

Submitted: 04.02.2015

Accepted: 06.03.2015

Czy odma otrzewnowa to *terra ignota* w ultrasonografii?

Is pneumoperitoneum the *terra ignota* in ultrasonography?

Andrzej Smereczyński, Katarzyna Kołaczyk

International Center for Hereditary Neoplasms, Department of Genetics and Pathomorphology of the Pomeranian Medical University in Szczecin, Poland
Correspondence: Prof. Andrzej Smereczyński, MD, PhD, Wojciechowskiego 6 A, 71-476 Szczecin, Poland, tel.: +48 91 454 22 17, e-mail: andrzejsmerezczynski@onet.eu

DOI: 10.15557/JoU.2015.0016

Słowa kluczowe

odma otrzewnowa,
ultrasonografia,
anestezjologia,
intensywna terapia,
medycyna ratunkowa

Streszczenie

Większość przypadków odmy otrzewnowej jest spowodowana perforacją przewodu pokarmowego, co zazwyczaj wymaga leczenia chirurgicznego. W opinii wielu autorów rozpoznanie ultrasonograficzne *pneumoperitoneum* za pomocą badania USG jest co najmniej tak samo skuteczne jak przy wykorzystaniu konwencjonalnej radiografii, a nawet ją przewyższa. W tej sytuacji imperatywem będzie dążenie, aby metoda ta znalazła się w pierwszym rzędzie arsenału diagnostycznego medycyny ratunkowej. Ten właśnie cel przyświeca niniejszej pracy. Na wstępie omówiono anatomię ultrasonograficzną tzw. pogranicza piersiowo-brzusznego. W wymaganiach aparaturowych podkreślono, że do tego typu diagnostyki wystarczy najprostsz ultrasonograf przenośny, nawet bez modułu dopplerowskiego. Metodyka badania USG ukierunkowanego na poszukiwanie wolnego powietrza w jamie otrzewnej także jest prosta i prowadzona w pozycji leżącej pacjenta, zarówno na plecach, jak i na obu bokach. Głowicę konweksową o częstotliwości 3,5–5 MHz przykładą się nad dolne przestrzenie międzyżebrowe po stronie prawej i lewej, w nadbrzuszu pod wyrostkiem mieczykowatym mostka oraz w różnych miejscach powłok brzusznych. Jednak najskuteczniejszy jest model badania w ułożeniu pacjenta na boku lewym ze skanowaniem USG przez międzyżebra prawe. W różnicowaniu pod przeponą po stronie prawej należy uwzględnić obecność ropnia podprzeponowego z gazem i ropnia wątroby z podobną zawartością w tej okolicy oraz tzw. interpozycję okrężnicy między przeponą a wątrobą (zespół Chilaiditiego). Wydaje się, że byłoby uzasadnione wprowadzenie do metody E-FAST modelu badania USG w celu wykrycia wolnego gazu w jamie otrzewnej, ponieważ objaw ten u wielu chorych jest zwiastunem perforacji przewodu pokarmowego i ma podobne znaczenie kliniczne jak wolny płyn.

Key words

pneumoperitoneum,
ultrasonography,
anesthesiology,
intensive care,
emergency medicine

Abstract

In most cases, pneumoperitoneum is caused by gastrointestinal perforation, which usually requires surgical treatment. Many authors believe that ultrasound imaging of pneumoperitoneum is at least as effective as conventional radiography, or even that its efficacy is superior. In such a situation, it is imperative to make this modality one of the main tools in the diagnostic arsenal of emergency medicine. This is the main aim of this paper. First, ultrasound anatomy of so-called *thoracic-abdominal border* is discussed. The equipment requirements emphasize that the diagnostic process can be conducted with the simplest portable US scanner, even without the Doppler mode. The technique of a US examination,

the aim of which is to detect, free air in the peritoneal cavity is also simple and conducted with the patients lying down, either in the supine or lateral position. A convex transducer with the frequency of 3.5–5 MHz is applied above the lower intercostal spaces on the right and left side, to the epigastric region below the xiphoid process and in various sites of the abdominal wall. The most effective examination, however, is conducted in the left lateral position via the right intercostal spaces. The differential diagnosis on the right side under the diaphragm should include the presence of a subdiaphragmatic abscess with gas and a hepatic abscess with a similar content as well as transposition of the colon in between the diaphragm and the liver (Chilaiditi syndrome). It seems that the inclusion of a US examination to the E-FAST method in order to detect free gas in the peritoneal cavity is justified since it is a sign of gastrointestinal perforation in numerous cases, and is clinically as relevant as the presence of free fluid.

Na obecnym etapie rozwoju medycyny trudno sobie wyobrazić, aby zabrakło ultrasonografii. Jej wszechstronne zalety sprawiły, że została zaadaptowana dla potrzeb wszystkich specjalności klinicznych. Skoro ultrasonografię, w przeciwieństwie do innych metod obrazowania, można wykonywać w ekstremalnych warunkach zewnętrznych (np. na miejscu wypadku, w kopalni, w strefie przyfrontowej, na statku kosmicznym, w łodzi podwodnej, w śmigłowcu, przy łóżku itd.) i wewnętrznych (ultrasonografia endoskopowa, laparoskopowa, śródoperacyjna), nie dziwi fakt jej silnej pozycji w anestezjologii, intensywnej terapii i medycynie ratunkowej^(1–6). Mimo że gaz wykazuje właściwości fizyczne znacznie ograniczające propagację ultradźwięków, stał się ważnym elementem diagnostyki ultrasonograficznej⁽⁷⁾. Przeprowadziwszy analizę wskazania do tego badania w przypadkach nagłych, uważamy, że rzadko uwzględnia się takie schorzenia jak odma otrzewnowa, odma śródpiersiowa, odma osierdziowa i uszkodzenia mostka^(8–12). Biorąc pod uwagę nasze ponad 20-letnie doświadczenie, pragniemy przypomnieć znaczenie ultrasonografii w diagnostyce *pneumoperitoneum*^(13–16), w celu poszerzenia spektrum diagnostycznego tej metody, szczególnie w medycynie ratunkowej.

Na wstępie wypada podkreślić fundamentalne znaczenie pracy na ten temat autorstwa Seitz'a i Reising'a z 1982 r., często pomijanej w piśmiennictwie⁽¹⁷⁾. Badacze ci jako pierwsi udowodnili możliwość wykazania za pomocą USG nawet 1 ml powietrza u pacjentów z wodobrzuszem. Obecnie taką ilość tego gazu w jamie otrzewnej udaje się rozpoznać bez puchliny brzusznej (ryc. 1). W następnych latach ukazał się szereg prac, które w pełni potwierdziły ustalenia Seitz'a i Reising'a co do przydatności ultrasonografii w diagnostyce odmy otrzewnowej^(8,18–27). Ponieważ podstawowym sposobem wykazania tego objawu jest poszukiwanie powietrza pod przeponą, najpierw należy przyswoić sobie topografię tej okolicy u osób zdrowych. W tym miejscu warto przywołać nasze wcześniejsze ustalenia⁽¹³⁾. Pogranicze piersiowo-brzuszne charakteryzuje się obecnością przepony, która po stronie prawej oddziela powietrzne płuco od wątroby (ryc. 2), a po stronie lewej powietrzne płuco od śledziony (ryc. 3). Przepona w warunkach prawidłowych wykazuje typowe zachowanie, a więc w czasie wdechu grubieje, natomiast w wydechu się zwęża (ryc. 2 i 3). Trzeba jednak wiedzieć, jakie elementy anatomiczne składają się na określenie „przepona”. Od strony płuc występują w następującej kolejności: dwie równoległe linie hiperechogeniczne utworzone przez dwie blaszki opłucnej ściennej (zębrową

It is hard to imagine contemporary medicine without ultrasonography. Thanks to its comprehensive advantages, this method has been adapted to all medical specializations. Since, in contrast with other imaging techniques, ultrasonography can be conducted in extreme external conditions (e.g. at a site of an accident, in a mine, at the frontline, at a spacecraft, in a submarine, in a helicopter, at the bedside etc.) and in internal conditions (endoscopic, laparoscopic, intraoperative ultrasound), its strong role in anesthesiology, intensive care and emergency medicine is not surprising^(1–6). Although gas has physical properties that considerably limit ultrasound propagation, it has become an important element of ultrasound imaging⁽⁷⁾. Having conducted the analysis of indications for this examination in emergency situations, the authors concluded that conditions such as pneumoperitoneum, pneumomediastinum, pneumopericardium and sternum injuries are rarely included^(8–12). Taking into account 20 years of experience, we wish to remind the readers about the role of ultrasonography in the diagnosis of pneumoperitoneum^(13–16) in order to widen the diagnostic spectrum of this method, particularly in emergency medicine.

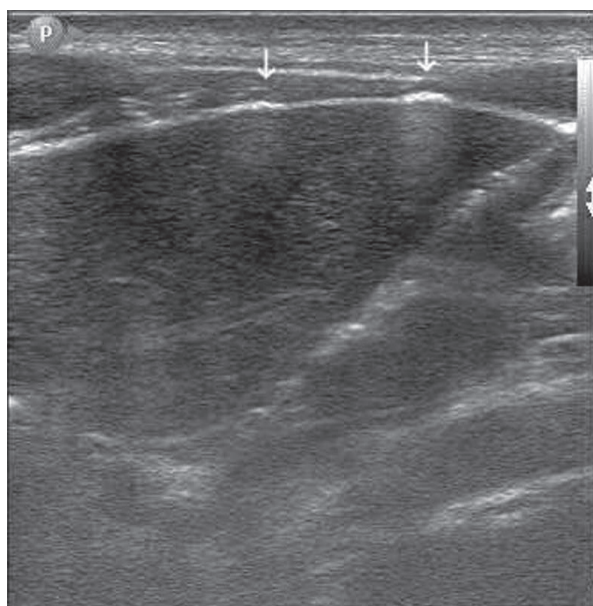
To begin with, the fundamental significance of the paper by Seitz and Reising from 1982, which is frequently omitted in references, must be emphasized⁽¹⁷⁾. These authors were the first to demonstrate the US ability to detect even 1 ml of air in patients with ascites. Currently, such an amount of this gas in the peritoneal cavity can be detected without the presence of ascites (Fig. 1). In the subsequent years, a range of other publications confirmed Seitz and Reising's observations concerning the usefulness of ultrasonography in pneumoperitoneum diagnosis^(8,18–27). Since the basic way to show this sign is to search for air under the diaphragm, the first thing to do is to become familiar with the normal topography of this region. This is the right place to refer to our previous observations⁽¹³⁾. The thoracic-abdominal border is characterized by the presence of the diaphragm, which on the right side separates the aerated lung from the liver (Fig. 2), and on the left side – the aerated lung from the spleen (Fig. 3). In normal conditions, the diaphragm demonstrates a typical behavior: it gets thicker on inspiration and thinner on expiration (Fig. 2 and 3). However, one must be familiar with the anatomic structures that compose what we call “the diaphragm.” These elements can be observed from the side of the lungs in the following order: two parallel hyperechoic lines representing two

i przeponową), skupione w zatoce żebrowo-przeponowej, mięsień przepony o niższej echogeniczności, tłuszcz nadotrzewnowy (hipoechogeniczny) i otrzewna przeponowa (linia hiperechogeniczna) (ryc. 4). Najbardziej zmienny pod względem grubości jest tłuszcz nadotrzewnowy, który u osób otyłych może imponować swym depozytem. Jednak ogólnie przepona w tej okolicy tworzy pasmo hipoechogeniczne, które oddziela od siebie jamę opłucnej od jamy otrzewnej. Pogranicze piersiowo-brzuszne charakteryzuje się „schodkiem” tkankowym, spowodowanym obecnością przegrody, jaką tworzy przepona. W nakreślonej sytuacji zarówno wątroba, jak i śledziona zawsze będą znajdowały się pod przeponą i w tym właśnie miejscu będzie zlokalizowany gaz w przypadkach *pneumoperitoneum* (ryc. 5 i 6). Należy dodać, że ocena tego objawu po stronie lewej bywa utrudniona u osób starszych, u których śledziona staje się narządem inwolucyjnym, natomiast jej miejsce zajmuje okrężnica. Taka sytuacja może być powodem fałszywie dodatniego rozpoznania odmy otrzewnowej.

Do wykrycia odmy otrzewnowej wystarczy najprostszy ultrasonograf przenośny bez modułu dopplerowskiego, wyposażony w głowicę konweksową o częstotliwości 3,5–5 MHz. Małe pęcherzyki gazu będą lepiej obrazowane głowicą liniową o częstotliwości 7,5 MHz. Technikę badania można skrócić do najprostszego modelu, polecanego przez większość autorów^(8,14–16,18–21,23–27). Mianowicie po ułożeniu

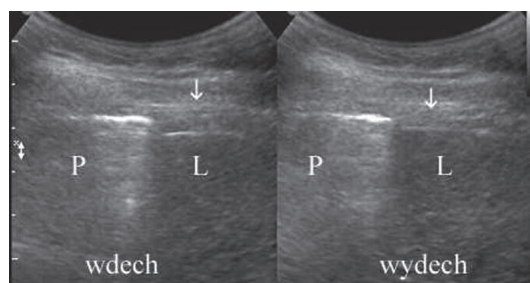
portions of the parietal pleura (costal and diaphragmatic) focused in the phrenicocostal sinus, the diaphragmatic muscle of lower echogenicity, peritoneal fat (hypoechoic) and diaphragmatic peritoneum (hyperechoic line) (Fig. 4). The peritoneal fat is the most changeable element in terms of thickness. In obese patients, its deposition might be impressive. Generally, however, the diaphragm in this region creates a hypoechoic band that separates the pleural cavity from the peritoneal cavity. The thoracic-abdominal border is characterized by a tissue “step” caused by the presence of the barrier created by the diaphragm. In such a situation, both the liver and spleen will always be situated below the diaphragm and gas in pneumoperitoneum will always be found in these localizations (Fig. 5 and 6). It must be added that the assessment of this sign on the left side can be difficult in elderly patients due to the involution of spleen which is replaced by the colon. Such a situation can lead to a false positive diagnosis of pneumoperitoneum.

The simplest US scanner without the Doppler mode and outfitted with a convex probe with the frequency of 3.5–5 MHz, is sufficient to detect pneumoperitoneum. However a linear probe with the frequency of 7.5 MHz enables better visualization of small gas bubbles. The technique of the examination can be reduced to the simplest model, recommended by most authors^(8,14–16,18–21,23–27).



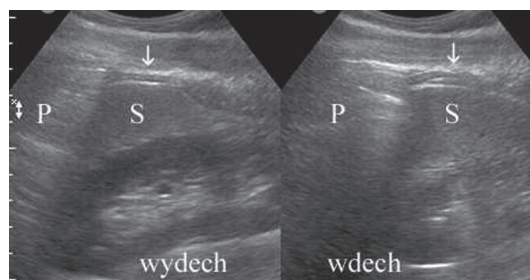
Ryc. 1. Nad wątrobą widoczne są dwa małe pęcherzyki powietrza (strzałki)

Fig. 1. Two small air bubbles (arrows) above the liver



Ryc. 2. Pogranicze piersiowo-brzuszne prawe w czasie wydechu i wdechu. Strzałki wskazują przeponę. P – powietrzne płuco, L – wątroba

Fig. 2. Right thoracic-abdominal border during expiration and inspiration. Arrows point to the diaphragm. P – aerated lung; L – liver

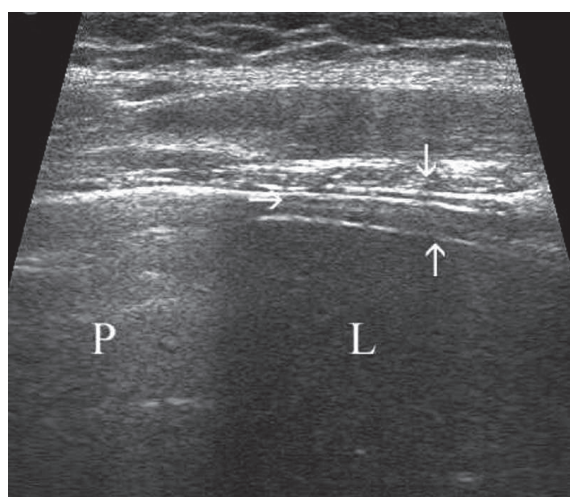


Ryc. 3. Pogranicze piersiowo-brzuszne lewe w czasie wydechu i wdechu. Strzałki wskazują przeponę. P – powietrzne płuco, S – śledziona

Fig. 3. Left thoracic-abdominal border during expiration and inspiration. Arrows point to the diaphragm. P – aerated lung; S – spleen

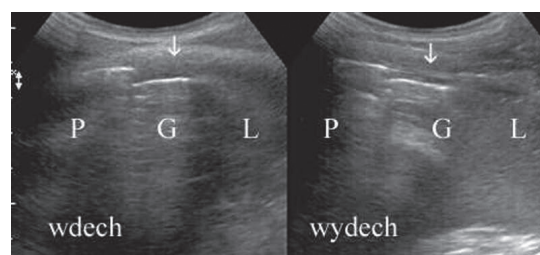
pacjenta na lewym boku przykładą się głowicę wzdłuż przebiegu dolnych międzyżebry po stronie prawej. Po odszukaniu opisanego wcześniej pogranicza piersiowo-brzusznego (uskok tkankowy na granicy płuca i wątroby) wypatruje się powietrza pod przeponą w kolejnych międzyżebrych, ponieważ może ono występować w niewielkiej ilości, w postaci pojedynczych pęcherzyków (ryc. 1). W zależności od objętości zgromadzonego gazu będzie się on manifestował innym rodzajem rewerberacji. Przy większej ilości powoduje identyczne zjawisko jak powietrzne płuco, czyli artefakt wielokrotnych odbić (ryc. 5), przy mniejszej ilości obserwuje się występowanie brudnego cienia akustycznego, natomiast pęcherzyki gazu ujawniają się ogniskowym zgrubieniem pasemka otrzewnej ściennej z następującą delikatną jasną poświatą (ryc. 1)⁽²²⁾. Z chwilą podejrzenia obecności powietrza układa się pacjenta na plecy, stale trzymając głowicę w pierwotnym miejscu. Zniknięcie powietrza z tej okolicy potwierdza jego wolny charakter (swobodna przesuwalność). W próbie tej chodzi też o wykluczenie gazu w ropniu podprzeponowym i w ropniu wątroby położonym pod torebką w tej okolicy. W podobny sposób badanie jest przeprowadzane po stronie lewej nad śledzioną, ale wówczas pacjent ułożony jest na boku prawym. W przypadkach, kiedy chory może przyjąć tylko pozycję w ułożeniu na plecach, głowicę przykładą się w nadbrzuszu pod wyrostkiem mieczykowatym. W tym miejscu jako tło do wykazania powietrza w jamie otrzewnej wykorzystuje się płat lewy

Namely, having positioned the patient on the left side, the transducer is applied along the lower intercostal spaces on the right side. When the aforementioned thoracic-abdominal border has been found (the tissue "step" at the border of the lung and liver), air is looked for under the diaphragm in the subsequent intercostal spaces, as it can be present in slight amounts in the form of single bubbles (Fig. 1). Depending on the volume of accumulated gas, it will manifest itself with various types of reverberation. At larger amounts, it causes an identical phenomenon to that of the aerated lung, i.e. multiple reverberations (Fig. 5). At smaller amounts, dirty acoustic shadow is observed and gas bubbles present themselves as focal thickening of the parietal peritoneum band with subsequent gentle, bright glow (Fig. 1)⁽²²⁾. When the presence of air is suspected, the patient should be positioned on their back, keeping the head in the previous position. The disappearance of air from this localization confirms its free character (free movability). This test is also conducted to rule out gas in subdiaphragmatic or hepatic abscesses localized under the capsule in this area. The examination is similar on the left side above the spleen, but the patient is then positioned on the right side. If patients can only assume the supine position, the transducer should be applied to the epigastric region under the xiphoid process. In such a situation, the left liver lobe is used as the background for visualizing air in the peritoneal cavity



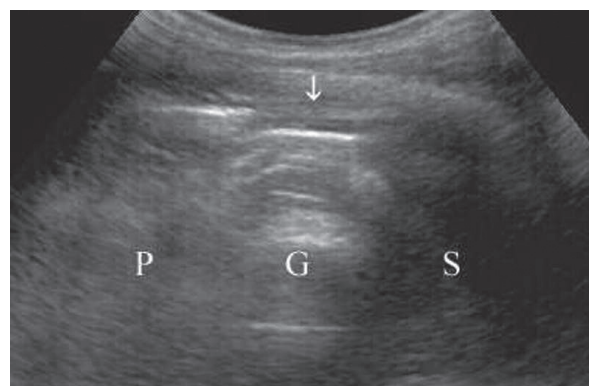
Ryc. 4. Zatoka żebrowo-przeponowa na obrazie powiększonym. Strzałka górna wskazuje dwie równoległe linie hiperechoiczne – to opłucna ścienna (żebrowa pierwsza, przeponowa druga). Strzałka dolna wskazuje otrzewną ścienną (linia hiperechoiczna). Strzałka pozioma znajduje się na poziomie mięśnia przepony (pasma o niższej echogeniczności). Między nim a otrzewną ścienną widoczna jest warstwa tłuszczu nadotrzewnowego (hipoechoiczna)

Fig. 4. Phrenicocostal sinus – a magnified image. The upper arrow indicates two parallel hyperechoic lines representing the parietal pleura (costal and diaphragmatic). The lower arrow points to the parietal peritoneum (hyperechoic line). The horizontal arrow is placed at the level of the diaphragmatic muscle (band of lower echogenicity). A layer of peritoneal fat (hypoechoic) is visible between the muscle and parietal peritoneum



Ryc. 5. Pod przeponą po stronie prawej (strzałki). P – powietrzne płuco, G – powietrze, L – wątroba

Fig. 5. Under the diaphragm on the right side (arrows). P – aerated lung; G – air; L – liver

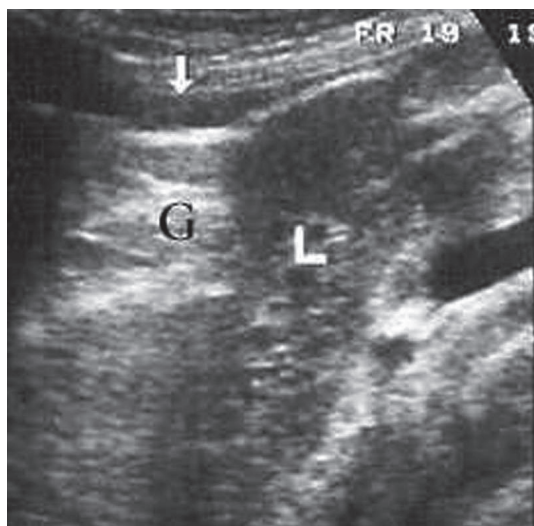


Ryc. 6. Pod przeponą po stronie lewej (strzałka). P – powietrzne płuco, G – powietrze, S – śledziona

Fig. 6. Under the diaphragm on the left side (arrow). P – aerated lung; G – air; S – spleen

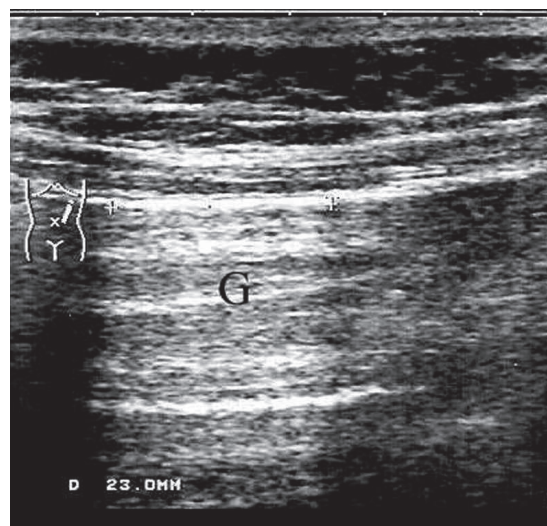
wątroby (ryc. 7)⁽¹⁷⁾. Sytuacja staje się trudna u osób z hipoplazją tej części wątroby i u starszych mężczyzn, u których można spotkać też mały płat lewy wątroby. W tych przypadkach gaz w żołądku lub w okrężnicy poprzecznej można uznać za *pneumoperitoneum*. Pomocne bywa obrazowanie przy głębokim wdechu i skierowanie wiązki ultradźwiękowej na płat lewy wątroby. Ponadto powietrze można rozpoznać również pod powłokami, oceniając je w różnych miejscach (ryc. 8)⁽²²⁾. Warto dodać, że w okolicy nadbrzusza prawego można się spodziewać przemieszczenia okrężnicy między przeponą a wątrobą (*interpositio hepatodiaphragmatica coli* – zespół Chilaiditiego). W tych przypadkach brakuje klinicznych objawów perforacji przewodu pokarmowego, a przy uważnym badaniu udaje się wykryć charakterystyczne cechy okrężnicy, jakimi są haustry (ryc. 9); zmiana pozycji ciała nie wpływa na przemieszczenie gazu^(28,29). Przy typowym obrazie klinicznym tzw. ostrego brzucha *pneumoperitoneum* jest najczęściej objawem perforacji żołądka lub dwunastnicy, a po urazie pęknięciem jelita. Doświadczony ultrasonografista w 80% przypadków jest w stanie wykryć miejsce przebicia (ryc. 10)^(15,16). W wielu badaniach porównujących skuteczność radiografii konwencjonalnej z ultrasonografią w rozpoznawaniu powietrza w jamie otrzewnej

(Fig. 7)⁽¹⁷⁾. Problems are encountered in patients with hypoplasia of this part of the liver and in elderly men, in whom the left liver lobe may be small. In such cases, gas in the stomach or transverse colon may be interpreted as pneumoperitoneum. Imaging upon deep inspiration and directing the ultrasound beam at the left liver lobe may be helpful. Moreover, air can also be detected under the integuments, by assessing it in various places (Fig. 8)⁽²²⁾. It must be added that in the right epigastric region, the colon can be interposed in between the diaphragm and liver (*interpositio hepatodiaphragmatica coli* – Chilaiditi syndrome). In such cases, there are no clinical signs of gastrointestinal perforation, and detailed examination reveals the typical image of the colon, i.e. haustra (Fig. 9). Moreover, a change in the body position does not cause gas movement^(28,29). In a typical clinical picture of so-called acute abdomen, pneumoperitoneum is usually a sign of gastric or duodenal perforation, or intestinal rupture after trauma. An experienced ultrasonographer can detect the site of perforation in 80% of cases (Fig. 10)^(15,16). Numerous studies comparing the efficacy of conventional radiography with ultrasonography in diagnosing air in the peritoneal cavity, have revealed at least



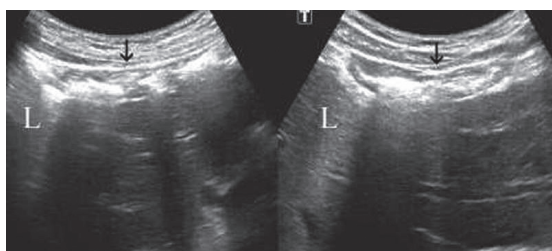
Ryc. 7. Powietrze (G) nad płatem lewym wątroby (L). Strzałka wskazuje przeponę

Fig. 7. Air (G) above the left liver lobe (L). The arrow points to the diaphragm



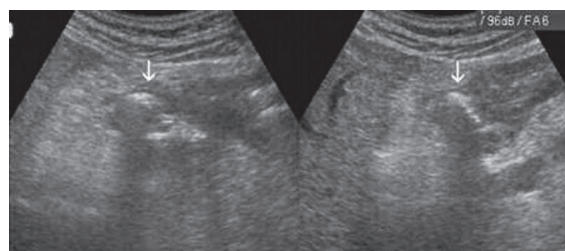
Ryc. 8. Wolne powietrze (G) pod powłokami brzuszными. Wskaźniki odległości określają szerokość zgromadzonego gazu

Fig. 8. Free air (G) under abdominal integuments. Distance indicators show the width of accumulated gas



Ryc. 9. Prawa część okrężnicy, położona między przeponą (strzałka) a wątrobą (L), pozoruje pneumoperitoneum

Fig. 9. Right part of the colon, located between the diaphragm (arrow) and liver (L), mimics pneumoperitoneum



Ryc. 10. Na dwóch przekrojach ujęto miejsce perforacji opuszki dwunastnicy (strzałki)

Fig. 10. Duodenal bulb perforation (arrows) presented in two sections

uzyskano co najmniej podobne wyniki diagnostyczne albo przeważała w nich ultrasonografia^(8,14,15,17–21,23–27).

Warto dodać, że wykonanie zdjęcia RTG w pozycji stojącej i na boku lewym oraz zdjęcia klatki piersiowej zazwyczaj wymaga około 30 minut. Wynika to z tego, że pacjent w danej pozycji powinien pozostać przez kilka minut, aby gaz przemieścił się w pożądaną okolicę⁽³⁰⁾. Na podstawie przytoczonych danych można przyjąć, że ultrasonografię należy traktować jako podstawową metodę w diagnostyce *pneumoperitoneum*. U pacjentów urazowych gaz w jamie otrzewnej będzie miał podobną wartość kliniczną jak płyn, ponieważ w obu tych stanach nierzadko konieczna bywa interwencja chirurgiczna⁽²²⁾. Jednak *pneumoperitoneum* po tępych urazach będzie świadczyło głównie o perforacji jelit, co ocenia się na 5–25% wszystkich uszkodzeń narządów jamy brzusznej^(31–33). W tych przypadkach ultrasonografia udowodniła akceptowalną przydatność w rozpoznawaniu wolnego gazu w jamie otrzewnej, osiągając czułość na poziomie 85,7% i specyficzność – 99,6%⁽⁸⁾. Natomiast przy uwzględnieniu wolnego płynu w jamie brzusznej jako jedyne kryterium uszkodzenia jelit czułość metody spada do 58%⁽³³⁾. Rozumując logicznie, można przyjąć, że łączne wykorzystanie w badaniu USG tych dwóch objawów (płynu i gazu) powinno zwiększyć skuteczność diagnostyczną metody u pacjentów po doznanych tępych urazach brzucha. Dlatego skróconą wersję badania ukierunkowanego na wykrycie *pneumoperitoneum* powinno się wprowadzić do metody E-FAST przez wykorzystanie miejsca obrazowania serca pod wyrostkiem mieczykowatym mostka do oceny sytuacji nad płatem lewym wątroby. Przy możliwości ułożenia pacjenta na lewym boku sytuacja obrazowania gazu pod przeponą po stronie prawej staje się optymalna.

Aby nabrać biegłości w tej dziedzinie, powinno się badać osoby po zabiegach laparoskopowych lub laparotomiach, u których dwutlenek węgla lub powietrze można stwierdzić w jamie otrzewnej przez kilka pierwszych dob po operacji.

Podsumowanie

Wydaje się, że uzasadnione byłoby wprowadzenie do metody E-FAST modelu badania USG w celu wykrycia wolnego gazu w jamie otrzewnej, ponieważ objaw ten u wielu chorych jest zwiastunem perforacji przewodu pokarmowego i ma podobną wartość kliniczną jak wolny płyn.

Konflikt interesów

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

similar diagnostic outcomes or demonstrated the superiority of ultrasonography^(8,14,15,17–21,23–27).

It must be added that X-ray in a standing position and in the left lateral position as well as chest X-ray usually takes approximately 30 minutes. This means that the patient must be still in a given position for several minutes to make gas move to the desired place⁽³⁰⁾. Based on the data presented, it can be assumed that ultrasonography should be treated as the basic method in diagnosing pneumoperitoneum. In trauma patients, gas in the peritoneal cavity is of similar clinical importance as fluid since both these conditions may require surgical intervention⁽²²⁾. However, pneumoperitoneum after a blunt trauma will mainly indicate bowel perforation, which is observed in 5–25% of all abdominal injuries^(31–33). In these cases, ultrasonography has proven its acceptable utility in diagnosing free gas in the peritoneal cavity, with the sensitivity at the level of 85.7% and specificity of 99.6%⁽⁸⁾. When, however, fluid in the abdominal cavity is considered as the only criterion of bowel damage, the sensitivity of the method decreases to 58%⁽³³⁾. Therefore, the logical conclusion is that the inclusion of both these signs (fluid and gas) in an ultrasound examination should increase its diagnostic efficacy in patients after blunt abdominal trauma. This is why the simplified version of the examination to detect pneumoperitoneum should be included to the E-FAST method by using the site for heart imaging under the xiphoid process of the sternum to assess the situation above the left liver lobe. When it is possible to position the patient of his or her left side, the imaging of gas under the diaphragm on the right side becomes optimal.

To gain proficiency in this technique, one should examine patients after laparoscopies or laparotomies, in whom carbon dioxide or air may be detected in the peritoneal cavity for several days after surgery.

Conclusion

It seems that the inclusion of a US examination to the E-FAST method in order to detect free gas in the peritoneal cavity is justified since it is a sign of gastrointestinal perforation, and is clinically as relevant as the presence of free fluid.

Conflict of interest

The authors 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.

Piśmiennictwo / References

- Jakubowski W (ed.): Standardy badań ultrasonograficznych Polskiego Towarzystwa Ultrasonograficznego. Roztoczańska Szkoła Ultrasonografii, Warszawa–Zamość 2011.
- Sobczyk D, Andruszkiewicz P, Andres J: Ultrasonografia w stanach zagrożenia życia i intensywnej terapii. Polska Rada Resuscytacji, Kraków 2012.
- Wojtczak JA, Cattano D: Ultrasonografia krtani i tchawicy jako metoda potwierdzenia właściwego umiejscowienia rurki intubacyjnej lub maski krtaniowej. *J Ultrason* 2014; 14: 362–366.
- Machała W, Wiśniewski T, Brzozowski R: Zastosowanie ultrasonografii w warunkach taktycznych na przykładzie Szpitala Polowego Polskiego Kontyngentu Wojskowego w Afganistanie. *J Ultrason* 2014; 14: 393–401.
- Darocha T, Gałązkowski R, Sobczyk D, Żyła Z, Drwiła R: Ultrasonografia *point-of-care* w trakcie wykonywania misji ratunkowych na pokładzie śmigłowca Lotniczego Pogotowia Ratunkowego. *J Ultrason* 2014; 14: 414–420.
- Andruszkiewicz P: Standardy badań ultrasonograficznych Polskiego Towarzystwa Ultrasonograficznego. Badanie ultrasonograficzne w anestezjologii i intensywnej terapii. *J Ultrason* 2014; 14: 406–413.
- Smereczyński A, Domański Z: Gaz jako czynnik wspierający rozpoznanie USG. *Pol Przegl Radiol* 1996; 61: 376–379.
- Moriwaki Y, Sugiyama M, Toyoda H, Kosuge T, Arata S, Iwashita M *et al.*: Ultrasonography for the diagnosis of intraperitoneal free air in chest-abdominal-pelvic blunt trauma and critical acute abdominal pain. *Arch Surg* 2009; 144: 137–141.
- Testa A, Cardelli M, Pignataro G, Costantini AM, Pirroni T, Silveri NG: Sonographic detection of spontaneous pneumomediastinum. *J Ultrasound Med* 2008; 27: 1507–1509.
- Russo A, Del Vecchio C, Zaottini A, Giangregorio C: Role of emergency thoracic ultrasonography in spontaneous pneumomediastinum. Two case report. *G Chir* 2012; 33: 285–296.
- Smereczyński A, Gabriel J: Złamanie mostka w obrazach USG. *Pol Przegl Radiol* 1996; 61: 216–218.
- Smereczyński A, Bojko S, Galdyńska-Kawecka M: Uszkodzenia mostka pasami bezpieczeństwa. *Pol Przegl Radiol* 2002; 67: 17–19.
- Smereczyński A, Gabriel J: Stosunki topograficzne połączenia piersiwo-brzuszowego w sonografii. *Pol Przegl Radiol* 1994; 58: 91–93.
- Smereczyński A, Gabriel J: Powietrze w jamie otrzewnej rozpoznawane sonograficznie. *Pol Przegl Radiol* 1994; 58: 94–96.
- Smereczyński A, Rupiński S: Powikłania wrzodów trawiennych obrazowane USG. *Pol Przegl Radiol* 1999; 64: 230–233.
- Smereczyński A, Bojko S, Galdyńska-Kawecka M: Sonografia w rozpoznawaniu odmy brzusznej. *Pol Przegl Radiol* 2002; 67: 79–80.
- Seitz K, Reising KD: Sonographischer Nachweis freier Luft in der Bauchhöhle. *Ultraschall Med* 1982; 3: 4–6.
- Chang-Chien CS, Lin HH, Yen CL, Lee CM, Lin SM: Sonographic demonstration of free air in perforated peptic ulcers: comparison of sonography with radiography. *J Clin Ultrasound* 1989; 17: 95–100.
- Lee DH, Lim JH, Ko YT, Yoon Y: Sonographic detection of pneumoperitoneum in patients with acute abdomen. *Am J Roentgenol* 1990; 154: 107–109.
- Meuwly JY, Fournier D, Hessler C, Schnyder PA: Sonographic diagnosis of pneumoperitoneum in twelve patients. *Eur Radiol* 1993; 3: 234–236.
- Braccini G, Lamacchia M, Boraschi P, Bertellotti L, Marrucci A, Goletti O *et al.*: Ultrasound versus plain film in the detection of pneumoperitoneum. *Abdom Imaging* 1996; 21: 404–412.
- Muradali D, Wilson S, Burns PN, Shapiro H, Hope-Simpson D: A specific sign of pneumoperitoneum on sonography: enhancement of the peritoneal stripe. *Am J Roentgenol* 1999; 173: 1257–1262.
- Chen CH, Yang CC, Yeh YH: Role of upright chest radiography and ultrasonography in demonstrating free air of perforated peptic ulcers. *Hepatogastroenterology* 2001; 48: 1082–1084.
- Chen SC, Yen ZS, Wang HP, Lin FY, Hsu CY, Chen WJ: Ultrasonography is superior to plain radiography in the diagnosis of pneumoperitoneum. *Br J Surg* 2002; 89: 351–354.
- Chen SC, Wang HP, Chen WJ, Lin FY, Hsu CY, Chang KJ *et al.*: Selective use ultrasonography for the detection of pneumoperitoneum. *Acad Emerg Med* 2002; 9: 643–645.
- Karahan OI, Kurt A, Yikilmaz A, Kahriman G: New method for the detection of intraperitoneal free air by sonography: scissors maneuver. *J Clin Ultrasound* 2004; 32: 381–385.
- Ghaffar A, Siddiqui TS, Haider H, Khatri H: Postsurgical pneumoperitoneum – comparison of abdominal ultrasound findings with plain radiography. *J Coll Physicians Surg Pak* 2008; 18: 477–480.
- Sato M, Ishida H, Konno K, Hamashima Y, Naganum H, Komatsuda T *et al.*: Chilaiditi syndrome: sonographic findings. *Abdom Imaging* 2000; 25: 397–399.
- Widjaja A, Gebel M, Bleck JS, Walter B, Mix H, Boozari B *et al.*: Sonographic diagnosis of an unusual recurrence of Chilaiditi syndrome after hemicolectomy. *Ultraschall Med* 2000; 21: 41–43.
- Marchiori DM: Radiologia kliniczna. Czelej, Lublin 1999.
- Nghiem HV, Jeffrey RB Jr, Midulzun RE: CT of blunt trauma to the bowel and mesentery. *Am J Roentgenol* 1993; 160: 53–58.
- Levine CD, Gonzales RN, Wachsberg RH, Ghanekar D: CT finding of bowel and mesenteric injury. *J Comput Assist Tomogr* 1997; 21: 974–979.
- Richards JR, McGahan JP, Simpson JL, Tabar P: Bowel and mesenteric injury: evaluation with emergency abdominal US. *Radiology* 1999; 211: 399–403.