

Submitted: 08.10.2014

Accepted: 11.10.2014

Modele do nauczania ultrasonograficznej patologii płuc i torakocentezy

Models to teach lung sonopathology and ultrasound-guided thoracentesis

Jacek A. Wojtczak

Department of Anesthesiology, University of Rochester Medical Center, Rochester, New York, USA

Correspondence: Jacek A. Wojtczak, MD, PhD, Department of Anesthesiology, Box 604, University of Rochester School of Medicine and Dentistry, 601 Elmwood Ave, Rochester, New York 14642, USA, tel.: 585 275 2141, fax: 585 244 7271, e-mail: jack_wojtczak@urmc.rochester.edu

DOI: 10.15557/JoU.2014.0038

Słowa kluczowe

badanie USG płuc,
fantomy płuc
do badania USG,
umiejętność
przeprowadzania
zabiegu pod kontrolą
badania USG

Key words

lung ultrasound,
ultrasound lung
phantoms,
ultrasound-guided
procedural skills

Streszczenie

Badanie ultrasonograficzne płuc pozwala na szybkie (co jest bardzo istotne dla anestezyjologa) rozpoznanie stanów nagłych płuc, takich jak np. śródoperacyjna odma opłucnowa, obrzęk płuc czy krwiak opłucnej. Jednakże wymaga interpretacji nie tylko rzeczywistych obrazów, lecz także skomplikowanych artefaktów akustycznych, takich jak linie A i linie B. Tym ważniejsze jest właściwe szkolenie w celu uzyskania biegłości diagnostycznej. Środowisko symulowane, wykorzystujące fantomy, umożliwia naukę w kontrolowanych warunkach pod okiem specjalisty. Autor niniejszej pracy opracował modele hybrydowe, które łączą suchą lub moką piankę poliuretanową, szkielet świnięskiej klatki piersiowej oraz ludzką dłoń symulującą szkielet klaki piersiowej. Oddają one dość dokładnie ultrasonograficzny obraz patologii płucnych, umożliwiając dającą natychmiastowe rezultaty, nadzorowaną przez specjalistę naukę badania ultrasonograficznego płuc. Modele *in vitro* mogą także wspomóc naukę umiejętności zabiegowych, gdyż pozwalają na doskonalenie sposobu przyłożenia głowicy i igły oraz poruszania nimi, szybkiej orientacji w anatomii klatki piersiowej, a także koordynacji wzrokowo-manualnej. W artykule został opisany także nowy model służący do nauki torakocentezy, przeprowadzanej pod kontrolą badania ultrasonograficznego. Dłoń osoby przeprowadzającej badanie ułożona jest na powierzchni wody wypełniającej pojemnik z moką pianką poliuretanową. Kości śródreżca ludzkiej dłoni imitują żebra, natomiast mokra pianka imituje zajęte płuco zanurzone w płynie opłucnowym. Model ten zapewnia też warunki do nauki prawidłowego rozpoznania obecności płynu w jamie opłucnej.

Abstract

Lung sonography allows rapid diagnosis of lung emergencies such as pulmonary edema, hemothorax or pneumothorax. The ability to timely diagnose an intraoperative pneumothorax is an important skill for the anesthesiologist. However, lung ultrasound exams require an interpretation of not only real images but also complex acoustic artifacts such as A-lines and B-lines. Therefore, appropriate training to gain proficiency is important. Simulated environment using ultrasound phantom models allows controlled, supervised learning. We have developed hybrid models that combine dry or wet polyurethane foams, porcine rib cages and human hand simulating a rib cage.

These models simulate fairly accurately pulmonary sonopathology and allow supervised teaching of lung sonography with the immediate feedback. In-vitro models can also facilitate learning of procedural skills, improving transducer and needle positioning and movement, rapid recognition of thoracic anatomy and hand – eye coordination skills. We described a new model to teach an ultrasound guided thoracentesis. This model consists of the experimenter's hand placed on top of the water-filled container with a wet foam. Metacarpal bones of the human hand simulate a rib cage and a wet foam simulates a diseased lung immersed in the pleural fluid. Positive fluid flow offers users feedback when a simulated pleural effusion is accurately assessed.

Wstęp

Badanie ultrasonograficzne (USG) płuc jest niezbędnym komponentem badania USG płuc, serca i dolnej żyły głównej (*lung, cardiac, inferior vena cava, LCI*)⁽¹⁾. Nagłe stany płuc, takie jak obrzęk płuc czy odma opłucnowa, występują rzadko, dlatego odpowiednie szkolenie w środowisku symulowanym jest tak istotne. Opracowano więc modele imitujące obraz ultrasonograficzny patologii płucnych i pozwalające na kontrolowaną naukę USG płuc. W niniejszej pracy zaprezentowano również nowy model służący do nauki torakocentezy przeprowadzanej pod kontrolą USG.

Metody

Płuco jest narządem zawierającym zarówno komponentę tkankową, jak i powietrzną. Można to przedstawić za pomocą pianki poliuretanowej⁽²⁾, na której kładzie się preparaty szkieletu świńskiej klatki piersiowej (ryc. 1) bądź dłonie osób przeprowadzających badanie. Poprzeczny obraz USG kości śródreżca oraz tkanki znajdującej się pomiędzy nimi przypomina obraz żeber i przestrzeni międzyżebrowych.

Wyniki

Ryc. 1 A pokazuje międzyżebrowy obraz USG zastosowanej pianki poliuretanowej z pojedynczym poprzecznym artefaktem rewerberacyjnym (a). Klatka żebrowa została uniesiona kilka centymetrów ponad piankę, aby imitować odnę opłucnową. Obraz USG przestrzeni międzyżebrowej (ryc. 1 B) ukazuje liczne poprzeczne artefakty rewerberacyjne (a). Podobne obrazy licznych artefaktów poprzecznych (**linii A**) zostały uzyskane po zeskanowaniu dłoni uniesionej ponad piankę (ryc. 2 A). Gdy część grzbietowa dłoni była kładziona na mokrej piance, linie A zanikały (ryc. 2 B). Jednakże zaczynały być widoczne w miarę schnięcia pianki (ryc. 2 C i E). Pojawiły się słabo zarysowane linie pionowe (**linie B**). Były one wyraźne, gdy zastosowano głowicę o wysokiej rozdzielczości – 15 MHz (ryc. 2 E). Badanie USG może wykluczyć odnę opłucnową przez zobrazowane ślizgania się (*sliding*) opłucnej trzewnej i ściennej. Objaw ten można przedstawić, przesuując grzbiet dłoni w jedną i drugą stronę na powierzchni pianki poliuretanowej lub metalowej płytki.

W niniejszym artykule opisano również nowy model służący do nauki torakocentezy pod kontrolą USG. Składają się nań: dłoń osoby przeprowadzającej badanie ułożona na powierzchni pojemnika napełnionego wodą oraz

Introduction

Lung sonography is an essential component of LCI (lung, cardiac, inferior vena cava) ultrasound exam⁽¹⁾. Lung emergencies in the operating room such as pulmonary edema or pneumothorax are low-incidence events. Therefore, appropriate training in a simulated environment is important. We have developed models that simulate pulmonary sonopathology and allow supervised teaching of lung sonography. We also describe a new model to teach an ultrasound guided thoracentesis.

Methods

Lung is a bi-compartmental (air and tissue) organ and can be modeled by a polyurethane foam⁽²⁾. Pig rib cages (fig. 1) or hands of the investigators (fig. 2) were placed on polyurethane foams. Transverse sonograms of the metacarpal bones of the hand and images of intermetacarpal tissue resemble sonographic images of ribs and intercostal spaces.

Results

Fig. 1 A shows an intercostal sonogram of the foam with a single horizontal reverberation artifact (a). To simulate pneumothorax the rib cage was elevated few centimeters above the polyurethane foam. An intercostal sonogram (fig. 1 B) shows multiple horizontal reverberation artifacts (a). Similar images of multiple horizontal artifacts (**A-lines**) were obtained during scanning of the hand elevated above the foam (fig. 2 A). When the dorsum of hand was placed on the wet foam A-lines disappeared (fig. 2 B) but began to reappear during drying of the foam (figs. 2 C and E). Faint vertical lines (**B-lines**) appeared. They were well visualized when a high resolution (15 MHz) transducer was used (fig. 2 E). Sonography can rule out pneumothorax by visualizing sliding visceral and parietal pleurae. We could demonstrate this sign by sliding the dorsum of hand back and forth on the surface of a PU foam or a metal plate.

In this study we also describe a new model to teach ultrasound guided thoracentesis. This model consists of the experimenter's hand placed on top of the water-filled container with a wet foam. Metacarpal bones of the human hand simulate a rib cage and a wet foam simulates a diseased lung immersed in the pleural fluid (fig. 3).

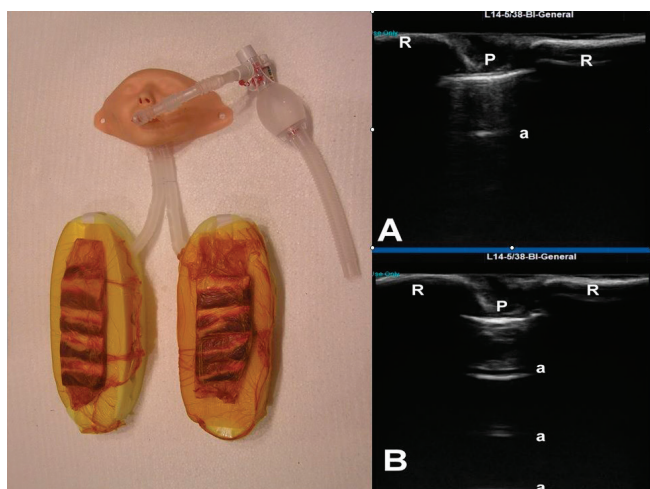
mokra pianka poliuretanowa umieszczona w tym pojemniku. Kości śródreżca ludzkiej dłoni imitują szkielet klatki piersiowej (żebra), natomiast mokra pianka – zajęte płuco zanurzone w płynie opłucnowym (ryc. 3).

Omówienie

Badanie USG płuca ze zmianami patologicznymi wymaga interpretacji zarówno rzeczywistych obrazów, jak i artefaktów, takich jak linie A (odbicie wiązki od opłucnej) i linie B (odbicia pomiędzy wypełnionymi płynem lub powietrzem pęcherzykami). Linie A bywają zauważalne w zdrowym płucu, jednakże ich liczba gwałtownie wzrasta w przypadku odmy opłucnowej. Ta różnica ilościowa może stanowić trudność dla osoby, która dopiero zaczyna wykonywać badania USG płuca, lecz łatwo się nauczyć ją rozpoznawać, korzystając z opisanego modelu. Wykorzystanie ludzkiej

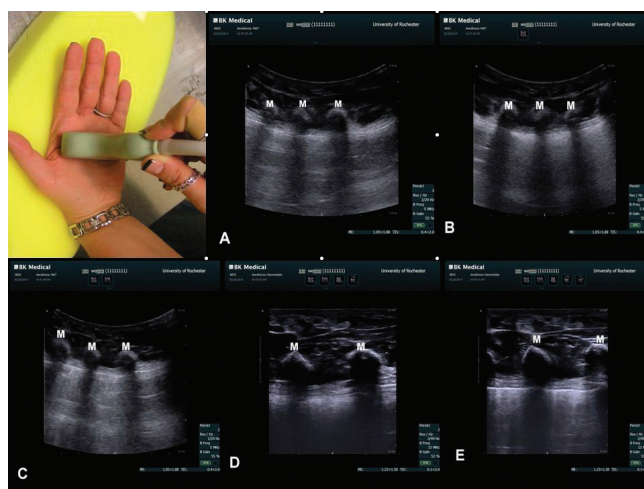
Discussion

Sonographic exam of the pathological lung requires interpretation of real images and artifacts such as A-lines (beam reflections from the pleura) and B-lines (beam reflections between fluid-filled or air-filled alveoli). A-lines can be visualized in the normal lung but their number increases dramatically during pneumothorax. This quantitative difference can be confusing to the novice lung sonographer but can be easily taught in our model. The use of human hand to simulate a sonogram of a rib cage has been described before⁽³⁾. The authors used sliding fingers across the dorsum of hand to simulate lung sliding. In this study we have combined the use of human hand with the use of dry or wet PU foams simulating normal or fluid overloaded lungs and lung sliding sign. Both our models produced images that accurately depict sonopathology of the lung.



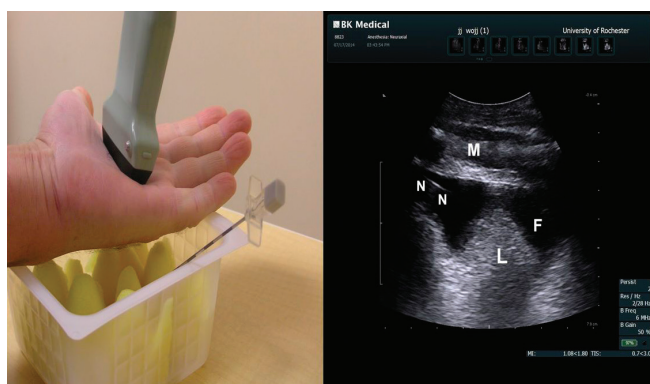
Ryc. 1. Hybridowy model symulacyjny płuca (pianka z zamocowanym szkieletem klatki piersiowej świni zawiniętym w folię chirurgiczną Ioban™). **A.** Obraz USG pianki uzyskany w przestrzeni międzyżebrowej. R – żebro (rib), P – opłucna (pleura), a – linia A. **B.** Klatka szkieletowa (żebra) uniesiona ponad piankę (odma opłucnowa)

Fig. 1. The hybrid simulation model of the lung (foams with the attached pig rib cages wrapped in the Ioban™ dressing). **A.** An intercostal sonogram of the foam. R – rib, P – pleura, a – A-line. **B.** The rib cage elevated above the foam (= pneumothorax)



Ryc. 2. Badanie przeprowadzone po wewnętrznej stronie dłoni. M – kości śródreżca (metacarpal bones). **A.** Dłoń uniesiona ponad piankę (odma opłucnowa). Dłoń na mokrej (**B i D**) oraz prawie suchej powierzchni pianki (**C i E**)

Fig. 2. Scanning of the palmar aspect of the hand (M – metacarpal bones). **A.** The hand elevated above the foam (pneumothorax). The hand on the surface of wet (**B and D**) and almost dry foams (**C and E**)



Ryc. 3. Model torakocentezy. Dłoń przeprowadzającego eksperyment jest ułożona na powierzchni pojemnika wypełnionego wodą, zawierającego mokrą piankę (panel lewy). Obraz USG (panel prawy) kości śródreżca (M – metacarpal bones) ludzkiej ręki naśladujących żebra w klatce piersiowej, pod nimi mokra pianka imitująca zajęte płuco (L – lung) zanurzone w płynie opłucnowym (F – fluid); N – igła (needle)

Fig. 3. Thoracentesis model. The experimenter's hand is placed on top of the fluid-filled container with a wet foam (left panel). A sonogram (right panel) of metacarpal bones (M) of the human hand which simulate a rib cage and a wet foam underneath simulates a diseased lung (L) that is immersed in the pleural fluid (F); N – needle

dłoni do imitacji obrazu USG szkieletu klatki piersiowej (żeber) było już wcześniej opisywane w literaturze⁽³⁾. Należy przesunąć palce ruchem ślizgającym w poprzek grzbietu dłoni, by dokonać symulacji ślizgania się płuc. W opisanym badaniu połączono zastosowanie ludzkiej dłoni z wykorzystaniem suchej lub mokrej pianki poliuretanowej w celu symulacji prawidłowych lub wypełnionych płynem płuc, a także objawu ślizgania płuc. Oba zaproponowane modele dały obrazy USG, które odpowiadają obrazowi patologicznie zmienionego płuca.

Pewne zabiegi przeprowadzane pod kontrolą badania USG wymagają ze względów bezpieczeństwa wstępnego szkolenia na modelach zwierzęcych lub fantomach. Modele *in vitro* mogą ułatwić naukę technik skanowania oraz udoskonalić koordynację wzrokowo-manualną. W przypadku fantomów wykonanych z elastomerów, wykorzystywanych zazwyczaj do takiego szkolenia, problem stanowi fakt, że brak im właściwości charakterystycznych dla tkanek. Ponadto są one kosztowne i szybko ulegają zużyciu, ostatecznie stając się niezdadne do użytku ze względu na ślady po wkłuciach. Model do nauki torakocentezy zaprezentowany w niniejszej pracy jest prosty, tani i łatwy do sporządzenia. Kości śródreżca ludzkiej dłoni z powodzeniem naśladują żebra w klatce piersiowej, jednak przy minimalnym dodatkowym koszcie można w tym modelu zastąpić rękę żebrami zwierzęcymi z mięśniami międzyżebrowymi, umieszczonymi na powierzchni pojemnika wypełnionego wodą zawierającego mokłą piankę imitującą zajęte płuco. Igła do torakocentezy może być wówczas wprowadzana przez mięśnie ponad żebrzem.

Konflikt interesów

Autor nie zgłasza żadnych finansowych ani osobistych powiązań z innymi osobami lub organizacjami, które mogłyby negatywnie wpłynąć na treść publikacji oraz rościć sobie prawo do tej publikacji.

Piśmiennictwo / References

1. Vopicelli G: Lung sonography. *J Ultrasound Med* 2013; 32: 165–171.
2. Soldati G, Copetti R, Sher S: Sonographic interstitial syndrome: the sound of lung water. *J Ultrasound Med* 2009; 28: 163–174.
3. Shokoohi H, Boniface K: Hand ultrasound: a high-fidelity simulation of lung sliding. *Acad Emerg Med* 2012; 19: E1079–E1083.

Several ultrasound guided procedures require, for safety reasons, initial training in animal models or phantoms. In-vitro models can facilitate learning of scanning techniques and hand-eye coordination skills. The elastomeric phantoms that are usually used for training lack tissue feedback, are expensive, rapidly deteriorate and become unusable due to needle tracks. The thoracentesis model presented in this study is simple, inexpensive and easy to assemble. Metacarpal bones of the human hand convincingly simulate a rib cage, but at a minimal extra cost can be replaced by animal ribs with intercostal muscles placed on top of the water-filled container with a wet foam simulating a diseased lung. The thoracentesis needle can then be inserted through the muscles above the rib.

Conflict of interests

The author do not report any financial or personal links with other persons or organizations, which might negatively affect the content of this publication and claim authorship rights to this publication.