrc.2014.03.006>
24. Noble VE, Lamhaut L, Capp R, Bosson N, Liteplo A, Marx JS, et al. Evaluation of a thoracic ultrasound training module for the detection of pneumothorax and pulmonary edema by prehospital physician care providers. *BMC Med Educ*. 2009;9:3. <http://dx.doi.org/10.1186/1472-6920-9-3>
25. 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. <http://dx.doi.org/10.1213/ANE.0b013e3181e7cc42>

Sobre os autores

Felipe Leopoldo Dexheimer Neto

Doutorando. Programa de Pós-Graduação em Ciências Pneumológicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre (RS) Brasil.

Juliana Mara Stormovski de Andrade

Médica Intensivista. Unidade de Terapia Intensiva, Hospital Ernesto Dornelles, Porto Alegre (RS) Brasil.

Ana Carolina Tabajara Raupp

Médica Intensivista. Unidade de Terapia Intensiva, Hospital Ernesto Dornelles, Porto Alegre (RS) Brasil.

Raquel da Silva Townsend

Médica Intensivista. Unidade de Terapia Intensiva, Hospital Ernesto Dornelles, Porto Alegre (RS) Brasil.

Fabiana Gabe Beltrami

Estudante de Medicina. Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre, Porto Alegre (RS) Brasil.

Hélène Brisson

Médica Clínica – Hospitalar. Unidade de Terapia Intensiva Multidisciplinar (Prof. J.J. Rouby), Departamento de Anestesiologia e Cuidados Intensivos, Hospital Pitié-Salpêtrière, *Assistance Publique-Hôpitaux de Paris* – AP-HP, Assistência Pública-Hospitais de Paris – *Université Pierre et Marie Curie* – UPMC, Universidade Pierre e Marie Curie – Paris 6, Paris, França.

Qin Lu

Médico Assistente. Unidade de Terapia Intensiva Multidisciplinar (Prof. J.J. Rouby), Departamento de Anestesiologia e Cuidados Intensivos, Hospital Pitié-Salpêtrière, *Assistance Publique-Hôpitaux de Paris* – AP-HP, Assistência Pública-Hospitais de Paris – *Université Pierre et Marie Curie* – UPMC, Universidade Pierre e Marie Curie – Paris 6, Paris, França.

Paulo de Tarso Roth Dalcin

Professor Associado. Departamento de Medicina Interna, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre (RS) Brasil.