

Rezonans magnetyczny płodu – nowa metoda diagnostyczna w algorytmie prenatalnej opieki medycznej – doświadczenia własne

Fetal magnetic resonance – a new diagnostic method in the algorithm of prenatal medical care – the author's own experience

© GINEKOLOGIA I POŁOŻNICTWO 1 (7) 2008

Artykuł poglądowy/Review article

IZABELA HERMAN-SUCHARSKA^{1,3}, ANNA MAMAK-BAŁAGA², AGNIESZKA GLEŃ¹, ANDRZEJ URBANIK¹, EWA KLUCZEWSKA^{4,5}

Ośrodek:

- ¹ Katedra Radiologii CMUJ Kraków
Kierownik: dr hab. n. med. Andrzej Urbanik
- ² Klinika Patologii Ciąży CMUJ Kraków
Kierownik: dr hab. n. med. Józef Tomaszczyk
- ³ Medyczne Centra Diagnostyczne Voxel S.A. Kraków
Kierownik: dr n. med. Izabela Herman-Sucharska
- ⁴ Katedra i Zakład Radiologii Lekarskiej i Radiodiagnostyki w Zabrze ŚUM w Katowicach
Kierownik: dr hab. n. med. Ewa Kluczevska
- ⁵ Medyczne Centra Diagnostyczne Voxel S.A. Bytom
Kierownik: dr Zbigniew Celej

Adres do korespondencji/Address for correspondence

dr n. med. Izabela Herman-Sucharska

Katedra Radiologii CMUJ

ul. Kopernika 19, Kraków, Poland

tel. 48 12 424776, e-mail: isuchar@poczta.onet.pl

Statystyka/Statistic

Liczba słów/Word count	1836/2200
Tabele/Tables	0
Ryciny/Figures	35
Piśmiennictwo/References	25

Received: 15.11.2007
Accepted: 03.01.2008
Published: 12.03.2008

Streszczenie

Rezonans magnetyczny jest nieinwazyjnym, bezpiecznym badaniem obrazowym, które można wykonać, jako badanie uzupełniające przy podejrzeniu anomalii rozwojowych stwierdzonych u płodu na podstawie badania ultrasonograficznego. Prezentowane w pracy dane z piśmiennictwa sugerują pozytywny wpływ wprowadzenia badań MR do diagnostyki prenatalnej na jakość opieki nad matką i dzieckiem. Autorzy w oparciu o własny materiał badawczy zamieszczają ryciny obrazujące przykłady niektórych wad wykrywanych przy pomocy badania MR.

Słowa kluczowe: płód, wady rozwojowe, rezonans magnetyczny

Summary

Magnetic resonance is a non-invasive, safe imaging examination which can be performed as a complementary examination when developmental anomalies of fetus have been suspected on the basis of ultrasonographic examination. Data from literature, presented in the paper, suggest a beneficial effect which the introduction of the MR examination into the prenatal diagnostics has had on the quality of maternal and fetal care. The authors, basing on their own research findings, provide illustrations showing examples of some anomalies detected with the MR method.

Key words: fetus, developmental anomalies, magnetic resonance

WSTĘP

Pojęcie wady rozwojowej obejmuje wszystkie przypadki nieprawidłowego rozwoju płodu. Częstość występowania wad rozwojowych w Polsce waha się od 2-3%, a 30% z nich jest związana z zaburzeniami genetycznymi.

W ciągu ostatnich lat dokonał się ogromny postęp w diagnostyce anomalii rozwoju płodu. Wprowadzenie badania ultrasonograficznego do diagnostyki prenatalnej pozwoliło na wgląd w budowę ciała płodu, a rozwój nowoczesnych metod genetycznych na wczesne wykrywanie wad związanych z nieprawidłowościami materiału genetycznego. Obecnie po przeprowadzeniu pełnej, kompleksowej diagnostyki prenatalnej podejmuje się próby leczenia części wykrytych zaburzeń in utero lub też planuje przeprowadzenie korekcyjnego lub terapeutycznego zabiegu chirurgicznego bezpośrednio po urodzeniu się dziecka.

W ostatnich latach wprowadzenie do diagnostyki obrazowej rezonansu magnetycznego stworzyło nowe możliwości rozwoju. Wdrożenie rezonansu magnetycznego jako badania uzupełniającego do ultrasonografii w nowoczesnej diagnostyce prenatalnej jest szczególnie ważne dla grupy kobiet obciążonych ryzykiem wystąpienia anomalii i nieprawidłowego rozwoju płodu.

WADY PŁODU – DIAGNOSTYKA OBRAZOWA

Ultrasonografia jest ogólnie akceptowaną i najczęściej stosowaną techniką obrazową w diagnostyce narządów jamy brzusznej i miednicy. Ponieważ dotychczas nie wykazano niekorzystnego wpływu ultradźwięków na organizm ludzki, dlatego badanie to stało się jednym z podstawowych badań diagnostycznych u kobiet ciężarnych.

Badanie ultrasonograficzne jest obecnie najważniejszą metodą w diagnostyce obrazowej wad płodu. Jest nieinwazyjne, ogólnie dostępne, bezpieczne dla matki i dziecka. Jednak przydatność badania USG w ocenie wad płodu jest uzależniona od jakości sprzętu do badań ultrasonograficznych i doświadczenia osoby badającej, co znacznie różnicuje czułość metody w wykrywaniu zaburzeń rozwojowych. Dodatkowo metoda ta, bez względu na jakość posiadanego sprzętu i doświadczenie badającego, jest znacznie mniej przydatna w przypadkach małowodzia, znacznej otyłości matki, a także w diagnostyce złożonych wad płodu – zwłaszcza, jeśli badanie przeprowadza się w późnym okresie ciąży.

W tych sytuacjach **niezbędne może okazać się badanie MR, coraz szerzej stosowana, nowoczesna, nieinwazyjna metoda obrazowania** [1]. W początkach stosowania rezonansu magnetycznego długi czas akwizycji oraz artefakty wynikające z ruchów oddechowych matki i ruchów płodu znacznie pogarszały jakość obrazu i często uniemożliwiały jego prawidłową interpretację. Wprowadzenie tzw. szybkich sekwencji zrewo-

INTRODUCTION

The term of developmental anomaly comprises all cases of abnormal fetal development. The frequency of occurrence of developmental anomalies in Poland ranges between 2 and 3%, 30% of them being related to genetic disorders.

In the course of the recent years an enormous progress has been made in diagnosing fetal developmental anomalies. The introduction of ultrasonographic examination into prenatal diagnostics has allowed insight into fetal constitution while the development of modern genetic methods has made way for early detection of anomalies associated with the abnormality of genetic material. Nowadays, complete and complex prenatal diagnostics is followed either by attempts at correcting in utero some of the detected disorders or by corrective or therapeutic surgery which is planned immediately after the child's birth.

In recent years, the introduction of magnetic resonance into imaging diagnostics has opened new possibilities for development. The adoption of magnetic resonance as an examination complementary to ultrasonography in modern prenatal diagnostics is of special importance for the group of women with high risk factor for anomalies and abnormal fetal development.

FETAL ANOMALIES – IMAGING DIAGNOSTICS

Ultrasonography is a generally accepted and the most frequently applied technique of imaging in the diagnostics of abdominal and pelvic organs. As there has been no evidence so far of harmful influence of ultrasounds on human organism, this examination has become one of the basic diagnostic methods in pregnant women.

Ultrasonographic examination is at present the most important method in diagnostic imaging of fetal anomalies. It is non-invasive, generally accessible, safe for both mother and child. However, the suitability of ultrasonography for the assessment of fetal anomalies depends on the quality of the equipment used and the experience of the person performing the examination, which results in varying sensitivity of the method in detecting developmental disorders. Additionally, the method, regardless of the equipment and the examiner's experience, is much less useful in cases of oligohydramnios, the mother's considerable obesity, as well as in diagnosing complex fetal anomalies – especially when the examination is performed at the late stage of pregnancy.

In these cases, **the MR examination – an increasingly applied, modern, non-invasive imaging method – may prove to be indispensable** [1]. In the beginnings of MR application, the long period of acquisition and the artifacts related to the mother's perspiratory movements and the fetus' motion lowered considerably the quality of the image, often making its correct interpretation impossible. The introduction of the so-

lucjonizowało zastosowanie MR w wielu działach medycyny, zwłaszcza w obrazowaniu klatki piersiowej, jamy brzusznej i miednicy, w tym również, w ostatnim 10-leciu, w neonatologii i perinatologii [2].

Według Fratesa i wsp. [3] całkowitą zgodność między wynikami badania USG, MR i rozpoznaniem końcowym stwierdza się tylko w 25% przypadków, Breyssem podaje, że brak zgodności badania MR z obrazem USG i rozpoznaniem końcowym sięga jedynie 7,5% [1]. Włączenie badania MR do diagnostyki prenatalnej według różnych autorów dostarczyło w badanych grupach cennych dodatkowych informacji w od 36% [3] do 52,5% [1] przypadków. W innych z przeprowadzonych badań wykazano, że u płodów, u których w badaniu USG stwierdzono wadę ośrodkowego układu nerwowego, badanie MR zmieniło rozpoznanie w 32%, a rodzaj opieki nad ciężarną w 19% [4].

PODSTAWY TECHNICZNE BADANIA MR

Badanie MR płodu wykonuje się najczęściej przy zastosowaniu systemów MR o natężeniu stałego pola magnetycznego 1,5T. Gradienty większe niż 20mT/sec i szybkość zmian natężenia pola większa niż 100T/msec, znacznie skracają czas obrazowania. Najczęściej stosowane są szybkie sekwencje T2-zależne. Do najczęstszych należy sekwencja szybkiego echa spinowego, pozwalająca na akwizycję jednej warstwy w czasie około 1 sekundy, co zmniejsza artefakty związane z ruchem płodu. Sygnał płynu (w tym płynu owodniowego, płynu mózgowo-rdzeniowego i innych płynów ustrojowych) jest wówczas bardzo wysoki (jasny), co umożliwi uzyskanie odpowiedniego kontrastu pomiędzy tkankami i znakomite uwidocznienie szczegółów anatomii płodu [5-7].

Obrazowanie wykonuje się w płaszczyznach ortogonalnych, osiowych, strzałkowych i czołowych dla płodu, różnych w stosunku do ciała matki w zależności od ułożenia płodu [4]. Standardowa grubość warstwy badanej w zależności od ośrodka waha się od 3 do 8mm, a odstęp między kolejnymi warstwami od 0 do 2mm.

WSKAZANIA DO BADANIA MR PŁODU I PREZENTACJA PRZYPADKÓW

OCENA SZKODLIWOŚCI BADANIA MR

Obecnie badanie MR uważa się powszechnie za bezpieczne dla matki i dziecka. Przeprowadzone badania dotyczące ciężarnych zatrudnionych w pracowniach MR nie wykazały żadnych efektów ubocznych związanych z narażeniem na pole magnetyczne o wysokim natężeniu. Jednak zgodnie z ogólnoswiatowymi zaleceniami poleca się unikać MR w pierwszym trymestrze ciąży, tzn. poniżej 12 tygodnia [2].

Badań w I trymestrze ciąży nie wykonujemy również dlatego, że struktury płodu są jeszcze bardzo małe, co znacznie ogranicza ilość informacji diagnostycznych – im starsze dziecko, tym więcej uzyskanych informacji.

called fast sequences has revolutionised the application of MR in many areas of medicine, especially in chest, abdomen and pelvis imaging, including, over the last decade, neonatology and perinatology [2].

According to Frates et al. [3], a complete agreement between the results of the ultrasonographic and MR examinations and the final diagnosis is found in only 25% of cases. Breyssem reports that the discrepancy between the MR examination, ultrasonographic imaging and the final diagnosis reaches only 7,5% [1]. The inclusion of the MR examination into prenatal diagnostics has provided valuable supplementary information in the examined groups in, according to different authors, from 36% [3] to 52,5% [1] of cases. Other research has revealed that in fetuses where ultrasonographic examination had detected an anomaly of the central nervous system MR examination changed the diagnosis in 32% and the form of maternal care in 19% [4].

TECHNICAL BASICS OF MR EXAMINATION

Fetal MR is usually performed with the use of MR systems of constant magnetic field of 1,5T. Gradients larger than 20mT/s and frequency of field strength change bigger than 100T/ms shorten considerably the time of imaging. Most often, fast T2-dependent sequences are used. One of the most popular of them is the sequence of the fast spin echo, allowing the acquisition of one layer in about 1 second, which reduces the artifacts related to fetal motion. Then the fluid signal (including the amniotic fluid, cerebrospinal fluid and other systemic fluids) is very high (bright), which allows proper contrast between tissues as well as excellent visualization of the details of fetal anatomy [5-7].

The imaging is performed in the orthogonal, axial, sagittal, and frontal plane of the fetus, different for the mother's body, depending on the position of the fetus [4]. The standard thickness of the examined layer varies from 3 to 8 mm, according to the medium, and the distance between consecutive layers is from 0 to 2 mm.

INDICATIONS FOR FETAL MR EXAMINATION AND PRESENTATION OF CASES

ASSESSMENT OF MR HARMFULNESS

At present, MR examination is generally considered to be safe for both mother and child. Research conducted on pregnant women employed in MR laboratories has revealed no side effects related to the exposure to magnetic field of high intensity. However, in accordance with the universal recommendations, it is advisable to avoid MR in the first trimester of pregnancy, i.e. before the 12th week [2].

Another reason for not performing the examination in the first trimester of pregnancy is the very small size of fetal structures, drastically reducing the amount of diagnostic information. The older the fetus, the more information can be obtained.

Dodatkowo przed 21 tygodniem u płodu występuje tzw. wodogłowie fizjologiczne, co uniemożliwia przed tym terminem pełną ocenę anomalii w obrębie centralnego systemu nerwowego. Biorąc to wszystko pod uwagę, **badanie MR wykonujemy w II i III trymestrze ciąży.**

BADANIE MR PŁODU – STOSOWANIE ŚRODKÓW KONTRASTOWYCH

Badania płodu wykonuje się zwykle bez podawania dożylnych środków kontrastujących matce, bowiem chelaty gadolinu przenikają przez łożysko do krążenia płodowego. Ponadto wykrywanie większości obserwowanych patologii płodu nie wymaga badania z zastosowaniem środka kontrastującego, dlatego też jego stosowanie w okresie ciąży poleca się jedynie w przypadkach kiedy potencjalne korzyści (dla matki) przeważają nad ryzykiem.

WSKAZANIA DO BADANIA MR PŁODU

Podstawowym wskazaniem do wykonania badania MR płodu jest podejrzenie wady centralnego systemu nerwowego [8,9]. Wady te stanowią dużą grupę wad wrodzonych (stwierdzanych u około 3% wszystkich urodzonych dzieci) wykrywanych w okresie ciąży [10]. Większość z nich jest wykrywana w czasie badania USG.

W krajach Europy zwykle stosuje się rutynowe badania ultrasonograficzne płodu w okresie między 17 a 22 tygodniem ciąży. Wskazaniem do dodatkowego badania USG płodu jest nieprawidłowy poziom alfa-fetoproteiny, obecność wad u wcześniej urodzonych dzieci lub też jakiegokolwiek zaburzenie w przebiegu ciąży [11]. Wady centralnego systemu nerwowego stanowią podstawową grupę zaburzeń rozwoju płodu, która powinna być diagnozowana także przy pomocy rezonansu magnetycznego, który dostarczając dodatkowych informacji zwiększa ilość prawidłowo postawionych i bardziej precyzyjnych rozpoznań [12,13].

Większość opracowań poświęconych zaburzeniom rozwojowym centralnego systemu nerwowego wykazało wyższość MR nad USG, zwłaszcza w ocenie wad tylnej jamy czaszki, agenezji ciała modzełowego, ocenie złożonych wad mózgowia i rdzenia, wykrywaniu przyczyn poszerzenia przestrzeni płynowych mózgowia, wykrywaniu guzów mózgu i czaszki, ocenie stopnia dysplazji i dojrzewania kory mózgowej, anomaliach związanych z nieprawidłową migracją komórek nerwowych, zmian niedokrwiennych, krwawienia do tkanki mózgowej oraz w ocenie zawartości przepuklin mózgowych i rdzeniowych [8,9,14-18].

Dlatego też, według większości autorów, **w przypadku stwierdzenia lub podejrzenia nieprawidłowości w prenatalnym badaniu ultrasonograficznym, wykonanie badania MR jest konieczne w celu wyłonienia grupy płodów, u których możliwy jest korekcyjny zabieg neurochirurgiczny (ryc.1-10.).**

Moreover, before the 21st week of pregnancy, the fetus demonstrates the so-called physiological hydrocephalus, which excludes the possibility of a full assessment of central nervous system anomalies before that time. In view of all these factors, **the MR examination should be performed in the second and third trimester of pregnancy.**

FETAL MR – USE OF CONTRASTING AGENTS

Fetal examination is usually conducted without administration of intravenous contrasting agents to the mother because gadolinium chelates pass through the placenta to the fetal circulation. Moreover, detecting most of the observed fetal pathologies does not require the use of contrast agents. Therefore, their use during pregnancy is recommended only when potential benefits (for the mother) outweigh the risk.

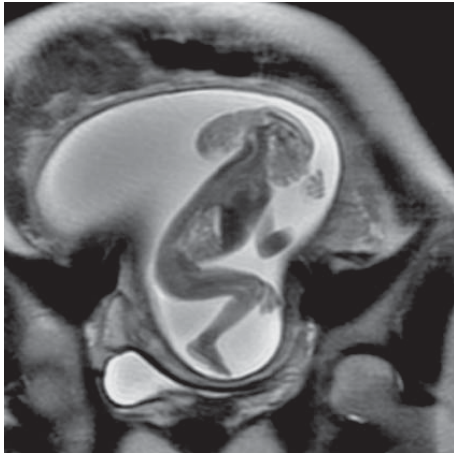
INDICATIONS FOR FETAL MR

The basic indication for fetal MR is a suspected anomaly of the central nervous system [8,9]. These anomalies constitute a large portion of congenital anomalies (diagnosed in about 3% of all children born) detected during pregnancy [10]. Most of them are detected with an ultrasonographic examination.

In European countries, a routine ultrasonographic fetal examination is usually performed between 17 and 22 weeks of pregnancy. An indication for an additional ultrasonographic fetal examination is an incorrect level of alpha-fetoprotein, anomalies in previously born children, or any disturbance in the course of pregnancy [11]. The anomalies of the central nervous system constitute the main group of fetal developmental disorders which should be additionally diagnosed with the use of magnetic resonance, which provides supplementary information, thus increasing the number of correct and more precise diagnoses [12,13].

Most studies on developmental disorders of the central nervous system have indicated the superiority of MR to the ultrasonographic examination, especially in assessment of anomalies of posterior cranial cavity, agenesis of corpus callosum, assessment of complex anomalies of brain and medulla, detecting the reasons for widening fluid spaces in brain, detecting brain and skull tumours, assessment of the degree of dysplasia and maturation of cerebral cortex, anomalies related to abnormal migration of neurons, ischaemic lesions, bleeding into brain tissue, and in assessment of content of encephaloceles and myeloceles [8,9,14-18].

Therefore, according to the majority of authors, **in case of finding or suspecting anomalies in the prenatal ultrasonographic examination, an MR examination is necessary for selecting the group of fetuses where a correcting neurosurgical operation is possible (Fig.1-10.).**



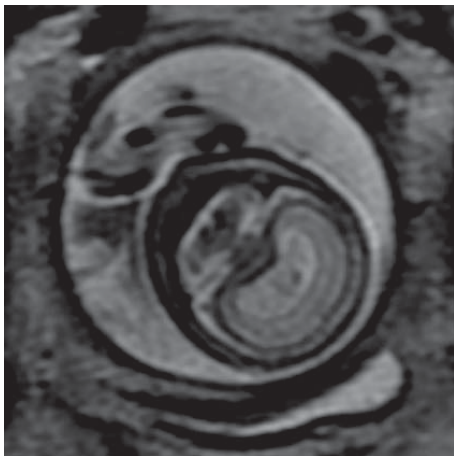
Ryc. 1. Anencefalia (MR płodu, sekwencja SST2, płaszczyzna strzałkowa)

Fig. 1. Anencephaly (MR of fetus, SST2 sequence, sagittal plane)



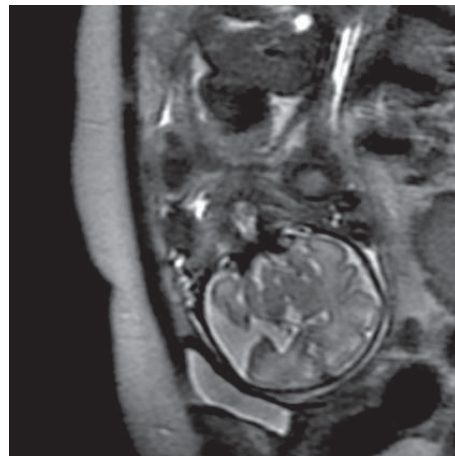
Ryc. 2. Hydranencefalia (MR płodu, sekwencja SST2, płaszczyzna strzałkowa)

Fig. 2. Hydranencephaly (MR of fetus, SST2 sequence, sagittal plane)



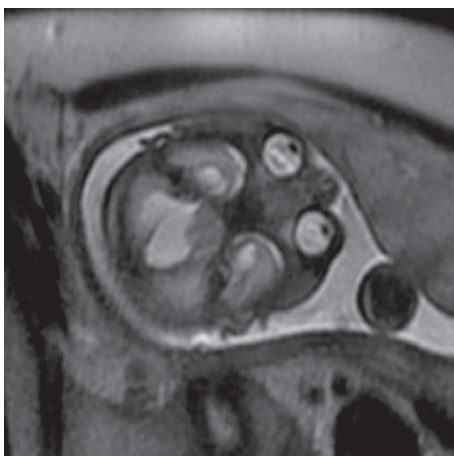
Ryc. 3. Holoprosencefalia (MR płodu, sekwencja SST2, płaszczyzna czołowa)

Fig. 3. Holoprosencephaly (MR of fetus, SST2 sequence, frontal plane)



Ryc. 4. Schizencefalia (MR płodu, sekwencja SST2, płaszczyzna czołowa)

Fig. 4. Schizencephaly (MR of fetus, SST2 sequence, frontal plane)



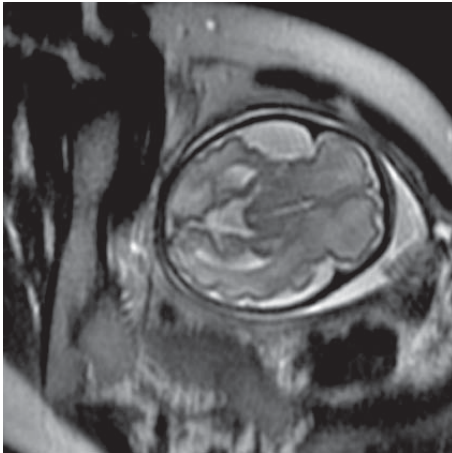
Ryc. 5. Torbiel wcięcia namiotu (MR płodu, sekwencja SST2, płaszczyzna poprzeczna)

Fig. 5. Cyst of tentorial incisure (MR of fetus, SST2 sequence, transverse plane)



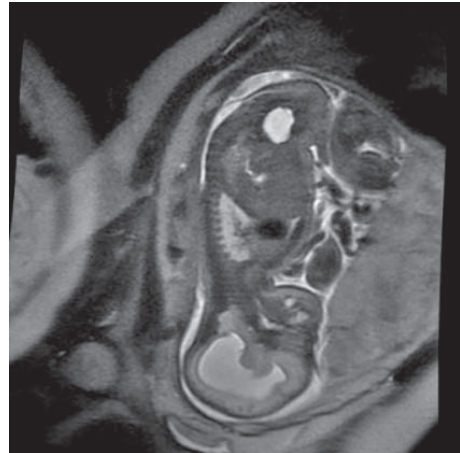
Ryc. 6. Agenezja ciała modzelowatego (MR płodu, sekwencja SST2, płaszczyzna czołowa)

Fig. 6. Agenesis of the corpus callosum (MR of fetus, SST2 sequence, frontal plane)



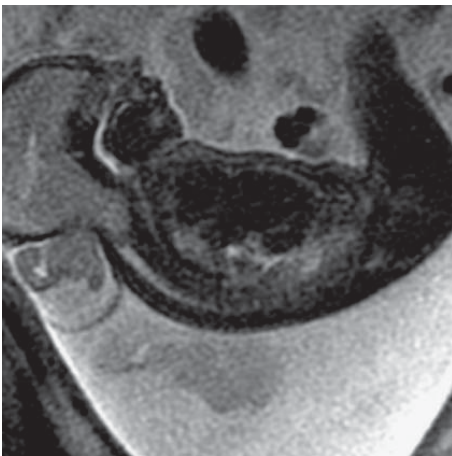
Ryc. 7. Torbiel pajęczynówki (MR płodu, sekwencja SST2, płaszczyzna poprzeczna)

Fig. 7. Cyst of arachnoid (MR of fetus, SST2 sequence, transverse plane)



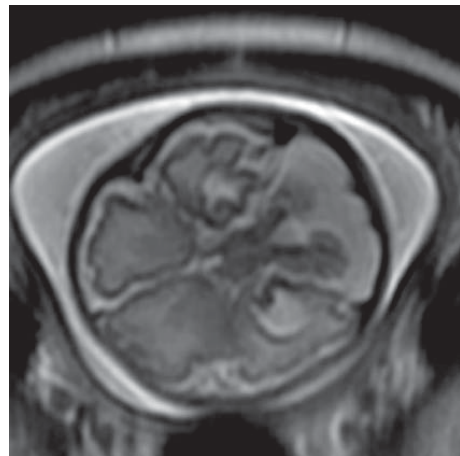
Ryc. 8. Zespół Arnold-Chiari (MR płodu, sekwencja SST2, płaszczyzna strzałkowa)

Fig. 8. Arnold-Chiari Syndrome (MR of fetus, SST2 sequence, sagittal plane)



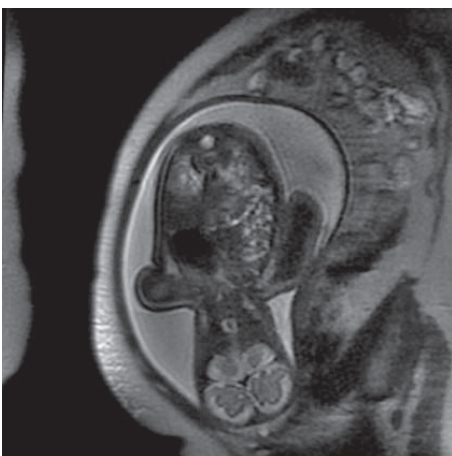
Ryc. 9. Encefalocele potyliczne (MR płodu, sekwencja SST2, płaszczyzna strzałkowa)

Fig. 9. Occipital encephalocele (MR of fetus, SST2 sequence, sagittal plane)



Ryc. 10. Zespół Dandy-Walker (MR płodu, sekwencja SST2, płaszczyzna poprzeczna)

Fig. 10. Dandy-Walker Syndrome (MR of fetus, SST2 sequence, transverse plane)



Ryc. 11. Przepuklina przeponowa jelita cienkiego i grubego (MR płodu, sekwencja SST2, płaszczyzna czołowa)

Fig. 11. Diaphragmatic hernia of small and large intestine (MR of fetus, SST2 sequence, frontal plane)



Ryc. 12. Przepuklina przeponowa żołądka i jelita grubego (MR płodu, sekwencja SST2, płaszczyzna strzałkowa)

Fig. 12. Diaphragmatic hernia of stomach and large intestine (MR of fetus, SST2 sequence, sagittal plane)

Operacje wewnątrzmaciczne wad systemu nerwowego (dotyczy głównie przepuklin oponowo-rdzeniowych w zespole Arnold-Chiari) wykonuje się między 21 a 25 tygodniem ciąży i w tym okresie powinno być wykonane przedoperacyjne badanie MR płodu.

Jednak rola MR nie ogranicza się jedynie do obrazowania wad CSN. **Badanie to okazało się pomocne również w diagnostyce zaburzeń rozwojowych innych układów – oddechowego, pokarmowego, moczowo-płciowego, czy kostnego.**

Najczęstsze wady w obrębie klatki piersiowej, które są wskazaniem do wykonania badania MR to: wrodzone przepukliny przepony oraz wrodzona torbielowość płuc [19] (ryc.11-13).

W przypadku przepukliny przeponowej badanie MR pozwala na ocenę szerokości wrót przepukliny oraz jej zawartości - co ma istotne znaczenie w przypadku leczenia chirurgicznego - oraz pomiar objętości uciśniętego płuca (ryc.14.) [20].

Również guzy występujące w tej lokalizacji, takie jak teratoma (ryc.15.), czy też multicystic lymphangioma, są wskazaniem do wykonania badania MR, które lepiej niż USG obrazuje zależności anatomiczne i wciągnięcie struktur i narządów sąsiednich [20,21].

Badanie MR pozwala również na rozpoznanie hypoplazji płuc (ryc.16.), co ma istotne znaczenie rokownicze dla noworodka po urodzeniu [19].

Uważa się, że w przypadku wad klatki piersiowej MR jest badaniem lepszym niż USG – wykazano, że odsetek błędnych rozpoznań patologicznych mas w klatce piersiowej płodu ocenianych przy pomocy USG może sięgać 50%. Badanie MR pozwala również na lepsze niż USG zobrazowanie drzewa tchawiczoskrzelowego (ryc.17-18.) i jego ewentualnego ucisku spowodowanego wadą (ryc.19.), co ma ogromne znaczenie przy planowaniu chirurgicznych procedur wewnątrzmacicznych [19,20].

Badanie MR daje również więcej niż USG informacji w przypadkach rozszczepu podniebienia miękkiego i wargi górnej – najczęstszej z wad wrodzonych twarzoczaszki (ryc.20.) Ma to istotne znaczenie dla kwalifikacji dziecka do odpowiedniej grupy a następnie wdrożenia chirurgicznych procedur korekcyjnych po urodzeniu się dziecka [19].

W obrazowaniu wad dotyczących jamy brzusznej badanie MR wykazuje wyższość nad badaniem USG w przypadkach przepuklin powłok jamy brzusznej – pozwala na dokładne zobrazowanie rodzaju przepukliny i zawartości worka przepuklinowego (ryc.21.,22.) oraz - co jest równie istotne - wykrycie częstych w tej grupie współistniejących wad złożonych [22] (ryc.23.).

Badanie MR może wnieść dodatkowe informacje dotyczące stanu i szerokości dróg żółciowych wewnątrzwątrobowych, ich poszerzenia w atrezji przewodów zewnątrzwątrobowych lub też w torbielowości (ryc.24.). MR pozwala częściej niż USG na stwierdzenie obecności żołądka (ryc.25.), którego w niektórych badaniach USG nie udaje się uwidocznić, chociaż ist-

Intrauterine surgery of nervous system anomalies (this refers mostly to myelomeningoceles in the Arnold-Chiari syndrome) is performed between weeks 21 and 25 of pregnancy, and the preoperative fetal MR should also be conducted at that time.

Nevertheless, the role of MR is not restricted to the imaging of the central nervous system anomalies. **This method has also proved helpful in diagnosing developmental disorders of other systems – respiratory, alimentary, genitourinary, and skeletal.**

The most frequent anomalies in the chest, being an indication for MR examination, are congenital diaphragmatic hernia and congenital cystic disease of the lungs [19] (Fig.11-13).

In the case of diaphragmatic hernia, the MR examination allows to assess the width of the ring of hernia and its content – which is of great importance in case of surgical treatment – as well as to measure the capacity of the compressed lung (Fig.14) [20].

Tumours found in this localization, such as teratoma (Fig.15) or multicystic lymphangioma, are also an indication for MR, which provides better imaging of anatomical relations and retractions of neighbouring structures and organs [20,21].

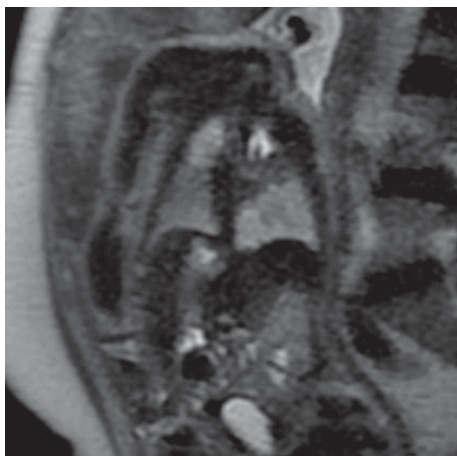
MR also allows to diagnose lung hypoplasia (Fig.16), which is of vital prognostic importance for a newborn [19].

In the case of chest anomalies, MR is considered a better method than ultrasonography; it has been indicated that the percentage of misdiagnosed pathological masses in the chest of a fetus, when assessed with the ultrasonographic method, may reach 50%. An MR examination provides better imaging of the tracheobronchial tree (Fig.17-18) and its possible compression caused by an anomaly (Fig.19) than ultrasonography does, which is extremely important for planning intrauterine surgical procedures [19,20].

MR is also more informative than ultrasonography in cases of palatoschisis and chiloschisis – the most frequent congenital anomalies of facial skeleton (Fig.20). This is important for classifying a child in the proper group and, later, for adoption of corrective surgical procedures after the child's birth [19].

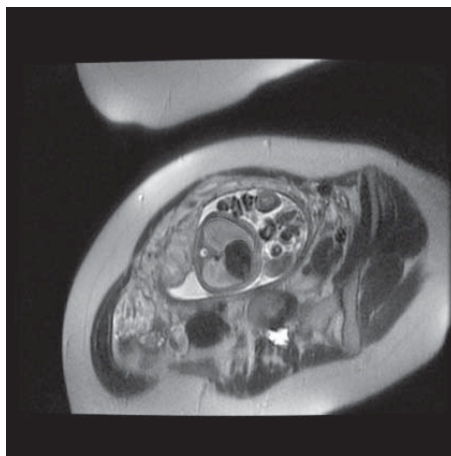
In imaging abdominal anomalies, MR is superior to ultrasonography in the cases of abdominal hernia – it allows detailed imaging of the kind of hernia and the content of hernial sac (Fig.21,22) and – which is equally important – detection of complex anomalies, frequently co-existing in this group [22] (Fig.23).

An MR examination can supply additional information concerning the condition and width of intrahepatic bile ducts, their widening in extrahepatic bile ducts atresia or in the cystic disease (Fig.24). MR, more often than ultrasonography, indicates the presence of the stomach (Fig.25), which in some ultrasonographic examinations fails to become visible, although it exists properly (about 2% of cases) [3]. Thanks to its greater capacity for soft tissue differentiation, magnetic reso-



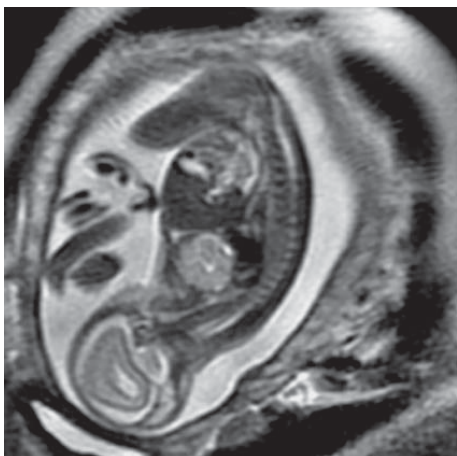
Ryc. 13. CCAM płuc (MR płodu, sekwencja SST2, płaszczyzna czołowa)

Fig. 13. CCAM of lungs (MR of fetus, SST2 sequence, frontal plane)



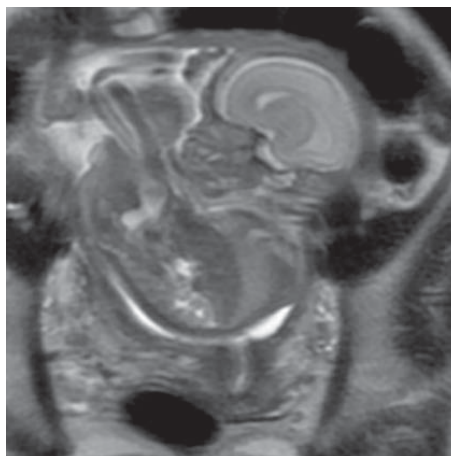
Ryc. 14. Pomiar objętości płuca płodu (MR płodu, sekwencja SST2, płaszczyzna poprzeczna)

Fig. 14. Measurement of volume of lung of fetus (MR of fetus, SST2 sequence, transverse plane)



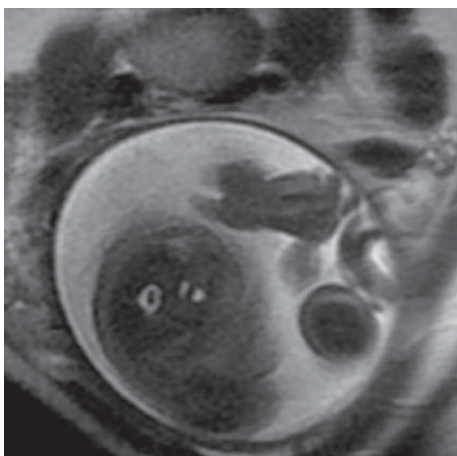
Ryc. 15. Teratoma śródpiersia (MR płodu, sekwencja SST2, płaszczyzna strzałkowa)

Fig. 15. Teratoma of mediastinum (MR of fetus, SST2 sequence, sagittal plane)



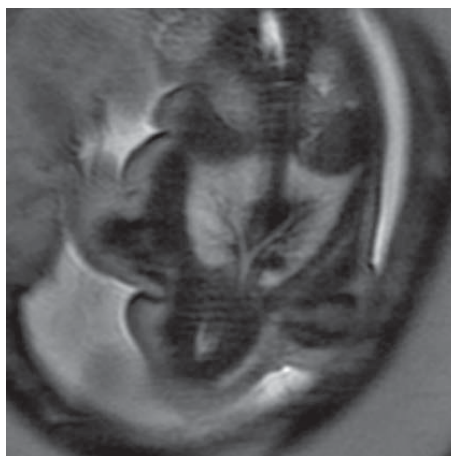
Ryc. 16. Hypoplazja płuc płodu (MR płodu, sekwencja SST2, płaszczyzna strzałkowa)

Fig. 16. Hypoplasia of fetal lungs (MR of fetus, SST2 sequence, sagittal plane)



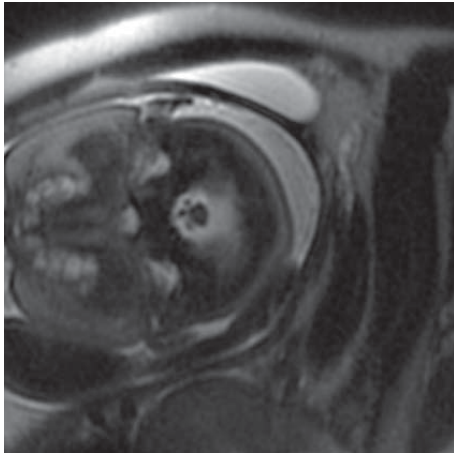
Ryc. 17. Prawidłowa tchawica i przełyk (MR płodu, sekwencja SST2, płaszczyzna poprzeczna)

Fig. 17. Normal trachea and oesophagus (MR of fetus, SST2 sequence, transverse plane)



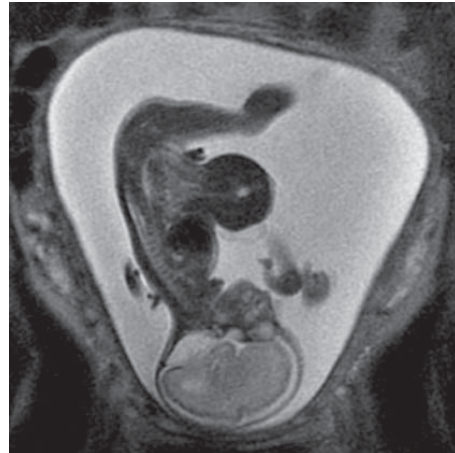
Ryc. 18. Prawidłowa tchawica i duże oskrzela (MR płodu, sekwencja SST2, płaszczyzna czołowa)

Fig. 18. Normal trachea and large bronchi (MR of fetus, SST2 sequence, frontal plane)



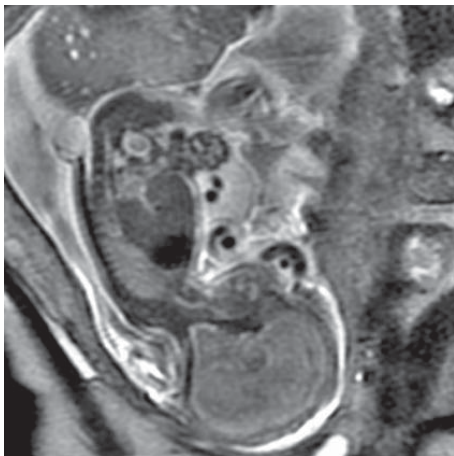
Ryc. 19. Prawidłowe podniebienie bez rozszczepu (MR płodu, sekwencja SST2, płaszczyzna poprzeczna)

Fig. 19. Normal palate without cleft (MR of fetus, SST2 sequence, transverse plane)



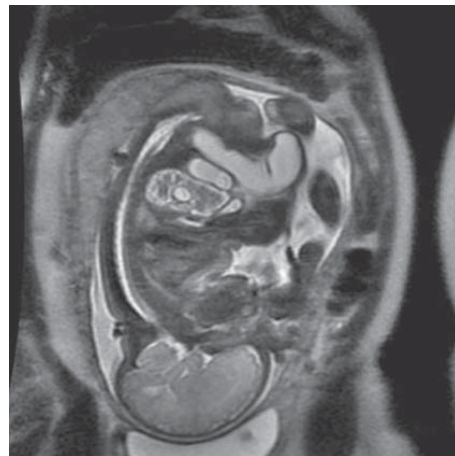
Ryc. 20. Przepuklina pępkowa (wątroba, pęcherzyk żółciowy) (MR płodu, sekwencja SST2, płaszczyzna strzałkowa)

Fig. 20. Umbilical hernia (liver, gallbladder) (MR of fetus, SST2 sequence, sagittal plane)



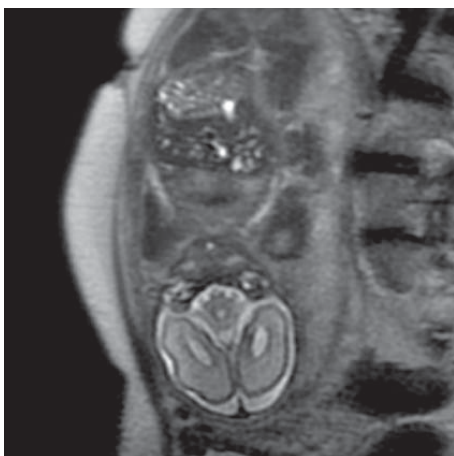
Ryc. 21. Wytrzewienie (jelito cienkie) (MR płodu, sekwencja SST2, płaszczyzna strzałkowa)

Fig. 21. Evisceration (small intestine) (MR of fetus, SST2 sequence, sagittal plane)



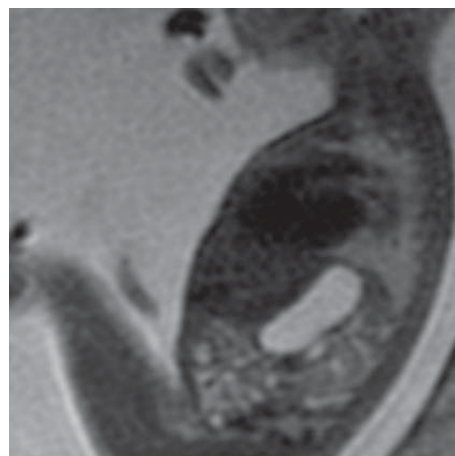
Ryc. 22. Zespół Prune-Belly (MR płodu, sekwencja SST2, płaszczyzna strzałkowa)

Fig. 22. Prune-Belly Syndrome (MR of fetus, SST2 sequence, sagittal plane)



Ryc. 23. Choroba Caroliego (MR płodu, sekwencja SST2, płaszczyzna czołowa)

Fig. 23. Caroli disease (MR of fetus, SST2 sequence, frontal plane)



Ryc. 24. Prawidłowy żołądek (MR płodu, sekwencja SST2, płaszczyzna strzałkowa)

Fig. 24. Normal stomach (MR of fetus, SST2 sequence, sagittal plane)

nieje prawidłowo (około 2% przypadków) [3]. Dzięki większej zdolności do różnicowania tkanek miękkich rezonans magnetyczny oprócz odwzorowania anatomicznego, dostarcza więcej niż USG informacji na temat rodzaju patologii.

W przypadku wad układu moczowo-płciowego, czułość badania USG jest zwykle znacznie obniżona na skutek małowodzia towarzyszącego agenezji nerek. Dlatego też małowodzie, jest po wadach centralnego systemu nerwowego najczęstszą przyczyną wykonywania badania MR, przy podejrzeniu wad tej grupy (ryc.26 – 28.).

Wady układu moczowo-płciowego są dość często spotykane, stanowią około 14-40% wszystkich wad stwierdzanych u płodów w trakcie prenatalnego badania usg i około 30-50% wszystkich anomalii strukturalnych obserwowanych u noworodków [23,24]. Część z nich wymaga jedynie stałej kontroli i zaplanowania postępowania postnatalnego, inne można usunąć w czasie wewnątrzmacicznych zabiegów odbarczających, a pozostała grupa to wady letalne, wykrycie których może stanowić podstawę do wcześniejszego rozwiązania ciąży.

Dodatkowo funkcjonowanie układu moczowego ma znaczący wpływ na prawidłowy rozwój płuc, tak więc ocena prenatalna układu moczowego ma ogromne znaczenie rokownicze. Postawienie prawidłowego rozpoznania wady letalnej (np. zespołu Pottera, letalnej hypoplazji płuc) umożliwia podjęcie odpowiednich kroków w celu zakończenia ciąży, a jej wykluczenie i określenie rodzaju anomalii – odpowiednią opiekę postnatalną. **Badanie MR wydaje się być w takich przypadkach dodatkową, bardzo korzystną opcją diagnostyczną.**

Badanie MR ma również przewagę nad badaniem USG w różnicowaniu wodonercza ze zmianami wielotorbielowatymi nerek (ryc.29 – 31.), w ocenie schorzeń pęcherza moczowego, takich jak ureterocele (ryc.32.), w ocenie stopnia poszerzenia moczowodów, stwierdzenia odpływów moczowodowych (ryc.33.) – które w badaniu USG mogą być przysłonięte cieniami kości miednicy, jak również w diagnostyce rzadkich, złożonych malformacji dolnego odcinka układu moczowego i okolicy perianalnej (ryc.34.). Stwierdzano również wyższość MR nad USG w ilości dostarczanych istotnych informacji diagnostycznych w przypadkach wielowodzia [25].

Natomiast w wadach układu krążenia, a zwłaszcza w wadach serca i dużych naczyń, USG ma zdecydowaną przewagę nad badaniem MR [3]. Za pomocą rezonansu magnetycznego możemy jedynie doskonale zobrazować kardiomegalię, płyn w osierdziu lub jamach opłucnej (ryc.35.), natomiast poza wydolnością metody są jak dotąd wady zastawkowe i ocena liczby oraz wielkości jam serca.

Ponieważ jednak część wad układu krążenia należy do grupy wad złożonych, również u płodów z rozpoznaniem wady serca należy rozważyć wykonanie

nance, apart from anatomical imaging, provides more information on the kind of pathology than ultrasonography does.

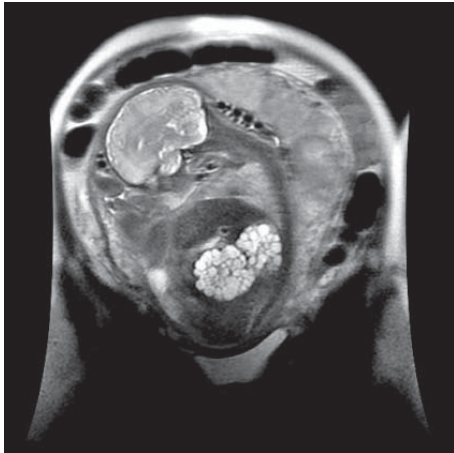
In the case of genitourinary anomalies, the sensitivity of an ultrasonographic examination is usually considerably lowered due to oligohydramnios accompanying the kidney agenesis. Therefore, oligohydramnios is the second (after the central nervous system anomalies) most important reason for performing MR examinations if anomalies of this group are suspected (Fig.26-28). Anomalies of the genitourinary system are relatively frequent; they constitute about 14 – 40% of all anomalies detected in fetuses during the prenatal ultrasonographic examination, and about 30 – 50% of all structural anomalies found in newborns [23,24]. Some of them require only constant control and planning postnatal procedures, other anomalies can be corrected through intrauterine decompressing operations, while the last group consists of lethal anomalies, whose detection can be the reason for premature termination of pregnancy.

Moreover, the functioning of the urinary system plays an important role in the correct development of the lungs, therefore the prenatal assessment of the urinary system has an enormous prognostic value. A correct diagnosis of a lethal anomaly (e.g. Potter's syndrome, lethal lung hypoplasia) makes it possible to undertake proper measures in order to terminate the pregnancy, while excluding lethality and determining the anomaly's nature allows an appropriate postnatal care. **MR appears to be an additional, very advantageous diagnostic option in such cases.**

MR is also superior to ultrasonography in differentiating hydronephrosis with polycystic changes of the kidneys (Fig.29-31), in assessing pathological states of the bladder, such as ureterocele (Fig.32), in estimating the degree of ureter dilation, in finding ureteral refluxes (Fig.33), which can be overshadowed by pelvic bones in ultrasonographic imaging, as well as in diagnosing rare complex malformations of the lower urinary system and the perianal area (Fig.34). Superiority of MR to ultrasonography has also been stated with regard to the quantity of relevant diagnostic information in cases of hydramnios [25].

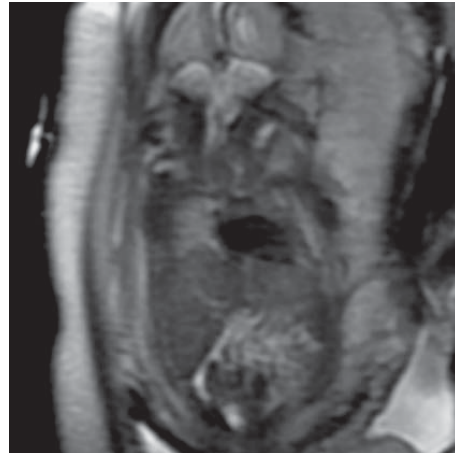
However, in anomalies of the circulatory system, especially in anomalies of the heart and large vessels, ultrasonography has a decided advantage over MR [3]. MR is a perfect method for imaging cardiomegaly, fluid in pericardium or in pleural cavity (Fig.35) but valvar anomalies and the assessment of the number and size of cardiac cavities still remain beyond the method's capacity.

Still, as a number of circulatory anomalies belong to the group of complex anomalies, it is advisable to consider performing MR examinations even in fetuses with diagnosed heart anomaly, in order to reveal or exclude co-existing anomalies.



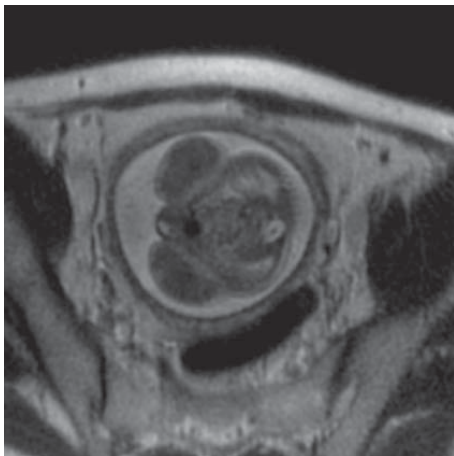
Ryc. 25. Bezwodzie, wielotorbielowatość nerek (MR płodu, sekwencja SST2, płaszczyzna strzałkowa)

Fig. 25. Lack of amniotic fluid, polycystic kidney disease (MR of fetus, SST2 sequence, sagittal plane)



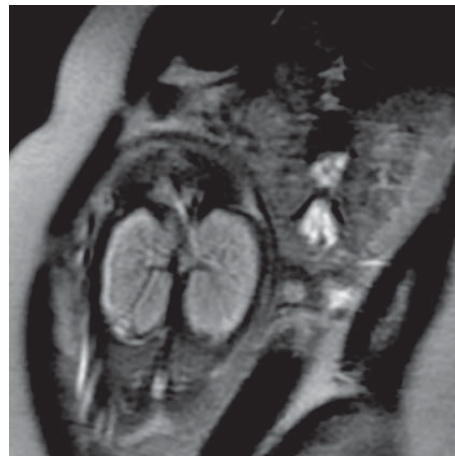
Ryc. 26. Bezwodzie agenezja nerek (MR płodu, sekwencja SST2, płaszczyzna czołowa)

Fig. 26. Lack of amniotic fluid, agenesis of kidney (MR of fetus, SST2 sequence, frontal plane)



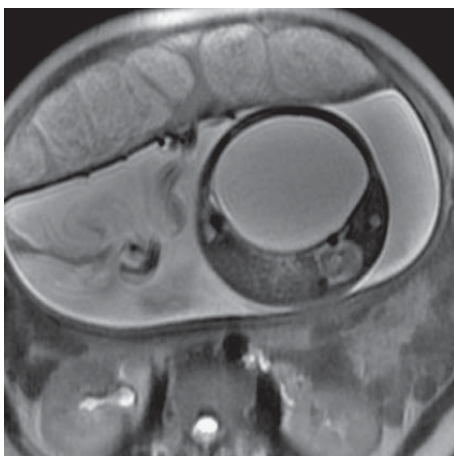
Ryc. 27. Małowodzie agenezja pęcherza moczowego (MR płodu, sekwencja SST2, płaszczyzna poprzeczna)

Fig. 27. Oligohydramnios, agenesis of urinary bladder (MR of fetus, SST2 sequence, transverse plane)



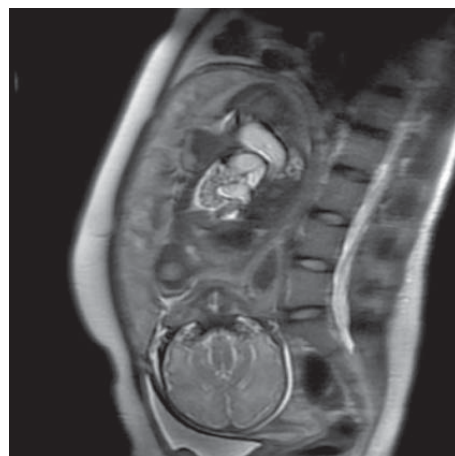
Ryc. 28. ARPKD (MR płodu, sekwencja SST2, płaszczyzna czołowa)

Fig. 28. ARPKD (MR of fetus, SST2 sequence, frontal plane)



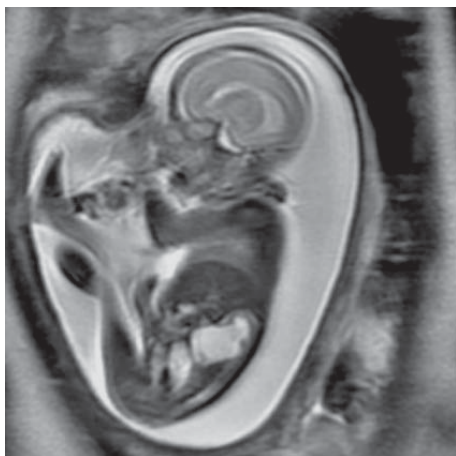
Ryc. 29. Torbiel prosta nerki (MR płodu, sekwencja SST2, płaszczyzna poprzeczna)

Fig. 29. Simple renal cyst (MR of fetus, SST2 sequence, transverse plane)



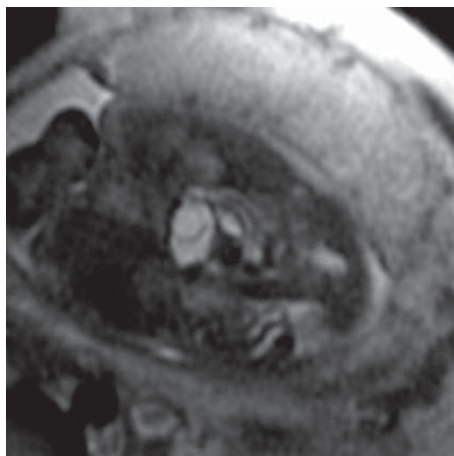
Ryc. 30. Uropatia zaporowa faza wczesna (MR płodu, sekwencja SST2, płaszczyzna czołowa)

Fig. 30. Early phase of obstructive uropathy (MR of fetus, SST2 sequence, frontal plane)



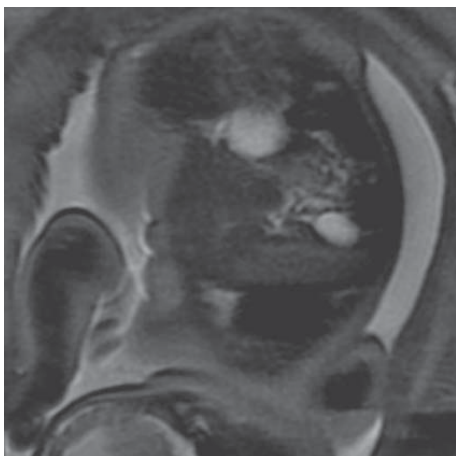
Ryc. 31. Uropatia zaporowa faza późna (MR płodu, sekwencja SST2, płaszczyzna strzałkowa)

Fig. 31. Late phase of obstructive uropathy (MR of fetus, SST2 sequence, sagittal plane)



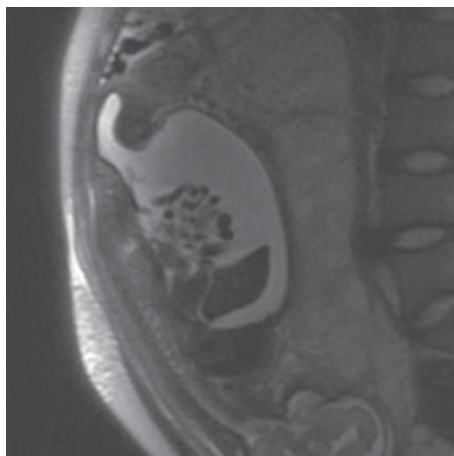
Ryc. 32. Ureterocele (MR płodu, sekwencja SST2, płaszczyzna poprzeczna)

Fig. 32. Ureterocele (MR of fetus, SST2 sequence, transverse plane)



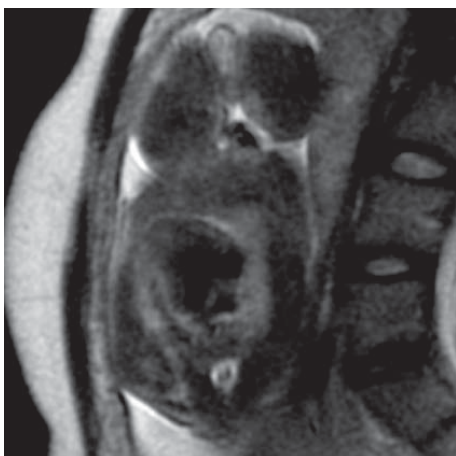
Ryc. 33. Odpływ moczowodowy (MR płodu, sekwencja SST2, płaszczyzna czołowa)

Fig. 33. Ureteral outflow (MR płodu, sekwencja SST2, płaszczyzna czołowa)



Ryc. 34. Kloaka (MR płodu, sekwencja SST2, płaszczyzna strzałkowa)

Fig. 34. Cloaca (MR of fetus, SST2 sequence, sagittal plane)



Ryc. 35. Kardiomegalia, płyn w osierdziu (MR płodu, sekwencja SST2, płaszczyzna czołowa)

Fig. 35. Cardiomegaly, fluid in pericardium (MR of fetus, SST2 sequence, frontal plane)

dotatkowo badania MR, w celu uwidocznienia lub wykluczenia wad współistniejących.

WNIOSKI

W świetle przytoczonych powyżej wyników badań i opinii, według większości autorów obecna rola badań MR płodu w diagnostyce prenatalnej polega na [1,8]:

1. Potwierdzeniu lub wykluczeniu niejednoznacznych wyników badania USG,
2. Wykryciu innych anomalii, które mogą zmienić rokowanie u matki i dziecka,
3. Pomocy w planowaniu wewnątrzmacicznego zabiegu chirurgicznego u płodu,
4. Pomocy w podjęciu decyzji co do rodzaju zakończenia ciąży i dostarczenie informacji o konieczności podjęcia czynności związanych z podtrzymaniem funkcji życiowych dziecka bezpośrednio po urodzeniu.

Rezonans magnetyczny jest nieinwazyjnym, bezpiecznym badaniem obrazowym, które można wykonać, jako badanie uzupełniające przy podejrzeniu anomalii rozwojowych stwierdzonych u płodu na podstawie badania ultrasonograficznego. Prezentowane powyżej dane z piśmiennictwa sugerują pozytywny wpływ wprowadzenia badań MR do diagnostyki prenatalnej na jakość opieki nad matką i dzieckiem.

CONCLUSIONS

In the light of the research results and opinions cited above, according to the majority of authors, the present role of fetal MR in prenatal diagnostics consists of [1,8,]:

1. Confirming or excluding ambiguous results of ultrasonographic examination,
2. Detecting other anomalies which can change prognosis for both the mother and the child,
3. Helping to plan intrauterine surgery on fetus,
4. Helping to decide as to the way of terminating pregnancy and supplying information of the necessity to undertake measures concerning the support of the newborn's life functions immediately after birth.

Magnetic resonance is a non-invasive, safe imaging method which can be performed as a complementary examination when developmental anomalies of the fetus have been suspected on the basis of ultrasonographic examination. The literature data presented above suggest a beneficial influence that the introduction of MR into prenatal diagnostics has had on the quality of care over the mother and the child.

Piśmiennictwo / References:

1. **Breysem L, Bosmans H, Dymarkowski S et al.:** The value of fast MR imaging as an adjunct to ultrasound in prenatal diagnosis. *Eur Radiol* 2003; 13(7): 1538-48.
2. **Kubik-Huch RA, Huisman TA, Wisser J, et al.:** Ultrafast MR imaging of the fetus. *AJR* 2000; 174:1599 – 1606.
3. **Frates MC, Kumar AJ, Benson CB et al.:** Fetal anomalies: comparison of MR imaging and US for diagnosis. *Radiology* 2004; 323, 398-404.
4. **Sandrasegaran K, Lall C, Aisen AA et al.:** Fast fetal magnetic resonance imaging. *J Comput Assist Tomogr* 2005; 29, 487- 498.
5. **Huppert BJ, Brandt KR, Ramin KD, et al.:** SSFSE MR imaging of the fetus: a pictorial essay. *Radiographics* 1999; 19: 215-217.
6. **Amin RS, Nikolaidis P, Kawashima A, et al.:** Normal anatomy of the fetus at MR imaging. *Radiographics* 1999; 19: 201-214.
7. **Yamashita Y, Namimoto T, Abe Y et al.:** MR imaging of the fetus by a HASTE sequence. *AJR Am J Roentgenol* 1997; 168: 513-519.
8. **Bekker MN, van Vugt JMG:** The role of MR imaging in prenatal diagnosis of fetal anomalies. *Eur J Obstet Gynaecol Reprod Biol* 2001; 965:173-176.
9. **Rubod C, Robert Y, Tillouche N et al.:** Role of fetal ultrasound and magnetic resonance imaging in the prenatal diagnosis of migration disorders. *Prenat Diagn* 2005; 25(13): 1181-7.
10. **Stoll C, Dott B, Alembik Y, Roth MP:** Evaluation of routine prenatal ultrasound examination in detecting fetal chromosomal abnormalities in a low risk population. *Human Genetics* 1993; vol.91: 1: 37-41.
11. **Pilu G, Falco P, Perolo A et al.:** Differential diagnosis and outcome of fetal intracranial hypoechoic lesions: report of 21 cases. *Ultrasound Obstet Gynecol* 1997; 9:229–236.
12. **Hubbard AM, Adzick NS, Crombleholme TM, et al.:** Congenital chest lesions: diagnosis and characterization with prenatal MR imaging. *Radiology* 1999; 212: 43-48.
13. **Whitby EH, Paley MN, Cohen M, Griffiths PD:** Post-mortem fetal MRI: What do we learn from it? *Eur J Radiol* 2006 Feb;57(2):250-5.
14. **Canapicchi R, Cioni G, Strigini F et al.:** Prenatal diagnosis of periventricular hemorrhage by fetal brain magnetic resonance imaging. *Childs Nerv Syst* 1998; 14: 689-692.
15. **Levie D, Barnes P, Korf B et al.:** Tuberous sclerosis in the fetus: second trimester diagnosis of tubers with ultrafast MR imaging. *AJR Am J Roentgenol* 2000; 175: 1067-1069.

16. **Oh KY, Kennedy AM, Frias AE, Byrne JLB.** Fetal schizencephaly: pre- and postnatal imaging with a review of the clinical manifestation. *Radiographics* 2005; 25, 647-657.
17. **Raybaud C, Levrier O, Brunel H,** Girard N, Farnarier P: MR imaging of fetal brain malformations *Childs Nerv Syst* 2003; 19(7-8): 455-70.
18. **Yuh WTC, Nguyen HD, Fisher DJ et al:** MRI of fetal CSN abnormalities, *AJNR Am J Neuroradiol* 1994; 15: 459-46.
19. **Levine D:** Fetal magnetic resonance imaging. *J Matern Fetal Neonatal Med* 2004; 15: 85-94.
20. **Hubbard AM, Adzick NS, Crombleholme TM, Haselgrove JC:** Left-side congenital diaphragmatic hernia: value of prenatal MR imaging in preparation for fetal surgery. *Radiology* 1997; 203: 636-640.
21. **Duncan K, Baker P, Johnson I:** The complementary role of echoplanar magnetic resonance imaging and three-dimensional ultrasonography in fetal lung assessment. *Am J Obstet Gynecol* 1997; 177: 244-245.
22. **Hill BJ, Joe BM, Qayyum A et al.:** Supplemental Value of MRI in Fetal Abdominal Disease Detected on Prenatal Sonography: Preliminary Experience. *AJR* 2005; 184:993-998.
23. **Greig JD, Raine PA, Young DG et al.:** Value of antenatal diagnosis of abnormalities of the urinary tract, *BMJ* 1998: 298-2.
24. **Thomas DFM.** Fetal uropathy. *Br J Urol* 1990; 66: 225-231.
25. **Caire JT, Ramus RM, Magee KP,** Fullington BK, Ewalt DH, Twickler DM: MRI of Fetal Genitourinary Anomalies. *AJR* 2003; 181:1381-1385.