

Otrzymano:
09.03.2016
Zaakceptowano:
04.07.2016
Opublikowano:
31.03.2017

Artefakt „zdwojonej aorty” w badaniu ultrasonograficznym – problem diagnostyczny

Double aorta artifact in sonography – a diagnostic challenge

Robert Hadzik¹, Przemysław Bombiński², Michał Brzewski²

¹ *Studenckie Koło Naukowe Ultrasonografii przy Zakładzie Radiologii Pediatricznej, Warszawski Uniwersytet Medyczny, Warszawa, Polska*

² *Zakład Radiologii Pediatricznej, Warszawski Uniwersytet Medyczny, Warszawa, Polska*

Adres do korespondencji: Robert Hadzik, Zakład Radiologii Pediatricznej, Warszawski Uniwersytet Medyczny, ul. Żwirki i Wigury 63, 02-091 Warszawa, tel.: +48 696 915 917, e-mail: robert.hadzik@wp.eu

DOI: 10.15557/JoU.2017.0005

Słowa kluczowe

ultrasonografia,
artefakty,
dziecko,
artefakt zdwojenia,
soczewka akustyczna

Key words

ultrasound,
artifacts,
child,
duplication artifact,
acoustic prism

Abstract

The double aorta artifact was described and studied thoroughly twenty-five years ago. Despite this, it is still not commonly known today and can cause diagnostic difficulty. Total aortic duplication can be considered an anatomic defect whilst partial duplication mimics aortic dissection. In the literature, this artifact has been compared with a very rare anomaly, i.e. the occurrence of two aortas in one patient. Currently, however, the differentiation of this artifact from abdominal aortic dissection seems to be of greater significance. The double aorta image occurs when ultrasound waves encounter prismatic fat tissue of the anterior abdominal wall. This artifact is more frequently observed in children and athletic young adults since the structure of this anatomic region in these individuals is conducive to the occurrence of this phenomenon. Moreover, it can be observed more often when curved transducers are used. Due to all these factors, an ultrasound beam undergoes greater refraction and make the artifact clearer. This phenomenon is usually easily recognizable and avoidable, but it sometimes might cause diagnostic difficulty. Obtaining an image of double abdominal vessels on ultrasound examination in transverse sections requires further inspection of the aorta in a different (sagittal) plane. This is not always possible due to poor patient preparation for scanning. Symmetrical flow on Doppler sonography is a typical feature of this artifact. Finally, magnetic resonance imaging or computed tomography can be considered to rule out a pathology.

Wstęp

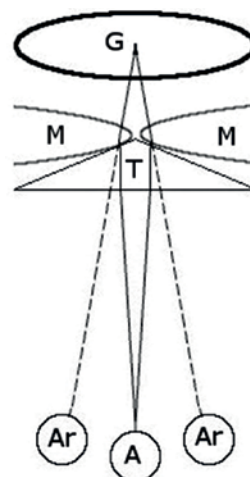
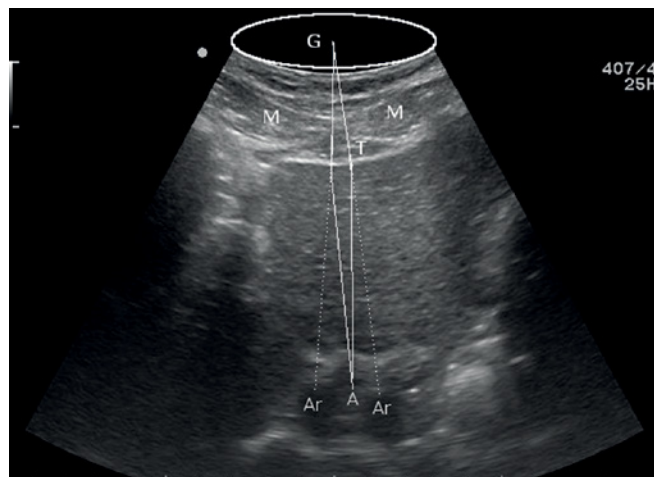
W badaniu ultrasonograficznym, jak w mało którym badaniu obrazowym, obserwuje się różnorodne artefakty. Od doświadczenia ultrasonografisty zależy ich rozpoznanie oraz prawidłowe zinterpretowanie obrazu. Artefaktami określamy echa, które nie odpowiadają żadnej strukturze anatomicznej. Powstają one na skutek założeń koniecznych do opracowania sygnału ultradźwiękowego, tj.:

- prędkość ultradźwięków we wszystkich narządach i strukturach jest taka sama;
- impulsy te rozchodzą się tylko w jednym kierunku, wzdłuż prostej (nie ulegają załamaniu);
- głowica wysyła ekstremalnie krótkie impulsy ultradźwiękowe;

- nieznaczna część wiązki ultradźwiękowej zostaje odbita/rozproszona na każdej powierzchni granicznej;
- odbite ultradźwięki wracają do głowicy bez dalszych odbić (bezpośrednio).

Natomiast zjawisko zdwojenia aorty powstaje, gdy nie zostały spełnione powyższe założenia. Kluczowe dla omawianego artefaktu są następujące fakty:

- poszczególne tkanki przewodzą ultradźwięki z różną prędkością;
- impulsy wysłane przez głowicę oraz powracające echa ulegają załamaniu na granicy sąsiadujących tkanek (nie rozchodzą się wzdłuż jednej prostej)⁽¹⁾.

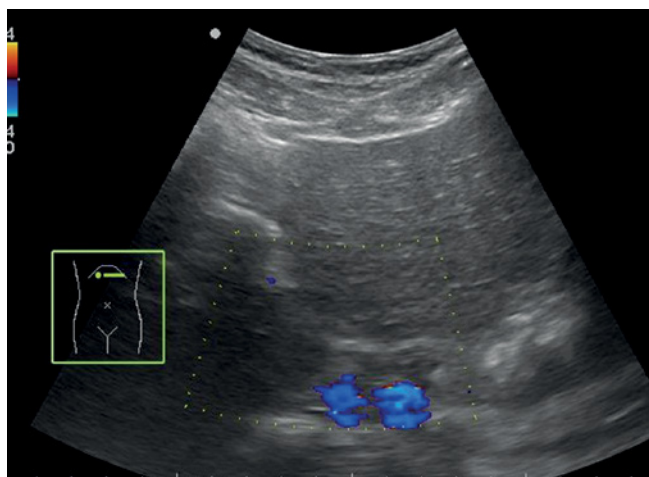
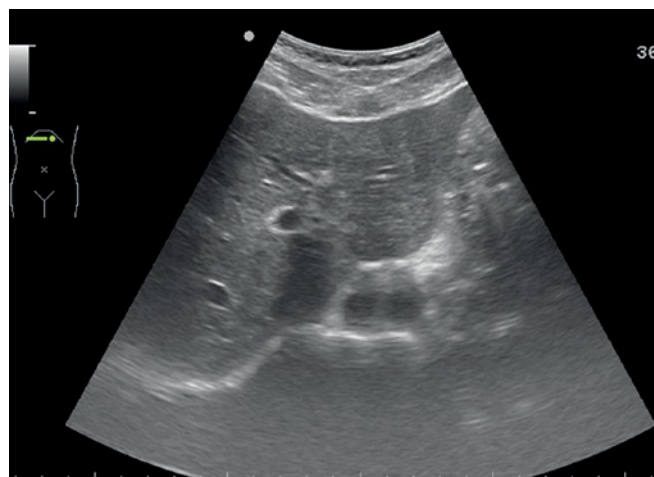


Ryc. 1. Wiązka (linia ciągła) wysłana przez głowicę (G) przechodzi przez powierzchnią tkankę tłuszczową, mięsień prosty (M) i załamuje się przyśrodkowo na pryzmatycznej, wolno przewodzącej głębokiej tkance tłuszczowej (T). Podstawę pryzmatu tworzy przedni brzeg wątroby. Następnie przez tkanki miękkie ultradźwięki docierają do aorty (A). Wytworzone echa, wracając do głowicy, ulegają identycznym załamaniom (linia przerywana)^(1,4,11). Położone są na lewo i prawo od pośrodkowo leżącej prawdziwej aorty (A). Zdwojeniu ulega nie tylko aorta, lecz także wszystkie struktury leżące na przebiegu tak załamanych ultradźwięków. Jest to lepiej widoczne dystalnie od głowicy, gdyż rzekome obrazy dzieli wówczas większa odległość. Często nieprawidłowy obraz krawędzi trzonu kręgu leżącego za aortą (widoczny u dołu) potwierdza występowanie artefaktu, a nie prawdziwego zdwojenia⁽³⁾

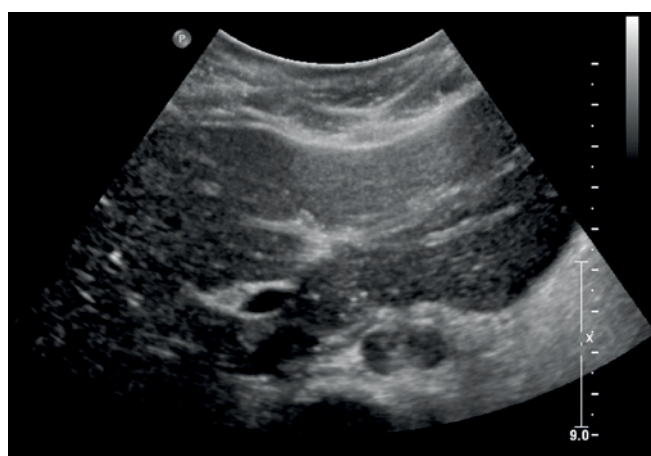
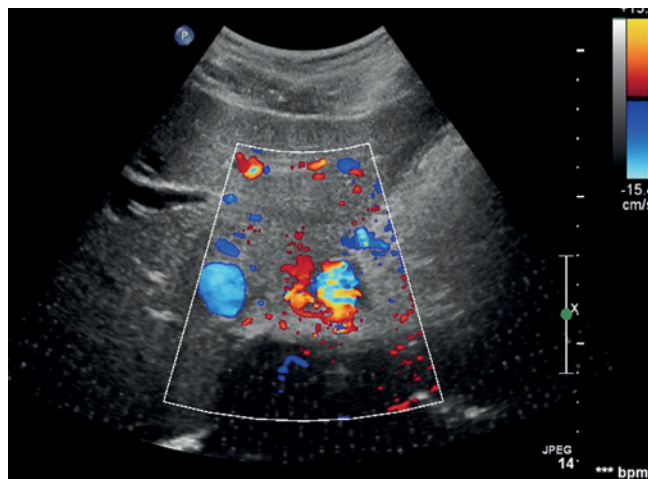
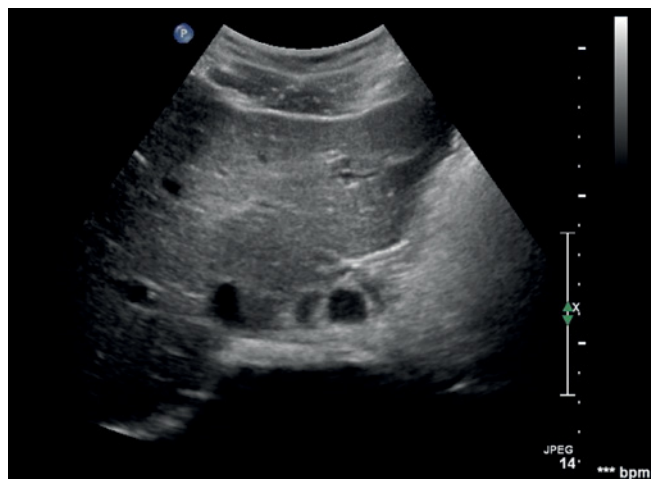
Bardzo rzadkie zaburzenie wrodzone czy częsty artefakt badania ultrasonograficznego?

Zdwojenie obrazu aorty w badaniu ultrasonograficznym najczęściej jest artefaktem. Może jednak rodzić się pytanie o występowanie wrodzonej anomalii aorty. W 4. tygodniu życia embrionalnego istniejące wówczas dwie grzbietowe aorty brzuszne zespalają się ze sobą. Zaburzenie rozwoju płodu w tym okresie mogłoby skutkować powstaniem dwóch położonych obok siebie dużych tętnic⁽²⁾. Do tej pory w literaturze opisano tylko dwa przypadki sekcyjne, w których zostało wysunięte podejrzenie występowania dwóch aort^(3,4). Opisy pochodzą z lat 1975–1977. W pierwszym z nich przedstawiono współistnienie od wysokości przewodu tętniczego do rozwidlenia aorty dwóch całkowicie oddzielnych naczyń. Jedno

dominowało w ukrwieniu trzewi, drugie miało tylko szczątkowe odgałęzienia. Opisana odmiennosc nie współistniała z żadnymi objawami klinicznymi⁽⁵⁾. Drugi przypadek dotyczył zdwojenia całej aorty zstępującej. Patologii towarzyszyło nerkopochodne nadciśnienie tętnicze, spowodowane anomalią tętnic nerkowych odchodzących od obu naczyń⁽⁶⁾. W artykule z 2009 roku zostały poddane krytyce oba przypadki. Autorzy sugerowali, że ujawniona druga aorta może być przetrwałą tętnicą pępkową⁽⁷⁾. Na podstawie dostępnej literatury można więc założyć, że dodatkowe naczynie towarzyszące w przebiegu aorty zdarza się niezwykle rzadko. W przypadku zaobserwowania zgodnego przepływu w położonych obok siebie lub wręcz nachodzących na siebie naczyniach brzusznych należy przede wszystkim wziąć pod uwagę stosunkowo często występujący artefakt zdwojonej aorty^(3,4).



Ryc. 2. Całkowite zdwojenie obrazu aorty w odcinku nadnerkowym. Badanie dopplerowskie ukazało zgodny przepływ w obu naczyniach



Ryc. 3. Częściowe zdwojenie obrazu aorty. Widoczna przegroda w świetle naczynia. Obraz dopplerowski wykazuje przepływ po obu stronach przegrody. Dwa pierwsze zdjęcia pochodzą od jednego pacjenta

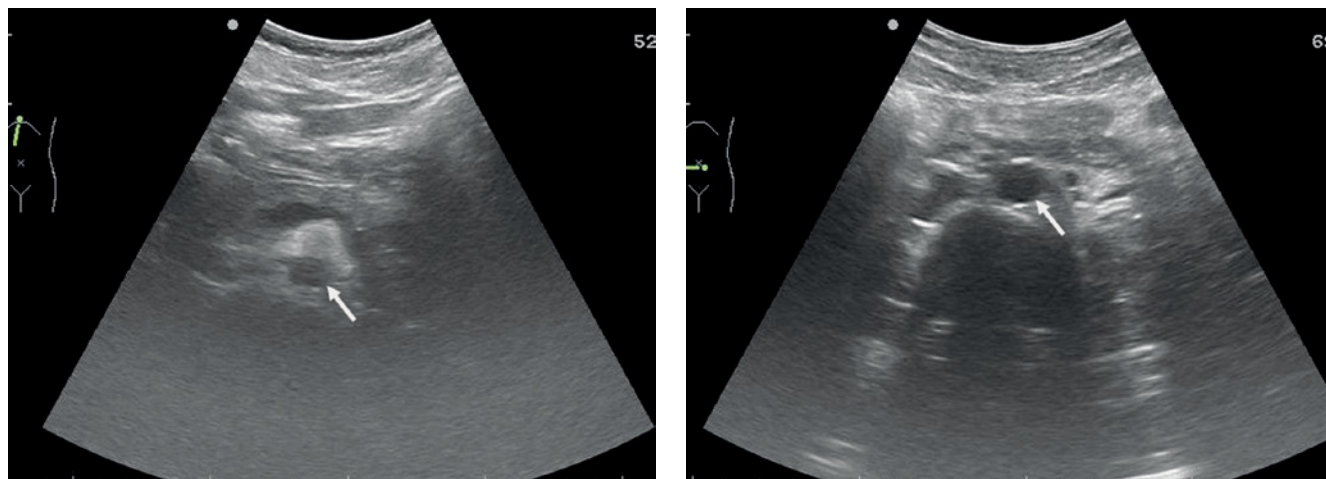
Różnicowanie z patologią dużych naczyń brzusznych

W literaturze istnieje niewiele doniesień dotyczących diagnostyki różnicowej ultrasonograficznego artefaktu zdwojenia aorty. Należy wziąć pod uwagę możliwość imitowania przez ten artefakt innych jednostek chorobowych występujących w okolicy aorty brzusznej. Najczęściej (z racji powszechności występowania) powinno się uwzględnić różnicowanie z tętniakiem aorty z rozwarstwieniem. Wówczas zaobserwować można podwójny przepływ przez zmienioną aortę, w badaniu dopplerowskim zwykle asymetryczny. Ponadto w fałszywym świetle często tworzą się skrzepliny, a rozwarstwienie przechodzi na tętnice odchodzące od aorty na jego poziomie. Nieprawidłowa budowa ściany oraz asymetryczny kształt tętniaka rozwarstwiającego odróżniają tę jednostkę od ultrasonograficznego zdwojenia aorty. Artefakt z niepełnym zdwojeniem aorty charakteryzuje się prawidłową budową ścian oraz symetrycznością przepływów⁽⁸⁾. W obu przypadkach można zaobserwować przegrodę wewnątrz światła aorty – w tętniaku wytworzoną z oddzielonej błony wewnętrznej naczynia, a w artefakcie – wytworzoną dzięki załamaniu wiązki. Ponadto w okolicy przyaortalnej mogą występować poszerzone lub nietypowo położone naczynia. W diagnostyce różnicowej powinny zostać uwzględnione: poszerzenie żyły jądrowej

lewej, zdwojenie żyły głównej dolnej, żyła kręzkowa dolna oraz poszerzenie lewego moczowodu⁽⁹⁾.

Mechanizm powstawania artefaktu

Zdwojenie aorty w obrazie ultrasonograficznym powstaje gdy wiązka ultradźwiękowa ulegnie odpowiedniej refrakcji na strukturach powłoki brzusznej. Mięśnie proste oraz tkanka tłuszczowa zawarta między nimi mogą tworzyć soczewkę akustyczną załamującą ultradźwięki^(3,4,10,11). Zjawisko to zostało zbadane i opisane już w 1990 roku przez Vandemana, jednak wciąż nie jest powszechnie znane i może sprawiać trudności mniej doświadczonym ultrasonografistom. Artefakt częściej powstaje u młodych osób o atletycznej budowie ciała^(3,11). Załamanie powstaje na granicy ośrodków o różnych właściwościach akustycznych (prawo Snelliusa: $\sin \alpha_2 / \sin \alpha_1 = V_2 / V_1$). Im większa różnica prędkości dźwięku między tkankami, tym większej refrakcji ulegnie wiązka ultradźwiękowa. Refrakcja fal ultradźwiękowych powoduje pojawienie się obrazowanej struktury w błędnej lokalizacji (ryc. 1). Im większe wystąpi załamanie, tym bardziej będą oddalone od siebie nierzeczywiste aorty⁽⁴⁾. Dlatego powstawaniu artefaktu sprzyja duży promień krzywizny głowicy. Autorzy podnoszą, że zarówno trójkątny kształt depozytu tłuszczowego między



Ryc. 4. Zdjęcia pojedynczej aorty (biała strzałka) w nadbrzuszu oraz w podbrzuszu wykluczają zdwojenie aorty. Potwierdzają wystąpienie artefaktu. Oba zdjęcia pochodzą od tego samego pacjenta, co na ryc. 2

brzuscami mięśni prostych brzucha, jak i fakt sąsiedztwa tkanek o dużej różnicy szybkości przewodzenia (mięśnie i tkanka tłuszczowa) wpływają na powstawanie tego artefaktu^(3,4). W doświadczeniu *in vitro* oraz w przeglądzie badań tomografii komputerowej u 100 pacjentów największy wpływ na powstanie artefaktu przypisano głębokiemu depozytowi tkanki tłuszczowej. Mniejszą rolę odgrywają powierzchnia tkanka tłuszczowa i tkanka mięśniowa. Pryzmatyczny kształt depozytu tłuszczowego sprawia, że fale padające zarówno z jego prawej, jak i lewej strony załamują się ku środkowi. Dalej biegną zbieżnie, tak że docierają z obu stron do aorty⁽¹¹⁾. Wracające echa ulegają takim samym załamaniom i trafiają do odbiornika. Aparat analizuje powracające sygnały tak, jakby echo powstało w strukturach znajdujących się na jednej prostej z wiązką wysłaną przez głowicę. Tworzy się wówczas obraz dwóch aort (ryc. 1)^(1,4,11).

Rozpoznanie artefaktu i uniknięcie jego występowania

Artefakt zdwojenia aorty może pojawić się zarówno u pacjentów pediatrycznych, jak i dorosłych. Schemat budowy powłoki brzusznej niesprzyjający powstaniu artefaktów zdwojenia pojawia się u 60–95% osób, w zależności od regionu ciała. Mają one zbyt małe lub oddzielone od siebie pasmem tkanki łącznej mięśnie proste brzucha, co uniemożliwia odpowiednie załamanie fali ultradźwiękowej. U młodszych oraz bardziej umięśnionych pacjentów mięśnie proste brzucha są większe i nadają przylegającej do nich tkance tłuszczowej pryzmatyczny kształt. Taka budowa pojawia się w 40% przypadków w górnym, w 5% – w środkowym oraz w 36% – w dolnym odcinku przedniej powłoki jamy brzusznej u osób z ujawnionym artefaktem⁽¹¹⁾. U części pacjentów zdwojenie aorty zostanie więc zaobserwowane na pewnym jej odcinku, a nie na całej długości. W badaniu dopplerowskim ściany obu naczyń są prawidłowe oraz zawierają zgodne, jednakowe przepływy (ryc. 2). Częściej obserwuje się częściowe niż całkowite zdwojenie aorty⁽³⁾.

Przekrój poprzeczny wzdłuż linii środkowej ukazuje obraz aorty z przegrodą lub ścianą pomiędzy światłami naczynia⁽⁴⁾ albo zawierającej echogeniczny materiał (ryc. 3)⁽¹⁰⁾.

Artefaktu tego możemy uniknąć, przesuwając głowicę bocznie od linii środkowej w prawo bądź w lewo oraz obracając ją o 90° do pozycji strzałkowej⁽¹¹⁾. Gdy nadal nie udaje się uzyskać obrazu aorty brzusznej, powinny zostać wykorzystane inne przyłożenia głowicy pozwalające na jej ocenę. Przyłożenie sondy z boku (nerka tworzy okno akustyczne dla uwidocznienia aorty) oraz pozycja na prawym lub lewym boku u części badanych polepszają warunki obrazowania aorty. Unika się wtedy wpływu międzymięśniowego depozytu tłuszczowego. Można też zastosować głowicę o mniejszym promieniu krzywizny (liniową). Trudności diagnostyczne pojawiają się, gdy obrazowanie aorty z innego przyłożenia głowicy jest ograniczone⁽³⁾. Najczęściej opisywaną przeszkodę stanowi utrudnienie przewodzenia wiązki przez wypełnione gazem pętle jelitowe. Kolejnymi wskazówkami przy rozpoznaniu artefaktu może być jego odcinkowe występowanie. Badając aortę na całej jej długości, często nie wykrywa się zdwojenia w jej wyżej lub niżej położonych częściach (ryc. 4). Symetryczność odchodzących od aorty gałęzi również może nasuwać podejrzenie powstania artefaktu. Przykładem może tutaj być symetryczne odejście pni trzewnych od obu aort, które mogą tworzyć jeden łuk naczyniowy. Wszystkie naczynia ujawniają zgodne przepływy w badaniu dopplerowskim⁽⁴⁾. Częściowo zdwojony obraz krawędzi trzonu kręgu leżącego za aortą oraz zniekształcenie obrazu struktur leżących pomiędzy głowicą a aortą potwierdzają występowanie artefaktu⁽³⁾. Istnieją również techniki komputerowej modyfikacji obrazu ultrasonograficznego, pozwalające na uzyskanie obrazów wolnych od zniekształceń. Za przykład może posłużyć technika, która na podstawie właściwości tkanek tak zmienia parametry głowicy, aby wyeliminować ich niepożądaną wpływ na obraz⁽¹²⁾.

Podsumowanie

Powstający w badaniu ultrasonograficznym obraz jest modyfikowany przez struktury anatomiczne pokonywane przez wiązkę fali dźwiękowej w drodze do miejsca odbicia. Na fakt załamania fali ultradźwiękowej mają wpływ takie czynniki jak: wzajemne ułożenie tkanek, ich kształt i gęstość oraz zdolność do rozpraszania fali. Mogą one wywołać liczne artefakty, które łatwo prowadzą do błędów diagnostycznych⁽⁴⁾. Poza opisanym powyżej artefaktem zaobserwowano również inne fałszywe zdwojenia obrazu ultrasonograficznego, wynikające z faktu występowania anatomicznej soczewki akustycznej. Podczas badania podbrzusza u kobiety we wczesnym okresie ciąży obraz pojedynczego pęcherzyka płodowego może w ten sposób zostać zobrazowany podwójnie i zinterpretowany jako ciąża mnoga. Zjawisko to może spowodować również uwidocznienie dwóch wkładek domaciczych zamiast jednej⁽¹⁾. Zdwojenie obrazu naczyń lub uwidocznienie przegrody

w ich świetle pojawiające się w badaniu okolicy linii pośrodkowej pacjenta w przekrojach poprzecznych powinny nasuwać podejrzenie wystąpienia artefaktu zdwojenia. Aby go wykluczyć, najczęściej wystarczy zbadać zmieniony odcinek aorty w innym położeniu głowicy, co może być utrudnione przez inne czynniki, takie jak gazy w pętlach jelitowych⁽¹⁰⁾. W takiej sytuacji należy rozważyć wykluczenie anomalii badaniem MRI⁽¹⁰⁾ lub TK jamy brzusznej^(3,4,11). Istniejące techniki komputerowej modyfikacji obrazu ultrasonograficznego mogą być pomocne w korekcji artefaktu zdwojenia aorty⁽¹²⁾.

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 publikacji.

Piśmiennictwo

1. Kremer H, Dobrinski W: Artefakty. In: Kremer H, Dobrinski W (eds.), Jakubowski W (trans.): Diagnostyka ultrasonograficzna. Urban & Partner, Wrocław 1996: 33–45.
2. Schoenwolf GC, Bleyl SB, Brauer PR, Francis-West PH: Larsen's Human Embryology. Churchill Livingstone, London 2008: 388–415.
3. Heyne JP: Die doppelte Aorta – Rarität oder Artefakt im Ultraschall. *Ultraschall Med* 2000; 21: 145–147.
4. Meuwly JY, Knopfli AS, Gullo G: Verdopplung der Bauchorta: eine sehr seltene angeborene Anomalie, aber ein häufiger Ultraschall-Artefakt. *Ultraschall Med* 2011; 32: 233–236.
5. Mosquera JE, Micarelli R: [Double aorta]. *Rev Fac Cien Med Univ Nac Cordoba* 1975; 33: 89–94.
6. Trubnikov GV, Naïmark DA, Nalobina MS, Kolomiets A: [Case of double aorta with vasorenal hypertension]. *Klin Med (Mosk)* 1977; 55: 138–141.
7. Glodny B, Henninger B, Hofmann K, Trieb T, Petersen J, Rehder P: CT appearance of a patent impar umbilical artery in an adult woman and related anomalies: a case report and review of the literature. *Cases J* 2009; 2: 65.
8. Pruszyński B, Małek G: Układ naczyniowy. In: Pruszyński B, Cieszanowski A (eds.): Radiologia. Diagnostyka obrazowa: RTG, TK, USG i MR. Wydawnictwo Lekarskie PZWL, Warszawa 2014: 598–604.
9. Smereczyński A: Diagnostyka ultrasonograficzna wad rozwojowych żyły głównej dolnej. *Ultrason Pol* 1993; 3: 83–90.
10. Mandelstam SA, Brockley C: Aortic duplication artefact in a 14-year-old girl. *Pediatr Radiol* 2004; 34: 508.
11. Vandeman FN, Meilstrup JW, Nealey PA: Acoustic prism causing sonographic duplication artifact in the upper abdomen. *Invest Radiol* 1990; 25: 658–663.
12. Carpenter DA, Kossoff G, Griffiths KA: Correction of distortion in US images caused by subcutaneous tissues: results in tissue phantoms and human subjects. *Radiology* 1995; 195: 563–567.