



WYTYCZNE

# Wytyczne postępowania klinicznego ISUOG: Obrazowanie płodu metodą tomografii rezonansu magnetycznego

Tłumaczył lek. Jacek Paciorek dla „Medycyny Praktycznej – Ginekologii i Położnictwa”

## Komitet ds. Standardów Klinicznych

Międzynarodowe Towarzystwo Ultrasonografii w Położnictwie i Ginekologii (The International Society of Ultrasound in Obstetrics and Gynecology – ISUOG), zaleca stosowanie praktyki klinicznej opartej na naukowych przesłankach i wysokiej jakości szkoleniu. Zadanie opracowania standardów i publikowanie stosownych zaleceń należy do Komisji Standardów Klinicznych (Clinical Standards Committee – CSC) przy ISUOG. Standardy Kliniczne, będące materiałami edukacyjnymi, są oparte na opiniach ekspertów i mają być źródłem informacji dla klinicystów stosujących różne metody obrazowania u kobiet w ciąży. W zamierzeniu ISUOG Standardy Kliniczne mają odzwierciedlać najwyższej jakości wiedzę medyczną, dostępną w czasie publikacji. Chociaż ISUOG dokłada wszelkich starań, aby wytyczne cechowały się w chwili wydania wiarygodnością, ani ISUOG, ani żaden z jego pracowników lub członków nie bierze odpowiedzialności za konsekwencje jakichkolwiek niedokładnych lub błędnych danych, opinii bądź stwierdzeń rozpowszechnionych przez CSC. Dokumenty tego komitetu nie mają na celu ustalenia standardów prawnych opieki medycznej, ponieważ na interpretację danych leżących u podstaw wytycznych mogą wpływać indywidualne okoliczności, lokalne protokoły oraz dostępne środki. Zaakceptowane wytyczne można rozpowszechniać bezpłatnie za zgodą ISUOG ([info@isuog.org](mailto:info@isuog.org)).

## WPROWADZENIE

Obrazowanie płodu metodą rezonansu magnetycznego (*magnetic resonance imaging* – MRI) jest ważnym uzupełnieniem badania ultrasonograficznego (USG)<sup>1</sup>, zwłaszcza w ocenie rozwoju mózgowia<sup>2</sup>. Jak ujawni-

ły wyniki ankiety przeprowadzonej przez International Society of Ultrasound in Obstetrics and Gynecology (ISUOG) w 2014 roku (załącznik S1), obejmującej 60 ośrodków perinatologicznych na całym świecie, w co najmniej 27 krajach MRI płodu wykonuje się przynajmniej w jednej placówce. Jednak jakość obrazowania, zastosowane sekwencje oraz doświadczenie osób przeprowadzających badanie znacznie się różnią w poszczególnych ośrodkach<sup>3</sup>.

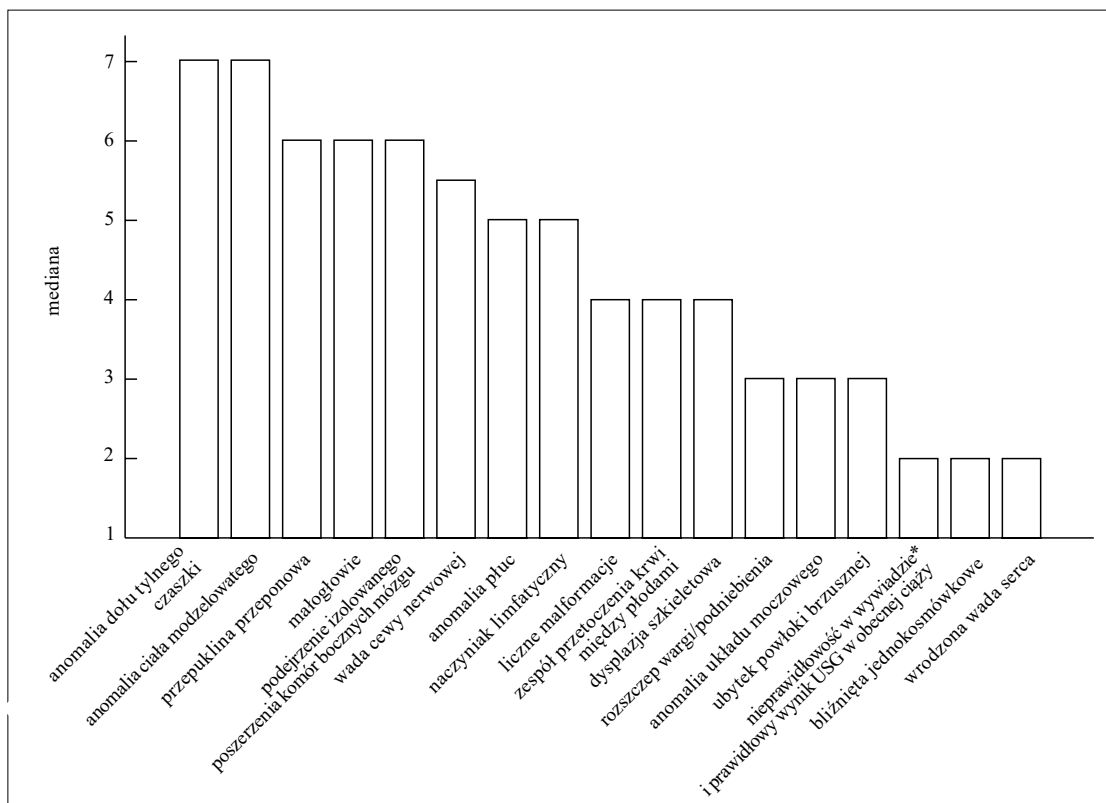
Należy dążyć do zmniejszenia tych różnic poprzez opracowanie wytycznych dokładniej określających rolę MRI w odniesieniu do diagnostycznego USG płodu. Niniejszy dokument przygotowano w celu przedstawienia osobom wykonującym MRI płodu oraz interpretującym je klinicystom informacji na temat nowoczesnych metod przeprowadzania tego badania.

## W jakim celu wykonuje się MRI płodu?

Celem wykonania MRI płodu jest uzupełnienie specjalistycznego USG<sup>4,5</sup> – albo poprzez potwierdzenie jego wyniku, albo poprzez uzyskanie dodatkowych informacji<sup>6</sup>. Obecnie w ramach opieki nad ciężarną nie przeprowadza się MRI jako badania przesiewowego pierwszego wyboru, choć prawdopodobnie umożliwiałoby on wystandaryzowaną i kompletną ocenę anatomii płodu. Na rycinie 1 przedstawiono opinie uczestników ankiety dotyczącej wskazań, w których przypadku MRI może dostarczyć przydatnych informacji.

## Czy MRI płodu jest badaniem bezpiecznym?

Jeśli MRI wykonuje się bez zastosowania środka kontrastującego, nie wykazuje żadnego znanego niekorzystnego działania na płód na którymkolwiek etapie ciąży<sup>7</sup>.



**Ryc. 1.** Wyniki ankiety ISUOG dotyczącej wskazań do MRI płodu, z odpowiedziami klasyfikowanymi w skali od 0 (brak jakichkolwiek wskazań) do 7 (MRI zdecydowanie wskazane). \* Nieprawidłowość w poprzedniej ciąży lub u członka rodziny.

**Tabela 1.** Sugerowani członkowie zespołu wielospecjalistycznego oraz ich rola w przypadku wykonywania tomografii rezonansu magnetycznego płodu

Członek zespołu	Rola
położnik, radiolog	wykonywanie USG (również układu nerwowego), przekazywanie rodzicom informacji dotyczących wyników badania oraz możliwego rozpoznania, udzielanie porad, wskazanie potrzeby wykonania MRI płodu
radiolog, położnik	obecny podczas MRI w celu uzyskiwania odpowiednich płaszczyzn i zmieniania protokołu badania w razie potrzeby; interpretacja i opis badania, udzielanie porad
zespół wielospecjalistyczny, jeśli jest dostępny / konieczny: położnik, radiolog dziecięcy lub neuroradiolog, neurolog dziecięcy, genetyk, inny specjalista dziecięcy, pracownik socjalny, psycholog	udzielanie porad oraz zaleceń na podstawie wyników USG układu nerwowego, MRI, badań genetycznych i laboratoryjnych i/lub danych z wywiadu rodzinnego

Nie odnotowano żadnych niekorzystnych działań MRI w przypadku natężenia pola magnetycznego 1,5 tesli (T)<sup>8</sup>. Nie przeprowadzono jednak badań z udziałem ludzi dotyczących możliwego niekorzystnego wpływu

większego natężenia pola magnetycznego, takiego jak 3,0 T<sup>7,9,10</sup>, choć aktualne dane uzyskane na modelu świńskim wskazują na jego bezpieczeństwo<sup>11</sup>.

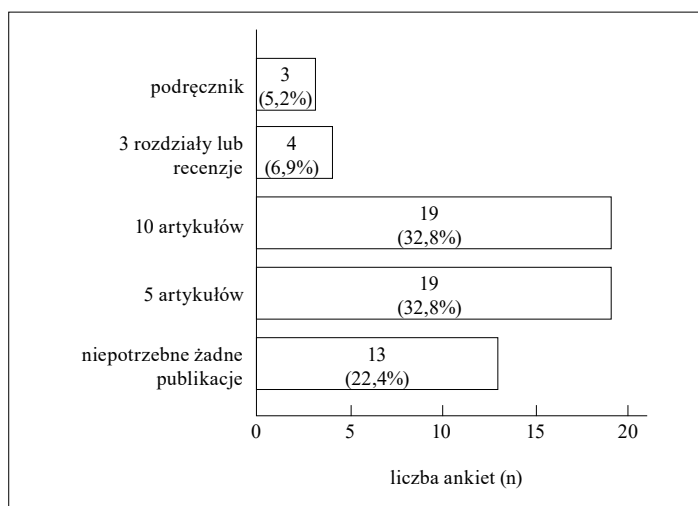
### W jakich okolicznościach należy wykonywać MRI płodu?

Powszechnie zaakceptowanym wskazaniem do wykonywania MRI płodu jest nieuzyskanie pełnych informacji na temat nieprawidłowości stwierdzonej w specjalistycznym USG. W takich przypadkach w MRI można zdobyć ważne dane potwierdzające lub uzupełniające informacje uzyskane w USG oraz umożliwiające zmianę lub modyfikację postępowania.

Czynniki mające obecnie wpływ na podjęcie decyzji o wykonaniu MRI płodu obejmują między innymi: doświadczenie / dostępny sprzęt w pracowni ultrasonograficznej i zakładzie MRI, dostępność MRI, stan zdrowia matki, wiek ciąży, względy bezpieczeństwa, aspekty prawne dotyczące przerwania ciąży oraz życzenia rodziców po uzyskaniu odpowiedniej porady<sup>3,10,12,13</sup>.

W ankiecie ISUOG oceniono konieczność wykonania MRI z wybranych wskazań, a do zaklasyfikowania odpowiedzi użyto 7-punktowej skali oceny, w której 0 oznaczało „w ogóle niewskazane”, a 7 – „zdecydowanie wskazane” (ryc. 1). Różnorodność odpowiedzi odzwierciedla prawdopodobnie rozbieżność między przedstawicielami poszczególnych specjalizacji oraz wachlarz zaburzeń diagnozowanych w każdym z ośrodków. O odmienności opinii może również decydować różny stopień doświadczenia w przeprowadzaniu USG i MRI płodu.

Należy zwrócić uwagę, że wykonanie USG zgodnie z minimalnym zakresem zaleceń ISUOG<sup>5</sup> dotyczących USG II trymestru / podstawowej oceny mózgowia nie stanowi wystarczającej podstawy do skierowania pacjentki na MRI. Konieczne jest przeprowadzenie badania



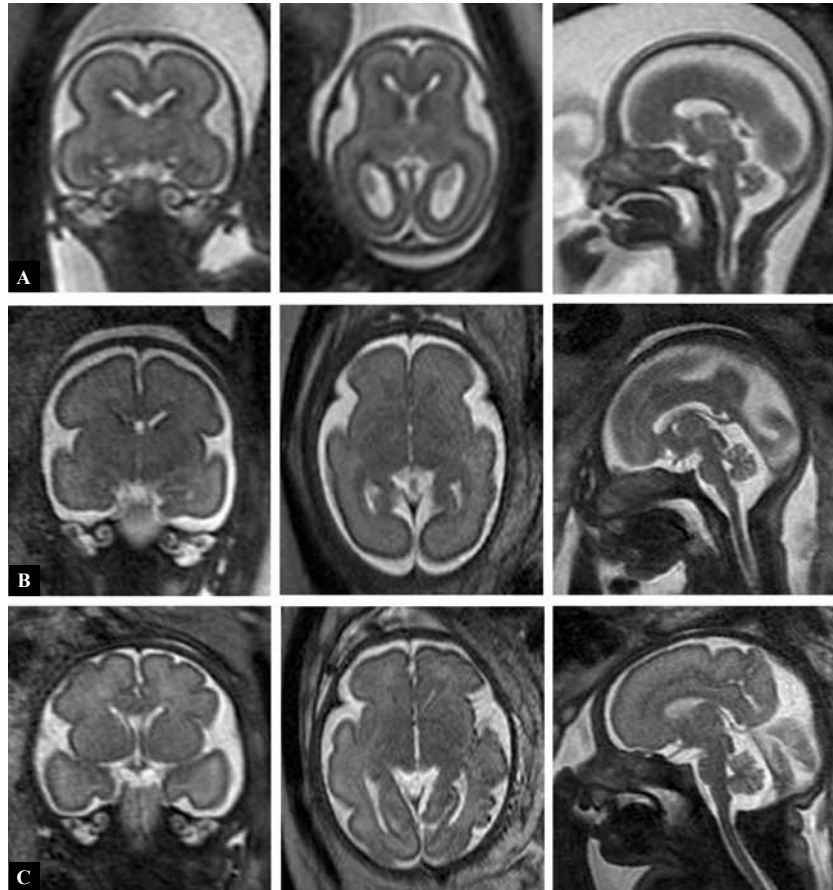
Ryc. 2. Wyniki ankiety ISUOG odnośnie do liczby publikacji na temat MRI, które powinien przygotować dany ośrodek, aby uzyskać status ośrodka szkoleniowego.

z wykorzystaniem dodatkowych przekrojów (wzajemnie prostopadłych) i głowic o większych częstotliwościach i/lub głowic dopochwowych w celu uzyskania szczegółowych danych na temat wykrytej nieprawidłowości<sup>14,15</sup>.

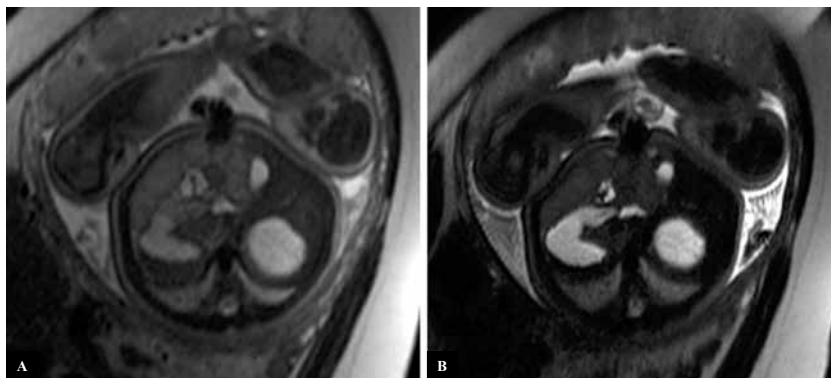
Na wykonywanie MRI płodu w poszczególnych ośrodkach mogą wpływać również obowiązujące praktyki w zakresie przerywania ciąży oraz związane z nimi względy medycznoprawne. W krajach, w których decyzję o aborcji należy podjąć przed 24. tygodniem ciąży, przeprowadzenie MRI przed tym terminem może pomóc rodzicom w podjęciu decyzji o przyszłości ciąży; na ogół jednak lepiej je wykonać pod koniec II trymestru lub w III trymestrze<sup>13</sup>. Chociaż dostępne dane nie są

Tabela 2. Etapy wykonywania tomografii rezonansu magnetycznego płodu

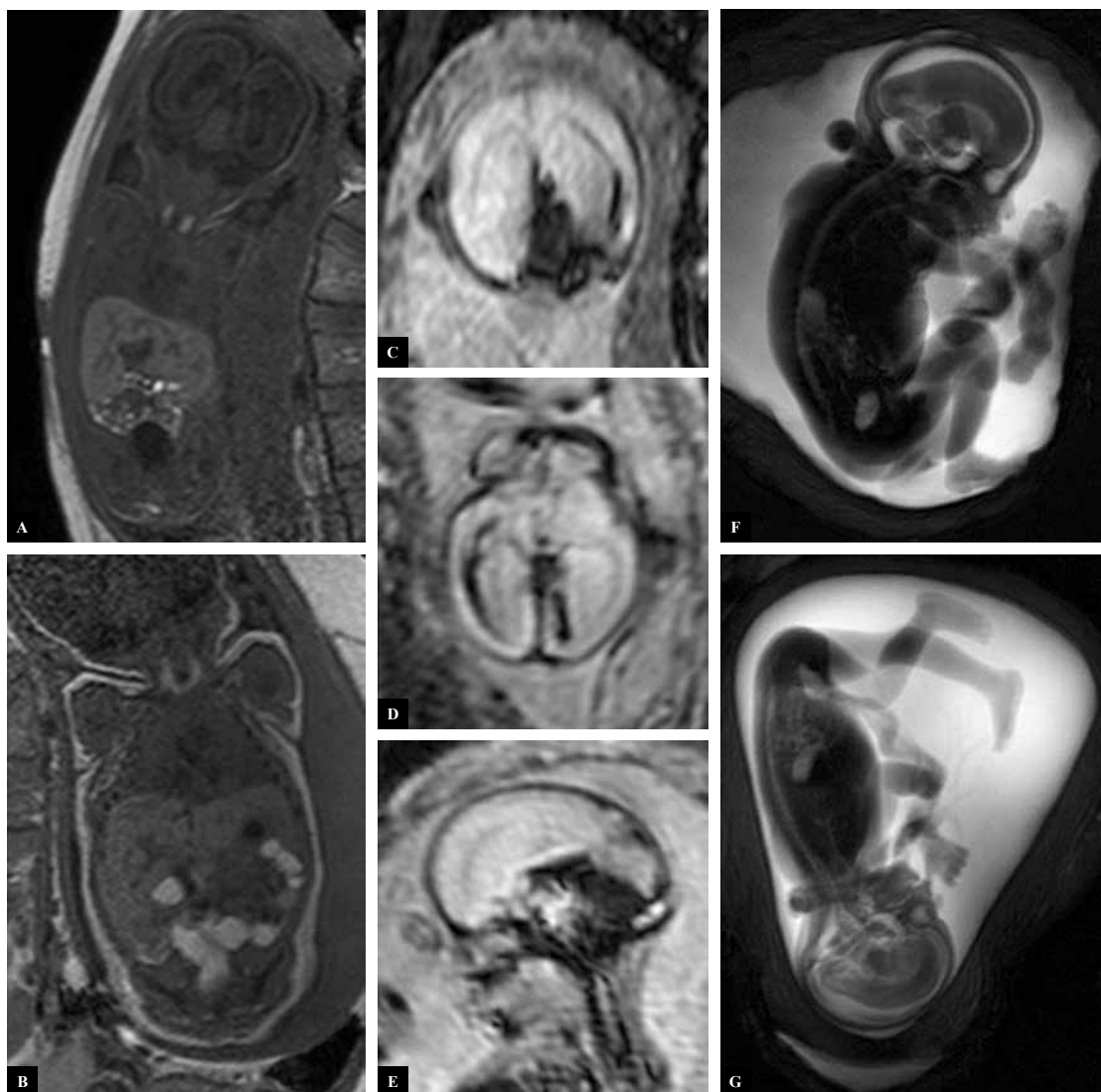
wskazanie	w zależności od jakości poprzednich USG, kwestii klinicznych i wieku ciążowego
poradnictwo u kobiety w ciąży	wyjaśnienie dotyczące wskazań, przeprowadzenia badania, oczekiwanych wyników i następstw; informacja na temat możliwej obecności osoby towarzyszącej; omówienie ewentualnych przeciwwskazań i klaustrofobii oraz zastosowania sedacji w razie konieczności
wymogi pracowni	pisemne skierowanie z wyraźnym wskazaniem problemu/problemów klinicznych, opis USG wraz z ultrasonogramami (jeśli to możliwe), wiek ciążowy potwierdzony/określony na podstawie USG w I trymestrze
postępowanie w pracowni	wyjaśnienie możliwych przeciwwskazań, wygodne ułożenie kobiety (na wznak albo z przechyleniem na lewy bok), odpowiednie ułożenie cewki, wykonanie badania zgodnie z ustalonym protokołem
postępowanie po badaniu	poinformowanie pacjentki o terminie odbioru wyniku badania; w razie pilnych wskazań niezwłoczne przekazanie informacji na temat wyników lekarzowi kierującemu
archiwizacja obrazów, opis	elektroniczna archiwizacja obrazów i ich analiza, sporządzenie ujednoliconych opisów (tab. 3)



**Ryc. 3.** Obrazy w T2-zależnej sekwencji FSE (z długim czasem echa) w płaszczyźnie czołowej, poprzecznej i strzałkowej (od lewej do prawej) prawidłowego mózgowia płodu w 21.<sup>+0</sup> (A), 28.<sup>+1</sup> (B) i 31.<sup>+1</sup> (C) tygodniu ciąży.



**Ryc. 4.** Obrazy w T2-zależnej sekwencji FSE w przekroju poprzecznym u prawidłowego płodu w 39.<sup>+4</sup> tygodniu ciąży pozwalające zaobserwować zależność między krótszym czasem echa a uzyskiwaniem bardziej szczegółowego obrazu ciała płodu. A. Czas echa = 80 ms. B. Czas echa = 140 ms.



**Ryc. 5.** Badanie w sekwencji T2-zależnej stanowi podstawową metodę MRI płodu. Do innych możliwych sekwencji należą: sekwencja T1-zależna (A i B), zastosowana w tym przypadku u prawidłowych płodów w 27.<sup>+1</sup> (A) i 38.<sup>+3</sup> tygodniu ciąży (B), uwidaczniająca hiperintensywne tarczycę oraz wypełnione smółką pętle jelit; obrazy w sekwencjach SSH GRE-EP, uzyskane w tym przypadku w 22.<sup>+6</sup> tygodniu ciąży w płaszczyźnie czołowej (C), poprzecznej (D) i strzałkowej (E) u płodu z krwawieniem wewnątrzkomorowym, uwidaczniające hipointensywne produkty rozpadu krwi, a także sekwencje cholangiopancreatograficzne obejmujące warstwy o łącznej szerokości 40 mm, zastosowane w tym przypadku w 24.<sup>+4</sup> tygodniu ciąży u płodu z malformacją serca (nieprzedstawioną na fotografii) (F) i w 20.<sup>+1</sup> tygodniu ciąży u płodu z przeprostem w stawie kolanowym (G), pozwalające na ocenę proporcji oraz położenia dłoni i stóp.

jednoznaczne, można zalecać wykonanie MRI w celu uspokojenia rodziców odnośnie do ewentualnego występowania dodatkowych nieprawidłowości u płodu, u którego stwierdzono prawdopodobnie izolowane patologie, takie jak poszerzenie układu komorowego mózgowia<sup>16</sup>, agenezja ciała modzelowatego<sup>17</sup>, brak przegrody przeźroczystej oraz wady półkul lub robaka mózdzku<sup>18</sup>.

Ponadto stwierdzono, że MRI płodu jest pomocny w wykrywaniu zmian patologicznych u dziecka, które przeżyło po jatrogennym lub samoistnym zgonie jednego z bliźniąt w przebiegu ciąży jednokosmówkowej<sup>19,20</sup>.



Ryc. 6. Obraz MRI w sekwencji T2-zależnej w przekroju strzałkowym uzyskany w 21.<sup>5</sup> tygodniu ciąży u prawidłowego płodu, uwidaczniający profil z nienaruszonym podniebieniem.

### W jakim wieku ciążowym należy wykonywać MRI płodu?

W MRI płodu wykonanym przed 18. tygodniem ciąży nie uzyskuje się zazwyczaj więcej informacji niż w USG. Niekiedy można zdobyć dodatkowe dane przed 22. tygodniem ciąży<sup>13</sup>; jednak MRI staje się coraz bardziej przydatne dopiero po tym terminie. Do konkretnych przykładów patologii ocenianych w III trymestrze ciąży należą między innymi nieprawidłowości związane z rozwojem

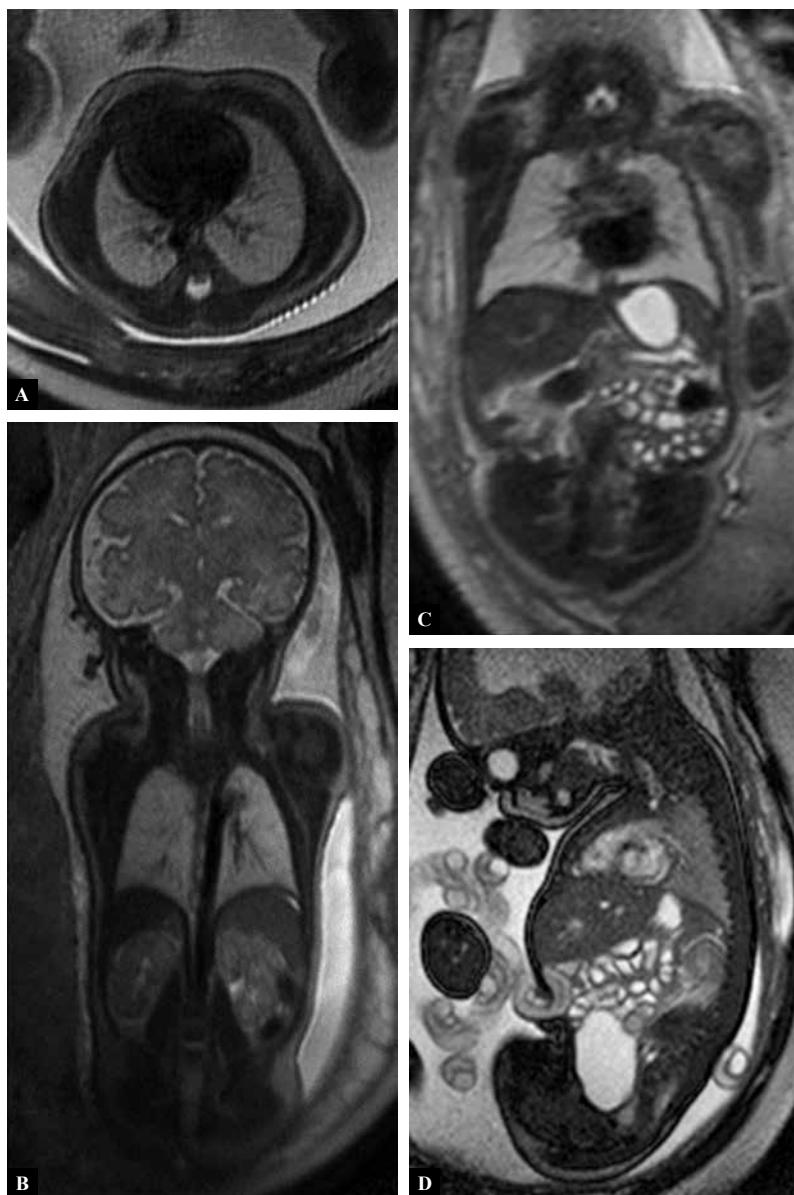
kory mózgowej oraz guzy szyi, które mogą spowodować upośledzenie drożności dróg oddechowych<sup>21</sup>. Większość narządów można dokładnie zobrazować między 26. a 32. tygodniem ciąży, kiedy nieprawidłowości rozwojowe uwidaczniają się w pełni, należy jednak pamiętać, że poszczególne cięższe i płody mogą się między sobą różnić. Wraz z zaawansowaniem ciąży przebywanie w skanerze staje się coraz mniej wygodne, w związku z czym zaleca się rozważenie przechylenia pacjentki na lewy bok.

### Kto powinien wykonywać MRI płodu?

Tomografia rezonansu magnetycznego płodu wykonana z odpowiednich wskazań, we właściwy sposób i prawidłowo zinterpretowana nie tylko wnosi informacje pozwalające ustalić rozpoznanie, ale również może wywierać istotny wpływ na wybór sposobu leczenia, planowanie porodu oraz udzielanie porad. Osoby opisujące MRI płodu powinny mieć wiedzę o możliwych nieprawidłowościach w tej populacji, ponieważ różnią się one od spotykanych w innych grupach wiekowych. Wybieranie stosownych protokołów i technik badania wymaga gruntownego szkolenia, dlatego MRI płodu powinny wykonywać wyłącznie osoby dobrze wyszkolone i posiadające odpowiednią wiedzę. To samo dotyczy interpretacji wyników badania. W celu zintegrowania danych z wywiadu indywidualnego i rodzinnego oraz wyników USG i MRI, a tym samym poprawy opieki nad pacjentkami, w wielu ośrodkach konieczna jest współpraca wielu specjalistów, również w zakresie diagnostyki

Tabela 3. Standardowy opis szczegółowej tomografii rezonansu magnetycznego płodu

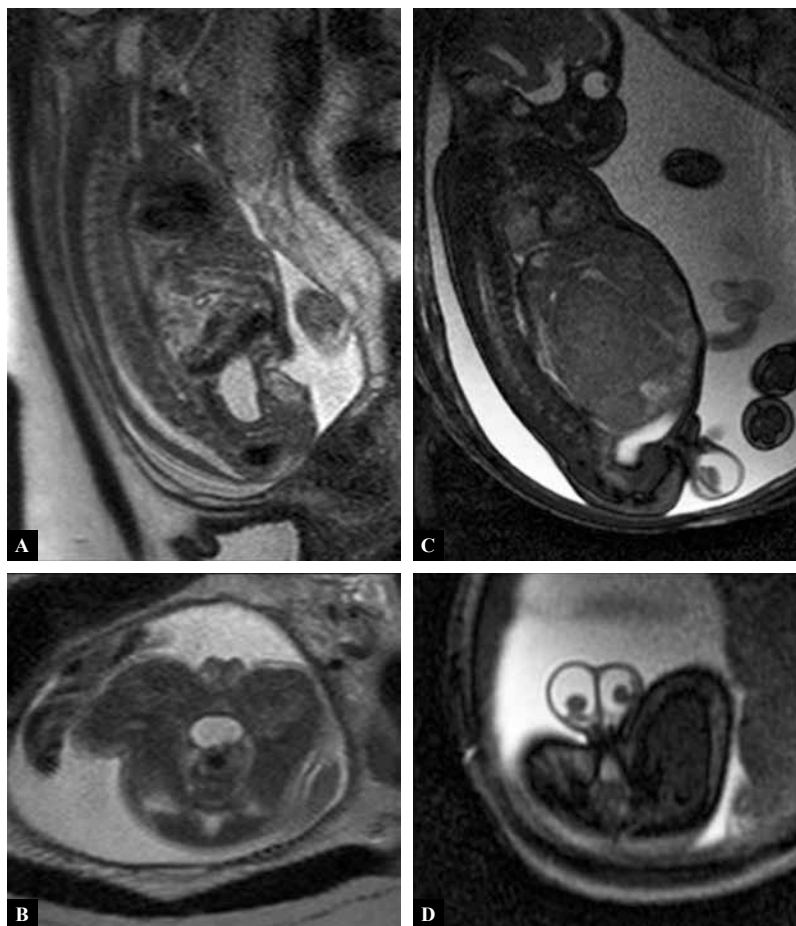
metoda	warunki badania (np. pogorszenie jakości obrazów z powodu ruchów płodu, otyłości matki czy przedwczesnego zakończenia badania), natężenie pola, cewka, sekwencje, płaszczyzny
głowa	profil, podniebienie twarde i miękkie (ryc. 6), czaszka, pomiary oczu
mózgowie	odpowiednie do wieku płodowego wykształcenie się rowków i zakrętów, uwarstwienie tkanki mózgu (>30. tc. – mielinizacja i premielinizacja), układ komór, mózdzek, struktury linii środkowej oraz szerokość przestrzeni płynu mózgowo-rdzeniowego (ryc. 3)
klatka piersiowa	kształt klatki piersiowej, sygnał płuc, ogólna ocena budowy serca (niebadane szczegółowo; ryc. 7.A i B)
brzuch	położenie płodu, żołądek i pęcherzyk żółciowy (wypełnienie płynem), sygnał płynu i smółki w jelicie (ryc. 7.C i D), nerki, pęcherz moczowy (wypełnienie płynem); na życzenie: żeńskie/męskie zewnętrzne narządy płciowe (w przypadku tych drugich zstąpienie jąder) (ryc. 8)
struktury pozapłodowe	pepowina (liczba naczyń), objętość płynu owodniowego, umiejscowienie i struktura łożyska, długość szyjki macicy (ryc. 9) tylko w przypadku jej znacznego skrócenia
szkielet (jeśli jest badany)	przebieg i ciągłość kręgosłupa, kształt, długość i położenie kości, palców kończyn dolnych i górnych (nie zawsze można dokonać oceny, zwłaszcza przy minimalnej ilości płynu owodniowego, tj. >32.–35. tc.)



**Ryc. 7.** Obrazy MRI prawidłowej klatki piersiowej (A i B) oraz brzucha płodu (C i D). **A.** Obraz w sekwencji T2-zależnej w przekroju poprzecznym u płodu uzyskany w 34.<sup>+2</sup> tygodniu ciąży, uwidaczniający prawidłowo ukształtowaną klatkę piersiową oraz płuca o regularnym sygnale, odpowiednim do wieku ciążowego. **B.** Obraz w płaszczyźnie czołowej uzyskany w 35.<sup>+3</sup> tygodniu ciąży, uwidaczniający dodatkowo fragmenty wątroby, nerek oraz nadnercze po stronie prawej. **C.** Obraz w sekwencji T2-zależnej w płaszczyźnie czołowej u płodu uzyskany w 32.<sup>+2</sup> tygodniu ciąży, uwidaczniający wypełniony płynem żołądek oraz pętle jelita. **D.** Obraz w sekwencji SSFP w płaszczyźnie strzałkowej u płodu uzyskany w 35.<sup>+6</sup> tygodniu ciąży, uwidaczniający dodatkowo wypełniony płynem pęcherz moczowy. Należy zwrócić uwagę na hiperintensywność serca (D), której to cechy nie zobrazowano w sekwencji T2-zależnej (C).

prenatalnej, perinatologii, neonatologii, neurologii dziecięcej i neuroradiologii, genetyki oraz innych dziedzin pokrewnych (tab. 1). W celu zapewnienia pacjentce najlepszej porady oraz umożliwienia wyboru sposobu le-

czenia niezbędne mogą się okazać konsultacje genetyka i innych specjalistów w dziedzinie pediatrii.



**Ryc. 8.** Obrazy MRI w sekwencji T2-zależnej w przekroju strzałkowym (A) i poprzecznym (B) u prawidłowego płodu żeńskiego uzyskane w 31.<sup>+1</sup> tygodniu ciąży, uwidaczniające zewnętrzne narządy płciowe. Obrazy w sekwencji SSFP w przekroju strzałkowym (C) i poprzecznym (D) uzyskane w 35.<sup>+1</sup> tygodniu ciąży u płodu męskiego ze zstąpionymi jądrami i wodniakami, w tym przypadku stanowiącymi następstwo guza wątroby.

### Gdzie powinny się szkolić osoby wykonujące MRI płodu?

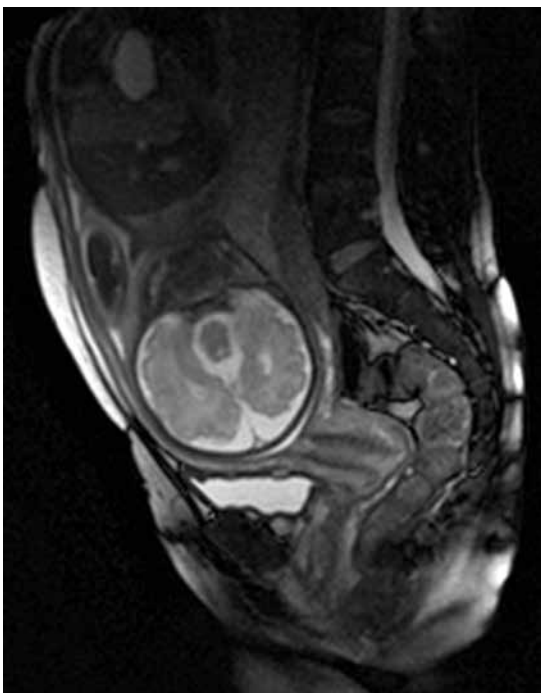
Nie wiadomo, czy obecnie w jakimś kraju istnieje uznawana specjalizacja w zakresie MRI płodu, jednak osoby wykonujące takie badanie powinny przejść specjalistyczne szkolenie w odpowiednim ośrodku, dające im możliwość wykonywania nowoczesnej MRI płodu po przeprowadzeniu wystarczającej liczby badań. [**ZASADA DOBREJ PRAKTYKI**; tzn. najlepsze zalecane postępowanie oparte na doświadczeniu klinicznym zespołu ekspertów opracowującego wytyczne].

Przez ośrodek szkoleniowy rozumie się instytucję kształcąca studentów, lekarzy i techników radiologii w zakresie umiejętności wykonywania MRI płodu. Uży-

skanie uprawnień szkoleniowych przez dany ośrodek wymaga spełnienia następujących wymogów:

- 1) ośrodek powinien zatrudniać różnych specjalistów zajmujących się omawianym badaniem, w tym między innymi specjalistów medycyny matczyno-płodowej, radiologów i położników;
- 2) ośrodek powinien mieć odpowiednie doświadczenie, przekładające się na co najmniej 500 wykonanych MRI płodu i przeprowadzanie co najmniej 2 badań tygodniowo;
- 3) pracownicy ośrodka powinni publikować artykuły naukowe lub podręczniki w tej dziedzinie (ryc. 2).





Ryc. 9. Obraz MRI w sekwencji T2-zależnej w przekroju strzałkowym przez brzuch matki, uwidaczniający prawidłową szyjkę macicy u kobiety w 33. tygodniu ciąży.

## ZALECENIA

Wykonywanie MRI płodu zgodnie z wystandaryzowanymi kryteriami (tab. 2) umożliwi poprawę prowadzenia ciąży powikłanej wadami wrodzonymi płodu lub nieprawidłowościami nabytymi. **[ZASADA DOBREJ PRAKTYKI]**

### Jak należy wykonywać MRI płodu?

#### Natężenie pola

Obecnie najczęściej stosuje się natężenie pola magnetycznego 1,5 T, zapewniające wystarczającą rozdzielczość obrazu już w 18. tygodniu ciąży<sup>22</sup>. Natężenie 3 T może pozwolić na uzyskanie obrazów o większej rozdzielczości oraz lepszym stosunku sygnału do szumu, przy czym dostarczana energia jest porównywalna lub nawet mniejsza<sup>22</sup>. Niemniej obecnie nie zaleca się stosowania większego natężenia pola magnetycznego w obrazowaniu płodu *in vivo*<sup>10</sup>.

### Przebieg badania

1. Wykluczyć przeciwwskazania do MRI<sup>22</sup>.
2. Uzyskać świadomą zgodę ciężarnej.
3. Odnotować wiek ciążowy, najlepiej ustalony na podstawie USG przeprowadzonego w I trymestrze<sup>23</sup>, oraz wcześniejsze wyniki oceny klinicznej i USG.
4. Rozważyć zastosowanie sedacji w celu ograniczenia ruchów płodu i/lub artefaktów oraz u kobiet lub cierpiących na zaburzenia lękowe lub klaustrofobię.
5. Poprosić pacjentkę o ułożenie się na stole w wygodnej pozycji<sup>24</sup>.
6. W niektórych przypadkach, zgodnie z przepisami bezpieczeństwa obowiązującymi w poszczególnych instytucjach, rozważyć obecność osoby towarzyszącej w pokoju badań<sup>25</sup>.
7. Wykonać skany lokalizacyjne.
8. Upewnić się odnośnie do prawidłowego ułożenia cewki, pamiętając, że główny badany narząd powinien się znajdować w jej centralnej części; zaplanować następne sekwencje.
9. Ocenić główny badany narząd.
10. Jeśli są ku temu wskazania, przejść do wykonania pełnego badania całego płodu oraz struktur pozapłodowych (w tym pępowiny, łożyska i szyjki macicy).
11. Poinformować niezwłocznie lekarza kierującego w razie wystąpienia stanu wymagającego szybkiej interwencji, takiego jak podejrzenie przedwczesnego oddzielania się łożyska czy uszkodzenia mózgowia płodu w wyniku niedokrwienia i niedotlenienia.

### Wybór sekwencji

1. Sekwencje T2-zależne stanowią podstawową technikę MRI płodu; zazwyczaj stosuje się T2-zależne sekwencje szybkiego echa spinowego (*fast spin echo* – FSE) lub sekwencje swobodnej precesji stanu stałego (*steady-state free-precession* – SSFP). Do obrazowania mózgu płodu należy wykorzystać sekwencje FSE z długim czasem echa (ryc. 3). Krótszy czas echa zapewnia lepsze skonstrastowanie tkanek ciała płodu (ryc. 4). Zastosowanie T2-zależnych sekwencji SSFP umożliwi uzyskanie danych u poruszającego się płodu i odróżnienie na przykład naczyń krwionośnych od tkanek litych<sup>26</sup>.

2. Badanie w sekwencjach T1-zależnych wykonuje się z zastosowaniem dwuwymiarowych sekwencji echa gradientowego (*gradient echo* – GRE) przy natężeniu pola magnetycznego 1,5 T. Średni czas trwania sekwencji wynosi 15 sekund, co pozwala na wykonanie obrazowania podczas wstrzymania przez matkę oddechu, a tym samym ułatwia uzyskanie obrazów wolnych od artefaktów spowodowanych ruchem<sup>27</sup>. Badanie w sekwencji T1-zależnej umożliwia uwidocznienie methemoglobiny w przypadku krwotoku podostrego, a także zwapnień, gruczołów czy smółki<sup>27</sup> (ryc. 5.A i B).
3. W celu uwidocznienia struktur kostnych, zwapnień oraz produktów rozpadu krwi (takich jak wskazująca na świeże krwawienie deoksyhemoglobina czy obecna w starszych skrzepach hemosyderyna) stosuje się sekwencje pojedynczego strzału wysokiej rozdzielczości (*single-shot high-resolution* – SSH) GRE echa planarnego (GRE-EP)<sup>28</sup> (ryc. 5. C–E).
4. Można również zastosować sekwencje zależne od dyfuzji, obrazowanie tensora dyfuzji, dynamiczne sekwencje SSFP oraz sekwencje cholangiopancreatograficzne SSH, w których uzyskuje się obrazy podobne do trójwymiarowych (fot. 5.F i G).

We wszystkich przypadkach pole obrazowania należy dostosować do obszaru zainteresowania. Zwykle odpowiednia jest grubość warstwy wynosząca 3–5 mm, z odstępem między warstwami 10–15%. W badaniu powinno się uzyskać przynajmniej obrazy mózgowia i ciała płodu z sekwencji T2-zależnej w 3 wzajemnie prostopadłych płaszczyznach, oraz obrazy z sekwencji T1-zależnej i GRE-EP w jednej lub 2 płaszczyznach, najlepiej czołowej i strzałkowej.

Ten protokół „minimum” powinien zostać zrealizowany w czasie krótszym niż 30 minut, co uwzględnia już ruchy płodu oraz ewentualne powtórzenie sekwencji. Jedynie badania wykonane według opisanego wyżej protokołu można uważać za nowoczesne. **[ZASADA DOBREJ PRAKTYKI]**

#### *Standardowe płaszczyzny badania mózgowia płodu*

1. Przekroje w płaszczyźnie strzałkowej głowy, w tym środkowostrzałkowej, uwidaczniające ciało modzełowe, wodociąg mózgu i przysadkę mózgową.

2. Przekroje w płaszczyźnie czołowej równoległe do pnia mózgu, uwidaczniające symetrycznie struktury ucha wewnętrznego.
3. Przekroje w płaszczyźnie poprzecznej, prostopadłe do przekrojów w płaszczyźnie strzałkowej, równoległe do przebiegu ciała modzełowego (lub podstawy czaszki w przypadku braku ciała modzełowego), z symetrią boczną dostosowaną do przekrojów w płaszczyźnie czołowej.

#### *Standardowe płaszczyzny badania ciała płodu*

Obrazowanie w tych płaszczyznach jest trudniejsze do wykonania, ponieważ płód znajduje się zazwyczaj w pozycji uniemożliwiającej uzyskanie przekrojów we wzajemnie prostopadłych płaszczyznach.

1. Przekroje w płaszczyźnie strzałkowej można uzyskać poprzez umieszczenie środkowej warstwy wzdłuż przebiegu piersiowego odcinka kręgosłupa oraz przyczepu pępowiny.
2. Przekroje w płaszczyźnie czołowej należy dostosować do przebiegu kręgosłupa (równoległe do piersiowego odcinka kręgosłupa oraz przedniej ściany ciała płodu na poziomie brzucha).
3. Warstwy w płaszczyźnie poprzecznej powinny być prostopadłe do osi długiej kręgosłupa na poziomie obszaru zainteresowania; na przykład wykonanie pomiaru objętości płuc wymaga uzyskania przekrojów w płaszczyźnie poprzecznej prostopadłych do odcinka piersiowego kręgosłupa.

Choć zazwyczaj pomiarów dokonuje się wcześniej w USG, to w szczególnych przypadkach pomiar pewnych struktur w MRI może dostarczyć dodatkowych informacji<sup>12</sup>. Należy pamiętać, że w tym drugim badaniu wyniki pomiarów struktur zawierających płyn są na ogół o około 10% większe od uzyskanych w USG. Prawidłowa objętość płuc (z uwzględnieniem wieku ciążowego) w MRI koreluje z objętością ciała płodu<sup>29</sup> i jest uznawana za czynnik rokowniczy w przypadku patologii tego narządu<sup>30</sup>.

#### *Archiwizacja obrazów rezonansu magnetycznego*

Całe badanie należy zarchiwizować zgodnie z obowiązującymi w danym ośrodku zasadami, najlepiej w formie elektronicznej. Badanie można utwalić na płytach kom-

paktowych w celu umożliwienia pacjentce uzyskania niezależnej opinii innego lekarza. **[ZASADA DOBREJ PRAKTYKI]**

### Opis badania

W opisie badania należy wyraźnie odróżnić jego 2 rodzaje:

1. Badanie celowane, w którym poszukuje się jedynie konkretnej anomalii płodowej. Jego celem jest opis konkretnego narządu lub uzyskanie odpowiedzi na określone pytanie, a nie ocena całego płodu.
2. Badanie szczegółowe, obejmujące standardową ocenę anatomii całego płodu dokonywaną w podobny sposób do opisanego w wytycznych ISUOG<sup>5</sup> dotyczących USG w II trymestrze ciąży (lub innych obowiązkujących w danym ośrodku wytycznych; tab. 3). Badanie takie może obejmować struktury trudniejsze do uwidocznienia w MRI niż w USG, na przykład serce. Struktury pozapłodowe, takie jak pępowina, łożysko i szyjka macicy, oraz płyn owodniowy (ilość i intensywność sygnału) opisuje się wówczas, gdy istnieją ku temu wskazania kliniczne. W opisie należy wyraźnie zaznaczyć struktury, których nie uwzględnia się rutynowo w takich badaniach.

Standardowe opisy powinno się sporządzać zgodnie z sugerowaną formą przedstawioną w tabeli 3. **[ZASADA DOBREJ PRAKTYKI]**

Ponieważ MRI nie stanowi zazwyczaj badania pierwszego wyboru, lecz badanie uzupełniające USG wykonane w II trymestrze ciąży<sup>31</sup>, powinno się w nim koncentrować na strukturach, których ocena w USG jest trudniejsza. W razie takiej potrzeby można dokonać szczegółowej oceny anatomii płodu.

### AUTORZY WYTYCZNYCH

D. Prayer\*, Division of Neuroradiology and Musculoskeletal Radiology, Department of Radiology, Medical University of Vienna, Wiedeń, Austria; G. Malinger\*, Division of Ultrasound in Obstetrics & Gynecology, Lis Maternity Hospital, Sourasky Medical Center and Sackler Faculty of Medicine, Tel Aviv University, Tel Awiw, Izrael; P.C. Brugger, Division of Anatomy, Center for Anatomy and Cell Biology, Medical University of Vienna, Wiedeń, Austria; C. Cassady, Texas Children's Hospital and Fetal Center, Houston, Teksas, USA; L. De Catte, Department of Obstetrics & Gynecology, University Hospitals Leuven, Leuven, Belgia; B. De Keersmaecker, Department of

Obstetrics & Gynecology, University Hospitals Leuven, Leuven, Belgia; G.L. Fernandes, Fetal Medicine Unit, Department of Obstetrics, ABC Medicine University, Santo Andre, Brazylia; P. Glanc, Departments of Radiology and Obstetrics & Gynecology, University of Toronto and Sunnybrook Research Institute, Obstetrical Ultrasound Center, Department of Medical Imaging, Body Division, Sunnybrook Health Sciences Centre, Toronto, Kanada; L.F. Gonçalves, Fetal Imaging, William Beaumont Hospital, Royal Oak and Oakland University William Beaumont School of Medicine, Rochester, MI, USA; G.M. Gruber, Division of Anatomy, Center for Anatomy and Cell Biology, Medical University of Vienna, Wiedeń, Austria; S. Laifer-Narin, Division of Ultrasound and Fetal MRI, Columbia University Medical Center – New York Presbyterian Hospital, Nowy York, NY, USA; W. Lee, Department of Obstetrics and Gynecology, Baylor College of Medicine and Texas Children's Pavilion for Women, Houston, TX, USA; A.-E. Millischer, Radiodiagnostics Department, Hôpital Necker-Enfants Malades, Assistance Publique-Hôpitaux de Paris, Université Paris Descartes, Paryż, Francja; M. Molho, Diagnostique Ante Natal, Service de Neuro-radiologie, CHU Sud Réunion, St Pierre, La Réunion, Francja; J. Neelavalli, Department of Radiology, Wayne State University School of Medicine, Detroit, MI, USA; L. Platt, Department of Obstetrics and Gynecology, David Geffen School of Medicine, Los Angeles, CA, USA; D. Pugash, Department of Radiology, University of British Columbia and Department of Obstetrics and Gynecology, BC Women's Hospital, Vancouver, Kanada; P. Ramaekers, Prenatal Diagnosis, Department of Obstetrics and Gynecology, Ghent University Hospital, Gandawa, Belgia; L.J. Salomon, Department of Obstetrics, Hôpital Necker-Enfants Malades, Assistance Publique-Hôpitaux de Paris, Université Paris Descartes, Paryż, Francja; M. Sanz, Department of Obstetrics and Gynecology, Baylor College of Medicine and Texas Children's Pavilion for Women, Houston, TX, USA; I.E. Timor-Tritsch, Division of Obstetrical & Gynecological Ultrasound, NYU School of Medicine, Nowy York, NY, USA; B. Tutschek, Department of Obstetrics & Gynecology, Medical Faculty, Heinrich Heine University, Düsseldorf, Germany and Prenatal Zurich, Zurich, Szwajcaria; D. Twickler, University of Texas Southwestern Medical Center, Dallas, TX, USA; M. Weber, Division of Neuroradiology and Musculoskeletal Radiology, Department of Radiology, Medical University of Vienna, Wiedeń, Austria; R. Ximenes, Fetal Medicine Foundation Latin America, Centrus, Campinas, Brazylia; N. Raine-Fenning, Department of Child Health, Obstetrics & Gynaecology, School of Medicine, University of Nottingham and Nurture Fertility, The Fertility Partnership, Nottingham, Wielka Brytania.

\* Wkład autorów artykułu D.P. i G.M. był podobny.

### JAK CYTOWAĆ

Niniejsze wytyczne należy cytować następująco: 'Prayer D, Malinger G, Brugger PC, Cassady C, De Catte L, De

Keersmaecker B, Fernandes GL, Glanc P, Gonçalves LF, Gruber GM, Laifer-Narin S, Lee W, Millischer A-E, Molho M, Neelavalli J, Platt L, Pugash D, Ramackers P, Salomon LJ, Sanz M, Timor-Tritsch IE, Tutschek B, Twickler D, Weber M, Ximenes R, Raine-Fenning N. ISUOG Practice Guidelines: performance of fetal magnetic resonance imaging. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2017; 49: 671–680.

## PIŚMIENNICTWO

- Hedrick H.L., Flake A.W., Crombleholme T.M., et al.: History of fetal diagnosis and therapy: Children's Hospital of Philadelphia experience. *Fetal Diagn. Ther.*, 2003; 18: 65–82
- Jokhi R.P., Whitby E.H.: Magnetic resonance imaging of the fetus. *Dev. Med. Child Neurol.*, 2011; 53: 18–28
- Malinger G., Lev D., Lerman-Sagie T.: Is fetal magnetic resonance imaging superior to neurosonography for detection of brain anomalies? *Ultrasound Obstet. Gynecol.*, 2002; 20: 317–321
- Sonographic examination of the fetal central nervous system: guidelines for performing the 'basic examination' and the 'fetal neurosonogram'. *Ultrasound Obstet. Gynecol.*, 2007; 29: 109–116
- Salomon L.J., Alfirevic Z., Berghella V., et al.: Practice guidelines for performance of the routine mid-trimester fetal ultrasound scan. *Ultrasound Obstet. Gynecol.*, 2011; 37: 116–126
- Jakab A., Pogledic I., Schwartz E., et al.: Fetal cerebral magnetic resonance imaging beyond morphology. *Semin. Ultrasound CT MR*, 2015; 36: 465–475
- Ray J.G., Vermeulen M.J., Bharatha A., Montanera W.J., Park A.L.: Association between MRI exposure during pregnancy and fetal and childhood outcomes. *JAMA*, 2016; 316: 952–961
- Bouyssi-Kobar M., du Plessis A.J., Robertson R.L., Limperopoulos C.: Fetal magnetic resonance imaging: exposure times and functional outcomes at preschool age. *Pediatr. Radiol.*, 2015; 45: 1823–1830
- Victoria T., Jaramillo D., Roberts T.P., et al.: Fetal magnetic resonance imaging: jumping from 1.5 to 3 tesla (preliminary experience). *Pediatr. Radiol.*, 2014; 44: 376–386; quiz: 373–375
- Patenaude Y., Pugash D., Lim K., et al.: The use of magnetic resonance imaging in the obstetric patient. *J. Obstet. Gynaecol. Can.*, 2014; 36: 349–363
- Cannie M.M., Keyzer F.D., Laere S.V., et al.: Potential heating effect in the gravid uterus by using 3-T MR imaging protocols: Experimental study in miniature pigs. *Radiology*, 2016; 279: 754–761
- Garel C.: *MRI of the Fetal Brain: Normal development and cerebral pathologies*. Springer: Berlin, Heidelberg, 2004
- Reddy U.M., Abuhamad A.Z., Levine D., Saade G.R.: Fetal imaging: Executive summary of a Joint Eunice Kennedy Shriver National Institute of Child Health and Human Development, Society for Maternal-Fetal Medicine, American Institute of Ultrasound in Medicine, American College of Obstetricians and Gynecologists, American College of Radiology, Society for Pediatric Radiology, and Society of Radiologists in Ultrasound Fetal Imaging Workshop. *Am. J. Obstet. Gynecol.*, 2014; 210: 387–397
- Malinger G., Ben-Sira L., Lev D., Ben-Aroya Z., Kidron D., Lerman-Sagie T.: Fetal brain imaging: a comparison between magnetic resonance imaging and dedicated neurosonography. *Ultrasound Obstet. Gynecol.*, 2004; 23: 333–340
- Malinger G., Kidron D., Schreiber L., et al.: Prenatal diagnosis of malformations of cortical development by dedicated neurosonography. *Ultrasound Obstet. Gynecol.*, 2007; 29: 178–191
- Melchiorre K., Bhide A., Gika A.D., Pilu G., Papageorghiu A.T.: Counseling in isolated mild fetal ventriculomegaly. *Ultrasound Obstet. Gynecol.*, 2009; 34: 212–224
- Moutard M.L., Kieffer V., Feingold J., et al.: Isolated corpus callosum agenesis: a ten-year follow-up after prenatal diagnosis (how are the children without corpus callosum at 10 years of age?). *Prenat. Diagn.*, 2012; 32: 277–283
- Guibaud L., Larroque A., Ville D., et al.: Prenatal diagnosis of 'isolated' Dandy-Walker malformation: imaging findings and prenatal counselling. *Prenat. Diagn.*, 2012; 32: 185–193
- Griffiths P.D., Sharrack S., Chan K.L., Bamfo J., Williams F., Kilby M.D.: Fetal brain injury in survivors of twin pregnancies complicated by demise of one twin as assessed by in utero MR imaging. *Prenat. Diagn.*, 2015; 35: 583–591
- Jatzko B., Rittenschöber-Bohm J., Mailath-Pokorny M., et al.: Cerebral lesions at fetal magnetic resonance imaging and neurologic outcome after single fetal death in monozygotic twins. *Twin Res. Hum. Genet.*, 2015; 18: 606–612
- Twickler D.M., Magee K.P., Caire J., Zaretsky M., Fleckenstein J.L., Ramus R.M.: Second-opinion magnetic resonance imaging for suspected fetal central nervous system abnormalities. *Am. J. Obstet. Gynecol.*, 2003; 188: 492–496
- Shellock F.G., Crues J.V.: MR procedures: biologic effects, safety, and patient care. *Radiology*, 2004; 232: 635–652
- Salomon L.J., Alfirevic Z., Bilardo C.M., et al.: ISUOG practice guidelines: performance of first-trimester fetal ultrasound scan. *Ultrasound Obstet. Gynecol.*, 2013; 41: 102–113
- Kienzl D., Berger-Kulemann V., Kasprian G., et al.: Risk of inferior vena cava compression syndrome during fetal MRI in the supine position – a retrospective analysis. *J. Perinat. Med.*, 2014; 42: 301–306
- Leithner K., Prayer D., Porstner E., et al.: Psychological reactions related to fetal magnetic resonance imaging: a follow-up study. *J. Perinat. Med.*, 2013; 41: 273–276
- Brugger P.C., Stühr F., Lindner C., Prayer D.: Methods of fetal MR: beyond T2-weighted imaging. *Eur. J. Radiol.*, 2006; 57: 172–181
- Asenbaum U., Brugger P.C., Woitek R., Furtner J., Prayer D.: [Indications and technique of fetal magnetic resonance imaging]. *Radiologe*, 2013; 53: 109–115
- Prayer D., Brugger P.C., Kasprian G., et al.: MRI of fetal acquired brain lesions. *Eur. J. Radiol.*, 2006; 57: 233–249
- Weidner M., Hagelstein C., Debus A., et al.: MRI-based ratio of fetal lung volume to fetal body volume as a new prognostic marker in congenital diaphragmatic hernia. *AJR Am. J. Roentgenol.*, 2014; 202: 1330–1336
- Zamora I.J., Sheikh F., Cassady C.I., et al.: Fetal MRI lung volumes are predictive of perinatal outcomes in fetuses with congenital lung masses. *J. Pediatr. Surg.*, 2014; 49: 853–858; discussion: 858
- Yagel S., Cohen S.M., Porat S., et al.: Detailed transabdominal fetal anatomic scanning in the late first trimester versus the early second trimester of pregnancy. *J. Ultrasound Med.*, 2015; 34: 143–149

### Informacje uzupełniające dostępne w internecie

W wersji on-line niniejszego artykułu można znaleźć załącznik S1 – ankietę przeprowadzoną przez Fetal MRI Special Interest Group of the International Society of Ultrasound in Obstetrics and Gynecology w 2014 roku.