

Badanie ultrasonograficzne płodu – co zrobić, aby bezpieczeństwo było na pierwszym miejscu

LAURA HOUSTON, MD, ROGER NEWMAN, MD

Zrozumienie potencjalnego ryzyka związanego z badaniem ultrasonograficznym płodu oraz najważniejszych zasad bezpieczeństwa stanowi podstawę do optymalnego stosowania tej ważnej metody obrazowania.

Zwiększa się liczba wskazań do wykonywania badania ultrasonograficznego u ciężarnych. Ekspertki rozszerzyli ponadto zakres wieku ciążowego, w jakim wykonanie badania USG jest właściwe i włączyli do niego pierwszy trymestr ciąży. Biorąc pod uwagę zwiększające się zastosowanie ultrasonografii, czy obawy klinicystów związane z bezpieczeństwem tej metody powinny wzrosnąć? Czy możliwe jest zminimalizowanie potencjalnego ryzyka dla płodu? Co lekarze powinni wiedzieć na temat bezpieczeństwa tej ważnej metody obrazowania wykorzystywanej u ciężarnych? Odpowiedzi nie są takie proste, jak mogłoby się wydawać.

W tym artykule dokonano przeglądu potencjalnego wpływu ultrasonografii na płód oraz metod, jakimi ultrasonografista może zminimalizować ryzyko i maksymalnie zwiększyć bezpieczeństwo. Kluczowym elementem jest zrozumienie, jak posługiwać się normami aparatury do obrazowania (output display standard, ODS) w trakcie wykonywania wszystkich badań ultrasonograficznych. ODS wyświetlane na ekranie w trakcie badań USG zawiera informacje dotyczące szacunkowego ryzyka biologicznego występującego w trakcie badania. Jest to obecnie mechanizm bezpieczeństwa dla wszystkich badań ultrasonograficznych, a American College of Obstetricians and Gynecologists (ACOG) popiera jego stosowanie.¹

Potencjalne działania biologiczne ultrasonografii

Ultrasonografia różni się od innych metod obrazowania tym, że wykorzystuje promieniowanie niejonizujące, zatem uważana jest za bezpieczniejszą metodę do oceny płodu.² Położnicze badanie USG może jednak spowodować zmiany biologiczne za pośrednictwem jednego z dwóch mechanizmów: termicznego i nietermicznego.

Termiczne skutki biologiczne odnoszą się do zmian biologicznych związanych ze zwiększeniem temperatury w eksponowanych tkankach.³ Chociaż niektóre fale ultradźwiękowe zostają odbite od badanej tkanki i są wykorzystane do wytworzenia obrazów, inne są pochłaniane przez tkankę i ich energia zostaje zamieniona na ciepło.³ Jest to ważne, biorąc pod uwagę potencjalne teratogenne działanie ekspozycji płodu na istotnie zwiększoną temperaturę.⁴

Nietermiczne skutki biologiczne, często określane jako bioefekty mechaniczne, są to zmiany biologiczne wynikające z ultrasonograficznej insonacji bez patofizjologicznego zwiększenia temperatury. Chociaż to założenie jest nieco abstrakcyjne, wydaje się jednak mieć znaczenie dla bezpieczeństwa badania ultrasonograficznego płodu.⁵ Przykłady mechanicznych skutków biochemicznych obserwowanych w trakcie wykonywania diagnostycznych badań USG obejmują kawitację, strumień akustyczny, promieniowanie oraz powstawanie wolnych rodników. Kawitacja termiczna, z którą często stykamy się w trakcie badania mechanicznych skutków biologicznych, odnosi się do interakcji między falą ultradźwiękową a pęcherzykami gazu.⁵ Fale ultradźwiękowe mogą powodować ruch pęcherzyków gazu, ich powiększanie się lub zapadanie. Na poziomie komórkowym nawet niewielki ruch pęcherzyków gazu może potencjalnie zniszczyć połączenia międzykomórkowe.

Dr Houston, first-year maternal-fetal medicine fellow, dr Newman, vice chair, Academic Affairs and Women's Health Research, Department of Maternal-Fetal Medicine, Medical University of South Carolina, Charleston.

Autorzy nie zgłosili żadnych konfliktów interesów, faktycznych ani możliwych, w związku z treścią tego artykułu.

TABELA 1

Stosowanie ODS w celu utrzymania wartości wskaźników na bezpiecznym poziomie w trakcie badania USG

ODS	Wyświetlany skrót	Docelowa wartość dla utrzymania bezpieczeństwa	Wartość wymagająca rozważenia dostosowania
Wskaźnik termiczny	TI	<1	>1
Wskaźnik mechaniczny	MI	<1	>1

MI – wskaźnik mechaniczny, ODS – normy aparatury do obrazowania, TI – wskaźnik termiczny. Informacje na podstawie Barnett SB i wsp.⁶

TABELA 2

Właściwe postępowanie w przypadku, gdy wartość TI lub MI przekracza 1

Krótszy czas trwania badania

Zmiana na tryb o mniejszej mocy (jak zmiana z doplera na tryb B-mode)

Dostosowanie ustawień aparatu:

- Mocy
- Powierzchni objętej kolorem

MI – wskaźnik mechaniczny, TI – wskaźnik termiczny. Informacja na podstawie Barnett SB i wsp.,⁶ Abramowicz JS.⁷

Normy aparatury do obrazowania (ODS)

Normy aparatury do obrazowania zostały opracowane przez American Institute of Ultrasound in Medicine oraz National Electrical Manufacturers Association w celu określenia nasilenia termicznych i mechanicznych skutków biologicznych występujących w trakcie badania ultrasonograficznego. Jak wspomniano wcześniej, stosowanie ODS zaleca zarówno ACOG,¹ jak i amerykańska Food and Drug Administration (FDA).⁶ ODS obejmują wskaźnik termiczny (thermal index, TI) oraz wskaźnik mechaniczny (mechanical index, MI), które są wyliczane przez aparat USG i wyświetlane w rogu ekranu w przypadku, gdy aparat może generować TI lub MI >1. Im większa wartość TI lub MI, tym większe prawdopodobieństwo wystąpienia termicznych lub biologicznych skutków działania.⁶ Ogólna zasada mówi, że wartość wskaźnika mniejsza od jedności uważana jest za bezpieczną (tab. 1).⁶ Prezentacja wartości wskaźnika na ekranie umożliwia lekarzowi jej monitorowanie w trakcie wykonywania badania. Jeśli wartość wskaźnika jest >1, badający może dokonać niezbędnych zmian. Minimalizując czas ekspozycji lub zmieniając tryb obrazowania, bądź korygując takie parametry aparatu, jak moc wiązki ultradźwięków, można wpłynąć na wartość TI i MI (tab. 2).^{6,7}

FDA jest odpowiedzialna za wyznaczenie górnego dopuszczalnego limitu mocy wiązki ultradźwięków stosowanych w aparatach ultrasonograficznych. W 1976 roku został on ustalony na poziomie poniżej 94 mW/cm², jeśli chodzi o ekspozycję płodu.⁶ W miarę rozwoju technologii uzyskiwano coraz czytelniejsze obrazy oraz wprowadzono metodę Dopplera, co wymaga zastosowania ustawień o większej mocy. W celu umożliwienia stosowania tych

nowszych aparatów ultrasonograficznych FDA zwiększyła w 1992 roku dopuszczalną emisję do 720 mW/cm² – prawie 8 razy więcej niż poprzedni limit.⁶ Dzisiaj zamiast ścisłej regulacji bezpieczeństwa ultrasonografii przez FDA odpowiedzialność powierzono w dużej mierze lekarzowi, który musi dbać o to, aby limity ODS nie zostały przekroczone w trakcie wykonywania badania ultrasonograficznego.⁶

Dowody potwierdzające, że ekspozycja na ultradźwięki jest związana z ryzykiem biologicznym

Dostępne dowody naukowe dotyczące rozwoju płodu i skutków ekspozycji płodów na ultradźwięki są bardzo przekonujące. Większość badań, których wyniki wzbudzały obawy dotyczące bezpieczeństwa ultrasonografii, przeprowadzono na zwierzętach. W badaniu z 2006 roku oceniano, czy ekspozycja na ultradźwięki może wpływać na migrację neuronów mózgowych.⁸ Autorzy badania poddali myszy w zaawansowanej ciąży ekspozycji na ultradźwięki, aparat ustawiony był na 6,7 MHz, nieznacznie więcej niż częstotliwość typowo stosowana w badaniach ludzi. Całkowita ekspozycja w ciągu 3 dni wynosiła 5-420 minut. Dłuższe ekspozycje wiązały się ze zmniejszoną migracją neuronów, która była istotna dla wszystkich przypadków ekspozycji trwających dłużej niż 15 minut.⁸ Biorąc pod uwagę zastosowane warunki ekspozycji, badacze nie sądzili, że temperatura była możliwym czynnikiem sprawczym. Zamiast niej zaproponowali tezę, że oddziaływanie mechaniczne zmieniły połączenia komórkowe.⁸

TABELA 3

Punkty kluczowe dla bezpieczeństwa ultrasonografii

- Osoba wykonująca badanie jest odpowiedzialna za bezpieczeństwo badania ultrasonograficznego.
- W trakcie wykonywania badania USG należy sprawdzać wartość ODS.
- ODS powinno wynosić mniej niż 1.
- W przypadku nowych aparatów należy zachować szczególną ostrożność; dowody dotyczące ich stosowania są ograniczone.
- Należy mieć świadomość, że w przypadku stosowania badania dopplerowskiego emisja mocy jest większa, o czym trzeba pamiętać zwłaszcza w pierwszym trymestrze ciąży.

ODS – normy aparatury do obrazowania

Na podstawie innych badań przeprowadzonych na myszach sugerowano, że masa urodzeniowa była zmniejszona u osobników poddanych ekspozycji na ultradźwięki, chociaż w trakcie 6-tygodniowej obserwacji stwierdzono, że wzrost był podobny do grupy kontrolnej niepoddanej ekspozycji.⁹ W 1990 roku pojawiły się doniesienia na temat występowania u myszy krwawienia do płuc po porodzie, co doprowadziło do wykonania badań w okresie prenatalnym.¹⁰ Badacze stwierdzili również krwawienia do mózgu u mysich płodów poddanych ekspozycji na pulsacyjne ultradźwięki.¹¹

W odróżnieniu od tego dane dotyczące ludzi ogólnie nie potwierdzały związku między ekspozycją na ultradźwięki w okresie prenatalnym a niepożądanymi zjawiskami klinicznymi. W latach 1992-1994 badacze opublikowali serię artykułów opartych na wynikach dwóch randomizowanych badań klinicznych z Norwegii.¹²⁻¹⁵ Ocenili wyniki kliniczne, w tym masę ciała i wzrost, postępy uzyskiwane w szkole, występowanie dysleksji, wzrok, słuch oraz rozwój mowy u ponad 2000 dzieci, które zostały poddane ekspozycji na ultradźwięki między 19 a 32 tygodniem ciąży lub nie zostały poddane takiej ekspozycji. W trakcie oceny, którą wykonano w wieku 7, 8 i 9 lat, nie stwierdzono żadnej różnicy w zakresie któregośkolwiek z parametrów klinicznych między dziećmi poddanymi i niepoddanymi ekspozycji.

Podobne wyniki randomizowanego badania klinicznego przeprowadzonego w Szwecji opublikowane w latach 1997-1998 również nie wykazały żadnych różnic w zakresie masy ciała, wzrostu, wzroku, słuchu i rozwoju neurologicznego między dziećmi poddanymi ekspozycji na ultradźwięki w 15 tygodniu ciąży a dziećmi niepoddanymi ekspozycji. Wszystkie dzieci oceniano w wieku 8 i 9 lat.^{16,17}

W innych badaniach nie wykazano żadnego związku między ekspozycją na ultradźwięki a występowaniem nowotworów w dzieciństwie.¹⁸⁻²⁰ Ponadto badacze zanalizowali podobieństwa w zakresie masy urodzeniowej, wyników punktacji w skali Apgar, częstości przyjęć na oddział

intensywnej opieki neonatologicznej oraz innych wyników w grupie poddanej i niepoddanej ekspozycji.²¹⁻²³

Interesujące, że jeden wynik, dla którego stwierdzono związek, to niepraworęczność. W czasie obserwacji uczestników wspomnianych wcześniej badań norweskich¹²⁻¹⁵ stwierdzono, że prawdopodobieństwo niepraworęczności wśród dzieci poddanych ekspozycji na ultradźwięki między 19 a 32 tygodniem ciąży było większe niż wśród dzieci niepoddanych ekspozycji (iloraz szans [OR] 1,32, 95% przedział ufności [PU] 1,02-1,71).²⁴ W tym badaniu do grupy niepraworęcznych zaliczono zarówno dzieci, które równie sprawnie posługiwały się obiema rękami, jak i dzieci z dominującą lewą ręką.

W obserwacji uczestników szwedzkiego badania^{16,17} nie stwierdzono żadnej różnicy, jeśli chodzi o częstość występowania niepraworęczności między osobami, u których wykonywano przesiewowe badania ultrasonograficzne i tymi, u których tych badań nie wykonywano, ale stwierdzono większe ryzyko niepraworęczności wśród chłopców (OR 1,33, 95% PU 1,02-1,74).²⁵ W metaanalizie tych badań nie stwierdzono żadnej ogólnej różnicy między grupą ekspozowaną i nieekspozowaną na ultradźwięki, jednak analiza podgrupy chłopców ujawniła zwiększone ryzyko niepraworęczności wśród dzieci ekspozowanych na ultradźwięki (OR 1,26, 95% PU 1,03-1,54).²⁶ Chociaż ten związek nie wydaje się szczególnie silny, wyniki innych badań musiałyby jeszcze go obalić.

Dopler a bezpieczeństwo ultrasonografii

Częsta ocena ODS jest szczególnie ważna w trakcie wykonywania badania ultrasonograficznego metodą Dopplera. Potencjał emisji jest różny w zależności od stosowanego trybu. Ponieważ badanie dopplerowskie wykorzystuje większą moc akustyczną skierowaną na określoną objętość u płodu, jej emisja jest większa niż dla standardowych trybów obrazowania. Dobrym przykładem jest badanie metodą Dopplera tętnicy środkowej mózgu (middle cerebral artery, MCA) w rozpoznawaniu niedokrwistości u płodu. Potencjał absorpcji kości jest większy niż innych tkanek. Badanie MCA metodą Dopplera wymaga zatem użycia większej mocy skierowanej na tkankę charakteryzującą się dużym potencjałem pochłaniania ultradźwięków. Nie oznacza to, że uzasadnione wskazaniami medycznymi badanie MCA płodu metodą Dopplera nie powinno być wykonywane. W odróżnieniu od tego ogólnie stosunek ryzyka do korzyści wypada na korzyść stosowania metod nieinwazyjnych w przypadku, gdy ustalenie rozpoznania jest trudne. Po prostu należy pamiętać o potencjalnym wpływie stosowanego trybu obrazowania oraz o zapoznaniu się z zasadami bezpieczeństwa stosowania danego trybu obrazowania.

W badaniu wykonanym w 2007 roku potwierdzono większą emisję mocy akustycznej w trakcie wykonywania badania USG metodą Dopplera w porównaniu z ob-

razowaniem w trybie dwuwymiarowym. Badacze zapisali wartości TI w trakcie 63 badań ultrasonograficznych, w których posługiwano się trybem B-mode lub doplerem.²⁷ Średnia wartość TI wynosiła 0,3 dla trybu B-mode i 0,8 dla kolorowego doplera oraz 1,5 dla doplera pulsacyjnego. W badaniu wykazano, że średnie TI >1 mogą występować przy wykonywaniu badań metodą Dopplera, zwłaszcza pulsacyjnego.

W 2009 roku w badaniu na kurczętach wykazano wpływ pulsacyjnego doplera na pamięć i zdolność do nauki. Badacze poddali kurczęta badaniu ultrasonograficznemu w trybie B-mode lub pulsacyjnym doplerem. Nie zauważyli żadnych różnic, jeśli chodzi o pamięć, w grupie poddanej badaniu B-mode nawet przez 10 minut, jednak już po 4 minutach ekspozycji na pulsacyjnego doplera kurczęta wykazały pogorszenie pamięci krótko- i długotrwałej.²⁸

Ogólnie wyniki badań wykonanych u ludzi są przekonujące, z wyjątkiem wyników klinicznych uzyskiwanych po ekspozycji na doplera.²⁹ Badacze zgłosili jednak obawy dotyczące związku między ograniczeniem wzrostu a ekspozycją na kolorowego doplera, co zostało stwierdzone w jednym badaniu klinicznym, w którym ciężarne losowo przydzielano do grupy, w której wykonano badanie USG w 18 tygodniu ciąży (grupa badana standardowo) lub badanie USG i badanie przepływów metodą fali ciągłej w 18, 24, 28, 34 i 38 tygodniu ciąży (grupa badana intensywnie).³⁰ Badacze stwierdzili istotny związek między ograniczeniem wzrostu w grupie badanej intensywnie, z większą liczbą dzieci z masą urodzeniową poniżej dziesiątego centyla (ryzyko względne [RR] 1,35, 95% PU 1,09-1,67; $p=0,006$) i poniżej trzeciego centyla (RR, 1,65, 95% PU 1,09-2,49; $p=0,02$). Obserwacja dzieci w wieku 1, 2, 3, 5 i 8 lat wykazała podobne tempo wzrastania w obu grupach.³¹ Badacze ocenili również wyniki dotyczące rozwoju, w tym zdolności językowe, społeczne oraz motorykę i nie stwierdzili różnic między grupami.

Podsumowanie

Dane dotyczące bezpieczeństwa płodu związanego z ekspozycją na ultradźwięki są ogólnie przekonujące. Większość badań dotyczących tego tematu została jednak wykonana przed 1990 rokiem, kiedy dostępne aparaty USG charakteryzowały się mniejszą mocą. Ponadto w tamtym okresie położniczych badań USG nie wykonywano tak często jak dzisiaj ani w grupie dużego, ani małego ryzyka.

Obecnie mimo braku ostatecznych dowodów dotyczących korzyści z wykonywania przesiewowych badań USG u ciężarnych z grupy małego ryzyka pojedyncze badanie USG w 18-20 tygodniu ciąży wykonywane w celu wykrycia ewentualnych wad jest częścią rutynowej praktyki.³² Biorąc pod uwagę większą energię wyemitowaną w trakcie porównawczych badań USG, konieczne jest przeprowadzenie nowych badań randomizowanych w celu oceny

Kluczowe zagadnienia

- Chociaż ultradźwięki to promieniowanie niejonizujące, mogą wywoływać biologiczne efekty termiczne i mechaniczne, co wymaga zachowania ostrożności.
- ODS (normy aparatury do obrazowania) określają szacunkowo ryzyko wystąpienia termicznych i mechanicznych efektów biologicznych ekspozycji na ultradźwięki.
- Najlepiej, aby ODS wynosiło zawsze mniej niż 1.
- Ultrasonografista odpowiada za bezpieczeństwo badania USG.
- Wyniki badań u płodów zwierzęcych wiążą ekspozycję na ultradźwięki z powikłaniami dotyczącymi rozwoju.
- Dane pochodzące z badań przeprowadzanych wśród ludzi nie wykazały istnienia związku między powikłaniami a ekspozycją na ultradźwięki w okresie prenatalnym.
- Chociaż badanie USG metodą Dopplera jest ogólnie uważane za bezpieczne, wyniki jednego z badań pozwalają przypuszczać, że intensywne stosowanie takiego badania może wpływać na masę urodzeniową.
- Biorąc pod uwagę, że ilość danych dotyczących bezpieczeństwa badań ultrasonograficznych płodów jest nieduża, przy zlecaniu i wykonywaniu badań USG w czasie ciąży lekarze powinni zwrócić uwagę na bezpieczeństwo.

ryzyka. Obecnie byłoby to trudniejsze, ponieważ rutynowe wykonywanie badań USG w czasie ciąży stało się standardem opieki w Stanach Zjednoczonych. Konieczne jest również przeprowadzenie badań w celu oceny wpływu badań metodą Dopplera.

Niestety, poziom wiedzy dotyczącej bezpieczeństwa ultrasonografii wydaje się niższy od pożądanego. W badaniu wykonanym w 2005 roku wśród uczestników europejskich kursów doszkalających z ultrasonografii położniczej tylko 22 i 11% uczestników potrafiło wyjaśnić odpowiednio termin TI i MI, a tylko 28% potrafiło zlokalizować informacje o nich na ekranie monitora aparatu.³³ Podobne badanie wykonane w 2007 roku wśród amerykańskich ultrasonografistów przyniosło podobne wyniki: 17,7 i 3,8% uczestników potrafiło odpowiednio wyjaśnić znaczenie pojęć TI lub MI, a 20,8% potrafiło wskazać ich wartości na monitorze.³⁴

Ogólnie ultrasonografia wydaje się bezpieczna. Lekarze powinni jednak zdać sobie sprawę z ograniczeń w wiedzy na temat całkowitego bezpieczeństwa tej metody i dążyć do zapewnienia, aby osoby korzystające z tej metody rutynowo stosowały zasady bezpieczeństwa, takie jak ODS. Za bezpieczeństwo badania USG odpowiada ultrasonografista (tab. 3). Ultrasonografisci powinni sprawdzać TI i MI za każdym razem, kiedy wykonywane jest badanie USG. Jeśli wartość wskaźnika jest większa niż 1, czas trwania badania lub ustawienia aparatu powinny być dostosowane, zwłaszcza jeśli w badaniu stosuje się również metodę Dopplera.

Bezpieczeństwo w trakcie wykonywania badania można zapewnić, stosując zasady radiologiczne znane jako ALARA (As Low As Reasonably Achievable, wykorzystywanie moż-

liwie najniższej, niezbędnej do uzyskania zamierzonego efektu, dawki). Ta zasada obejmuje przestrzeganie minimalnego czasu trwania badania oraz stosowanie takich ustawień aparatu, aby uzyskać informację diagnostyczne niezbędne dla zakończenia badania.^{6,35} W miarę rozwoju technologii ultrasonografii konieczny jest rozwój nowych aplikacji oraz aparatów oferujących większe możliwości. Mamy nadzieję, że ten postęp obejmie również minimalizację ryzyka, maksymalne zwiększenie bezpieczeństwa oraz zwiększenie możliwości diagnostycznych.

Contemporary OB/GYN, Vol. 56, No. 7, July 2011, p. 36. Fetal ultrasound. How to put safety first.

PIŚMIENNICTWO

- American College of Obstetricians and Gynecologists. New ultrasound output display standard. ACOG Committee Opinion Number 180, November 1996. Committee on Obstetric Practice. *Int J Gynaecol Obstet.* 1997;57(2):227-228.
- American College of Obstetricians and Gynecologists Committee on Obstetric Practice. Guidelines for diagnostic imaging during pregnancy. ACOG Committee Opinion Number 299, September 2004 (replaces Number 158, September 1995). *Obstet Gynecol.* 2004;104(3):647-651.
- Duck FA, Starritt HC. A study of the heating capabilities of diagnostic ultrasound beams. *Ultrasound Med Biol.* 1994;20(5):481-492.
- Edwards MJ. Review: hyperthermia and fever during pregnancy. *Birth Defects Res A Clin Mol Teratol.* 2006;76(7):507-516.
- Stratmeyer ME, Greenleaf JF, Dalecki D, Salvesen KA. Fetal ultrasound: mechanical effects. *J Ultrasound Med.* 2008;27(4):597-605.
- Barnett SB, Ter Haar GR, Ziskin MC, Rott HD, Duck FA, Maeda K. International recommendations and guidelines for the safe use of diagnostic ultrasound in medicine. *Ultrasound Med Biol.* 2000;26(3):355-366.
- Abramowicz JS. Ultrasound in obstetrics and gynecology: is this hot technology too hot? *J Ultrasound Med.* 2002;21(12):1327-1333.
- Ang ES Jr, Gluncic V, Duque A, Schafer ME, Rakic P. Prenatal exposure to ultrasound waves impacts neuronal migration in mice. *Proc Natl Acad Sci USA.* 2006;103(34):12903-12910.
- Hande MP, Devi PU. Effect of in utero exposure to diagnostic ultrasound on the postnatal survival and growth of mouse. *Teratology.* 1993;48(5):405-411.
- Child SZ, Hartman CL, Schery LA, Carstensen EL. Lung damage from exposure to pulsed ultrasound. *Ultrasound Med Biol.* 1990;16(8):817-825.
- Dalecki D, Child SZ, Raeman CH, Cox C. Hemorrhage in murine fetuses exposed to pulsed ultrasound. *Ultrasound Med Biol.* 1999;25(7):1139-1144.
- Salvesen KA, Jacobsen G, Vatten LJ, Eik-Nes SH, Bakketeig LS. Routine ultrasonography in utero and subsequent growth during childhood. *Ultrasound Obstet Gynecol.* 1993;3(1):6-10.
- Salvesen KA, Bakketeig LS, Eik-Nes SH, Undheim JO, Økland O. Routine ultrasonography in utero and school performance at age 8-9 years. *Lancet.* 1992;339(8785):85-89.
- Salvesen KA, Vatten LJ, Jacobsen G, et al. Routine ultrasonography in utero and subsequent vision and hearing at primary school age. *Ultrasound Obstet Gynecol.* 1992;2(4):243-244, 245-247.
- Salvesen KA, Vatten LJ, Bakketeig LS, Eik-Nes SH. Routine ultrasonography in utero and speech development. *Ultrasound Obstet Gynecol.* 1994;4(2):101-103.
- Kieler H, Haglund B, Waldenström U, Axelsson O. Routine ultrasound screening in pregnancy and the children's subsequent growth, vision and hearing. *Br J Obstet Gynaecol.* 1997;104(11):1267-1272.
- Kieler H, Ahlsten G, Haglund B, Salvesen K, Axelsson O. Routine ultrasound screening in pregnancy and the children's subsequent neurologic development. *Obstet Gynecol.* 1998;91(5 pt 1):750-756.
- Kinnier Wilson LM, Waterhouse JA. Obstetric ultrasound and childhood malignancies. *Lancet.* 1984;2(8410):997-999.
- Cartwright RA, McKinney PA, Hopton PA, et al. Ultrasound examinations in pregnancy and childhood cancer. *Lancet.* 1984;2(8410):999-1000.
- Shu XO, Jin F, Linet MS, et al. Diagnostic X-ray and ultrasound exposure and risk of childhood cancer. *Br J Cancer.* 1994;70(3):531-536.
- Lyons EA, Dyke C, Toms M, Cheang M. In utero exposure to diagnostic ultrasound: a 6-year follow-up. *Radiology.* 1988;166(3):687-690.
- Smith CB. Birth weights of fetuses exposed to diagnostic ultrasound. *J Ultrasound Med.* 1984;3(9):395-396.
- Bakketeig LS, Eik-Nes SH, Jacobsen G, et al. Randomised controlled trial of ultrasonographic screening in pregnancy. *Lancet.* 1984;2(8396):207-211.
- Salvesen KA, Vatten LJ, Eik-Nes SH, Hugdahl K, Bakketeig LS. Routine ultrasonography in utero and subsequent handedness and neurological development. *BMJ.* 1993;307(6897):159-164.
- Kieler H, Axelsson O, Haglund B, Nilsson S, Salvesen KA. Routine ultrasound screening in pregnancy and the children's subsequent handedness. *Early Hum Dev.* 1998;50(2):233-245.
- Salvesen KA, Eik-Nes SH. Ultrasound during pregnancy and subsequent childhood non-right handedness: a metaanalysis. *Ultrasound Obstet Gynecol.* 1999;13(4):241-246.
- Sheiner E, Shoham-Vardi I, Pombar X, Hussey MJ, Strassner HT, Abramowicz JS. An increased thermal index can be achieved when performing Doppler studies in obstetric sonography. *J Ultrasound Med.* 2007;26(1):71-76.
- Schneider-Kolsky ME, Ayobi Z, Lombardo P, Brown D, Kedang B, Gibbs ME. Ultrasound exposure of the foetal chick brain: effects on learning and memory. *Int J Dev Neurosci.* 2009;27(7):677-683.
- Mason GC, Lilford RJ, Porter J, Nelson E, Tyrell S. Randomised comparison of routine versus highly selective use of Doppler ultrasound in low risk pregnancies. *Br J Obstet Gynaecol.* 1993;100(2):130-133.
- Newnham JP, Evans SF, Michael CA, Stanley FJ, Landau LI. Effects of frequent ultrasound during pregnancy: a randomised controlled trial. *Lancet.* 1993;342(8876):887-891.
- Newnham JP, Doherty DA, Kendall GE, Zubrick SR, Landau LL, Stanley FJ. Effects of repeated prenatal ultrasound examinations on childhood outcome up to 8 years of age: follow-up of a randomised controlled trial. *Lancet.* 2004;364(9450):2038-2044.
- LeFevre ML, Bain RP, Ewigman BG, Frigoletto FD, Crane JP, McNellis D. A randomized trial of prenatal ultrasonographic screening: impact on maternal management and outcome. RADIUS (Routine Antenatal Diagnostic Imaging with Ultrasound) Study Group. *Am J Obstet Gynecol.* 1993;169(3):483-489.
- Maršál K. The output display standard: has it missed its target? *Ultrasound Obstet Gynecol.* 2005;25(3):211-214.
- Sheiner E, Shoham-Vardi I, Abramowicz JS. What do clinical users know regarding safety of ultrasound during pregnancy? *J Ultrasound Med.* 2007;26(3):319-325.
- American College of Obstetricians and Gynecologists. ACOG Practice Bulletin Number 101, February 2009: Ultrasonography in pregnancy. *Obstet Gynecol.* 2009;113(2 pt 1):451-461.

KOMENTARZ

Prof. dr hab. n. med. Romuald Dębski
Redaktor naczelny *Ginekologii po Dyplomie*

Badanie ultrasonograficzne w trybie obrazowania dwu- czy trójwymiarowego jest bezpieczne zarówno dla ciężarnej, jak i dla płodu, pod jednym chyba warunkiem, że ciężarnej nie położymy równo na plecach i nie wyindukujemy zespołu żyły głównej dolnej. Pamiętajcie, zarówno KTG, jak i USG w drugiej połowie ciąży – nieco na boku. Powinniśmy również pamiętać, że badanie wykonywane szczególnie w pierwszym trymestrze ciąży, w okresie organogenezy, powinno być w miarę możliwości związane z jak najmniejszą ekspozycją na działanie ultradźwięków, które, co prawda w zupełnie innych dawkach, wykorzystywane są w fizykoterapii do nagrzewania tkanek. W związku z tym, wykonując badanie, powinniśmy starać się ograniczyć jego czas, nie stosować maksymalnych wzmocnień wiązki ultradźwiękowej, a przede wszystkim ograniczyć stosowanie techniki dopplerowskiej w pierwszym trymestrze do niezbędnego minimum. Badanie dopplerowskie, czy to kolor, power czy też dopler spektralny, wiąże się z ekspozycją wielokrotnie większą niż w trakcie normalnego badania 2D.

W pierwszym trymestrze ciąży badanie dopplerowskie wykonujemy tylko przy pełnym uzasadnieniu klinicznym. Zwraca się również uwagę na zachowanie szczególnej ostrożności u ciężarnych gorączkujących. Okazuje się bowiem, że u nich nie jest w pełni wydolny naturalny mechanizm chłodzenia tkanek lokalnie podgrzewanych w trakcie ekspozycji na ultradźwięki.

Badanie ultrasonograficzne jest bezpieczne zarówno dla ciężarnej, jak i dla płodu, ale pamiętajcie, że przez wiele, wiele lat uważano, że badanie radiologiczne również można wykonywać w ciąży, co więcej, określono zasady radiologicznego rozpoznawania ciąży. Zupełnie nie wiemy, jaka będzie wiedza na temat bezpieczeństwa badania ultrasonograficznego za dwadzieścia lat. W związku z tym firmy produkujące aparaty ultrasonograficzne, próbując przetrwać ewentualną odpowiedzialność na lekarzy wykonujących badanie, zadbały o to, aby na dokumentacji zdjęciowej zawarta była informacja o natężeniu wiązki ultradźwiękowej wykorzystywanej w trakcie badania. Zupełnie inna jest informacja na ekranie monitora, który obserwujemy w trakcie wykonywania badania, na termoprinterze drukują się wybrane informacje, ale zawsze jest tam MI i TI. Indeks termiczny często poszerzany jest o dodatkowy skrót oznaczany literą b, c – nie ma to większego



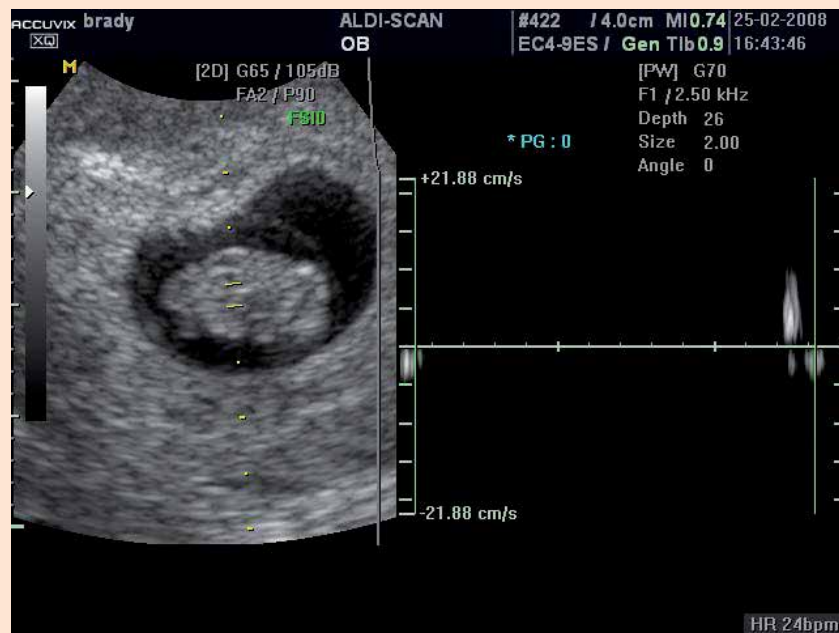
RYCINA 1

Obraz ultrasonograficzny naczyń śródpiersia, w którym za pomocą kolorowego doplera udokumentowano ten sam kierunek przepływu w obu naczyniach.

Aparat Voluson E8 GE. Wartości MI i TIs znajdują się na górze, nieco po prawej stronie.

znaczenia, nie powinien być większy od jedności (ryciny 1 i 2). Jeżeli za dwadzieścia lat osoba, której wykonaliście wczoraj badanie ultrasonograficzne jako 16-tygodniowemu płodowi, nie zda niestety jakiegoś egzaminu na studiach, to może wyciągnąć dokumentację sprzed lat i stwierdzić, że przekro-

czona wartość MI jest przyczyną uszkodzenia tych synaps, które były jej potrzebne do zdania tego egzaminu. I nagle, po dwudziestu latach może być trudno ... Pamiętajcie, wydajemy tylko taką dokumentację badań, która w przyszłości nie może nas pogrążyć.



RYCINA 2 Doppler spektralny wykorzystany do udokumentowania preagonalnej bradykardii płodu. FHR ok. 30/min.

Aparat Accuvix f-my Medison. Wartości MI i Tib wydrukowane na obrazie u góry, po stronie prawej.

ciąg dalszy piśmiennictwa ze str. 18

49. Prowell TM, Davidson NE. What is the role of ovarian ablation in the management of primary and metastatic breast cancer today? *Oncologist*. 2004;9(5):507-517.
50. Kelsey JL, Bernstein L. Epidemiology and prevention of breast cancer. *Annu Rev Public Health*. 1996;17:47-67.
51. Vercellini P, Barbara G, Abbiati A, Somigliana E, Viganò P, Fedele L. Repetitive surgery for recurrent symptomatic endometriosis: what to do? *Eur J Obstet Gynecol Reprod Biol*. 2009;146(1):15-21.
52. Namnoum AB, Hickman TN, Goodman SB, Gehlbach DL, Rock JA. Incidence of symptom recurrence after hysterectomy for endometriosis. *Fertil Steril*. 1995;64(5):898-902.
53. Shakiba K, Bena JF, McGill KM, Minger J, Falcone T. Surgical treatment of endometriosis: a 7-year follow-up on the requirement for further surgery. *Obstet Gynecol*. 2008;111(6):1285-1292.
54. Dekel A, Efrat Z, Orvieto R, et al. The residual ovary syndrome: a 20-year experience. *Eur J Obstet Gynecol Reprod Biol*. 1996;68(1-2):159-164.
55. Bailey CL, Ueland FR, Land GL, et al. The malignant potential of small cystic ovarian tumors in women over 50 years of age. *Gynecol Oncol*. 1998;69(1):3-7.
56. Naylor AC. Hysterectomy—analysis of 2901 personally performed procedures. *S Afr Med J*. 1984;65(7):242-245.

ciąg dalszy piśmiennictwa ze str. 67

36. Sherman DJ, Arieli S, Tovbin J, Siegel G, Caspi E, Bukovsky I. A comparison of clinical and ultrasonic estimation of fetal weight. *Obstet Gynecol* 1998;91:212-7.
37. Beardmore KS, Morris JM, Gallery ED. Excretion of antihypertensive medication into human breast milk: a systematic review. *Hypertens Pregnancy* 2002;21:85-95.
38. National Library of Medicine Toxicology Data Network. Drugs and lactation database. (<http://www.toxnet.nlm.nih.gov/cgi-bin/sis/htmlgen?LACT>)
39. Magee LA, Sibai B, Easterling T, Walkinshaw S, Abalos E, von Dadelszen P. How to manage hypertension in pregnancy effectively. *Br J Clin Pharmacol* 2011 May 4 (Epub ahead of print).
40. Hales CN, Barker DJ. The thrifty phenotype hypothesis. *Br Med Bull* 2001; 60:5-20.
41. The Society of Obstetricians and Gynaecologists of Canada. Diagnosis, evaluation, and management of the hypertensive disorders of pregnancy. *J Obstet Gynaecol Can* 2008;30:51-548.