

# Zastosowanie rezonansu magnetycznego w położnictwie

## The Application of magnetic resonance in obstetrics

© GINEKOLOGIA I POŁOŻNICTWO 2 (4) 2007

Artykuł poglądowy/Review article

JAN URBAN<sup>1</sup>, KATARZYNA BOROWSKA-MATWIEJCZUK<sup>2</sup>, JERZY WALECKI<sup>2</sup>

Ośrodek: <sup>1</sup> Klinika Perinatologii SPSK Akademii Medycznej w Białymstoku  
Kierownik Kliniki Perinatologii: prof. dr hab. n. med. Jan Urban  
<sup>2</sup> Zakład Radiologii SPSK Akademii Medycznej w Białymstoku

Adres do korespondencji/Address for correspondence  
Klinika Perinatologii SPSK Akademii Medycznej w Białymstoku  
ul. M. Skłodowskiej-Curie 24 B  
15-276 Białystok

### Statystyka/Statistic

Liczba słów/Word count 2791/2809

Tabele/Tables 0

Ryciny/Figures 7

Piśmiennictwo/References 20

Received: 19.03.2007

Accepted: 02.04.2007

Published: 30.04.2007

### Streszczenie

Rezonans magnetyczny (MR) wprowadzony do praktyki klinicznej stworzył nowe, szerokie możliwości diagnostyczne w perinatologii. Nieinwazyjność metody, brak stwierdzonych jak dotychczas skutków ubocznych pozwalają na bezpieczne zastosowanie rezonansu magnetycznego w badaniu kobiet ciężarnych. Badanie umożliwia dokładną ocenę morfologiczną narządów płodu, szczególnie mózgowia. Jakkolwiek badanie ultrasonograficzne nadal pozostaje techniką z wyboru w diagnostyce prenatalnej, rezonans magnetyczny można uznać za cenną metodę uzupełniającą, poszerzającą zakres możliwości diagnostycznych stanu płodu. Niewątpliwie technika ta staje się coraz bardziej przydatna przy podejmowaniu działań terapeutycznych.

**Słowa kluczowe:** rezonans magnetyczny, położnictwo, wskazania

### Summary

Upon introduction into clinical practice, magnetic resonance (MR) has opened numerous novel diagnostic possibilities in perinatology. The non-invasiveness of the method, which has so far proved not to cause any side-effects, allows for its safe implementation for the purpose of the examination of pregnant women. The procedure enables a precise evaluation of the morphology of the embryo's internal organs, especially encephalon. Much as ultrasonography remains the method of choice in perinatal diagnostics, magnetic resonance may be considered a valuable complementary method, which broadens/extends the spectrum of diagnostic tools used to assess the embryo's condition. Undoubtedly/Without controversy, the technique is becoming more and more useful in terms of determining the therapeutic means to be taken in perinatology.

**Key words:** magnetic resonance, obstetrics, indications

Wprowadzenie rezonansu magnetycznego (MR) do praktyki klinicznej otworzyło szerokie, nowe możliwości diagnostyczne w perinatologii. Od czasu pierwszego doniesienia na temat zastosowania MR w ciąży (1983 rok) rola tej techniki gwałtownie wzrosła. Nieinwazyjność metody, brak stwierdzonych jak dotychczas skutków ubocznych pozwalają na bezpieczne zastosowanie tej techniki obrazowej w badaniu kobiet ciężarnych [1]. Rezonans magnetyczny umożliwia dokładną ocenę morfologiczną narządów płodu, szczególnie mózgowia. Z tych względów wydaje się, iż technika ta może znaleźć znaczące miejsce wśród metod wczesnej diagnostyki oceny stanu płodu.

W pierwszych latach zastosowania MR do badań płodów wartość metody była ograniczona warunkami technicznymi aparatury. Przede wszystkim był to długi czas akwizycji obrazu, co wiązało się z licznymi artefaktami spowodowanymi ruchami płodu, a także długim czasem badania. Próbowano je zredukować przez podawanie matce leków sedatywnych, bądź stosowanie podawanego bezpośrednio do płynu owodniowego bromku pankuronium. Jednakże dzięki postępowi technicznemu czas badania został skrócony, stworzono programy umożliwiające skrócenie czasu akwizycji oraz polepszenie rozdzielczości i kontrastowości obrazu. Zastosowanie w najnowszych aparatach MR szybkich sekwencji (single-shot HASTE, RARE) w znacznym stopniu zminimalizowało artefakty ruchowe, zaś sedacja matki i płodu nie jest już konieczna do uzyskania dobrych jakościowo obrazów [2]. Dlatego też bezpieczeństwo tej metody i brak skutków ubocznych są jej głównymi zaletami i niewątpliwie wpływają na jego kliniczną atrakcyjność. Niemniej jednak MR jest wykonywany po pierwszym trymestrze ciąży i zwykle w tym okresie wystarczające są badania ultrasonograficzne.

Pierwsze, pojedyncze prace w latach osiemdziesiątych dotyczyły głównie obrazowania anatomii płodu, z czasem pojawiło się więcej doniesień o rozpoznawaniu wad i innych schorzeń.

Rezonans magnetyczny jest szczególnie użyteczny, w sytuacji gdy prenatalne badanie ultrasonograficzne jest trudne (pozycja główki płodu, kostnienie sklepienia czaszki, małowodzie) lub gdy USG wykazuje nieprawidłowości lub budzi wątpliwości w II i III trymestrze.

Wskazania do zastosowania rezonansu magnetycznego płodu ulegają stopniowemu poszerzeniu [3]. W większości przypadków wykonywane są w następstwie zmian wykrytych w USG. W przypadku rezonansu magnetycznego mózgu częstym wskazaniem jest tu poszerzenie komory, jedno- lub obustronne. MR może być również wykonywane w przypadku podejrzenia wad rozwojowych i guzów.

Poza wadami, głównymi wskazaniami do badań MR są:

- infekcja matki i płodu: toksoplazmoza, cytomegalia, HIV, ospa wietrzna.
- obciążenie zaburzeniami genetycznymi w rodzinie: stwardnienie guzowate, lissencefalia;

Since the introduction of magnetic resonance (MR) into clinical practice, new wider/broader diagnostic options have opened up for perinatology. Following the first information on the application of MR during gestation (1983), the role of this method has rapidly gained importance. The non-invasiveness of this imaging method, which has so far proved not to cause any side-effects, allows for its safe implementation for the purpose of the examination of pregnant women. [1]. The procedure enables a precise evaluation of the morphology of fetal internal organs, especially encephalon. It is for the above-mentioned reasons that this technique may assume a significant place among other methods for early diagnostics applied to evaluate the fetus's condition.

In the first years of MR application in prenatal examinations the value of the method was reduced due to technical limitations of equipment, predominantly featuring long image acquisition resulting from numerous artifacts caused by fetal movements as well as the prolonged duration of the examination itself. The ways to surpass these limitations consisted in administering sedatives to the mother or directly applying pancuronium bromide to the amniotic fluid. However, technical advancement has made it possible to reduce the duration of examination and novel programs have been developed designed to limit the time of image acquisition and improve the resolution and contrast of the image. The application of rapid sequences in most recent MR equipment (single-shot HASTE, RARE) has by far eliminated artifacts resulting from movement, thus making the sedation of both the mother and the fetus unnecessary in order to obtain high quality images [2]. It is safety and lack of side-effects that are therefore the method's main advantages and contribute to the method's attractiveness in terms of clinical practice. Nonetheless, MR is performed only after the first trimester of gestation when ultrasonography is a sufficient assessment tool.

The first isolated studies dating from the 1980s dealt with the imaging of fetal anatomy only later to be followed by more reports on the identification malformations and other undesired conditions.

Magnetic resonance is particularly useful in cases when prenatal ultrasonography encounters difficulties such as fetal head position, the ossification of the cranial vault, oligoamnios or when USG shows abnormalities or evokes suspicion in the II or III trimester.

The indications for the application of fetal magnetic resonance have been gradually growing in number [3]. In most cases the method is conducted in the wake of the detection of lesions conducted by means of USG. With regard to the magnetic resonance of the brain, either a uni- or bilateral dilatation of cerebral ventricles is a common indication. MR may be also carried out if there is a suspicion of developmental defects and tumours.

Apart from abnormalities, the main indications for MR examination include:

- ciąża z wysokim ryzykiem uszkodzenia mózgu: ciąża mnoga z obumarciem jednego płodu, zaburzenia krzepnięcia u matki, cukrzyca, nadciśnienie, wewnątrzmaciczne ograniczenie wzrostu płodu
- płody z anomaliami pozamózgowymi (choroby nerek, płuc, serca, przewodu pokarmowego)

Badania MR pozwalają na ocenę patologii twarzoczaszki, szyi (obrazowanie najczęściej występujących wodniaków torbielowatych, potworniaków), dostarczając cennych informacji charakteryzujących zmianę i pomocnych przy planowaniu ewentualnych zabiegów.

Obrazowanie klatki piersiowej uwidacznia płuca płodu, które w obrazach T2-zależnych są homogenne, o pośredniej intensywności sygnału, wzrastającej wraz z wiekiem. MR daje możliwość oceny dojrzewania płuc płodu, także uwidocznienia szeregu wad, takich jak sekwestracja płuca czy przepukliny przeponowe. Jest czulszą metodą od ultrasonografii w wykrywaniu przemieszczenia wątroby do klatki piersiowej u płodów z wrodzoną przepukliną, szczególnie złą rokowniczo patologią. Dużą przydatność rezonans magnetyczny wykazuje w uwidocznieniu nieprawidłowych mas w śródpiersiu (chłoniaki). Jest również pomocną metodą obrazowania w ocenie tchawicy i wielkich naczyń.

Rezonans magnetyczny znajduje zastosowanie w wykrywaniu patologii jamy brzusznej, pozwalając na rozpoznawanie i różnicowanie nieprawidłowych mas z poszerzonymi pętlami jelit [4]. Zdecydowanie lepiej niż ultrasonografia umożliwia ocenę patologii przewodu pokarmowego, szczególnie w przypadku szczególnie ciężkich wad rozwojowych, takich jak atrezja przełyku, jelit. Stosując obrazy T1-zależne można dobrze uwidocznić wątrobę. Guzy wątroby nie są częste, jednak MR jest pomocny w ich różnicowaniu. Zastosowanie tej metody pozwala na doskonałe obrazowanie defektów ściany jamy brzusznej (omphalocele, gastroschisis), które bardzo często wiążą się z patologiami innych narządów i układów.

- Maternal and fetal infection: toxoplasmosis, cytomegaly, HIV, chickenpox.
- Hereditary risk of developing disorders: sclerosis tuberosa, lissencephaly;
- Gestation at high risk of brain injury: multiple gestation with one still birth, maternal coagulatory disorders, diabetes, hypertension, intrauterine inhibition of fetal growth
- Fetal extracerebral anomalies (pulmonary, renal, cardiac and esophageal diseases)

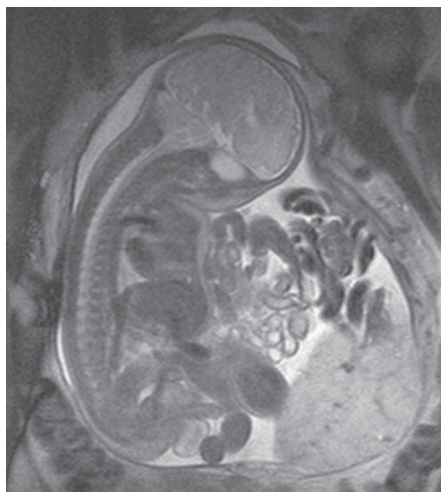
The MR examinations allow for the pathological evaluation of the facio-cranial and neck regions (imaging of the most frequent cystic hygromas, teratomas) while providing valuable information concerning the characteristics of damage utile for planning/designing prospective surgical operations/procedures.

Chest imaging reveals fetal lungs, which are homogenous in T2-dependent images and emit a signal of average intensity that tends to rise with age. MR offers the opportunity to assess the condition of developing fetal lungs and demonstrates a number of deformations such as pulmonary cystic degeneration or diaphragmatic hernias. It is a method more sensitive than ultrasonography in terms of determining hepatic dislocation into the thoracic cavity in fetuses with congenital hernia, especially one with poor pathological prognosis. Magnetic resonance proves to be particularly utile for the purpose of abnormal mass detection in the area of mediastinum (lymphomas). It also serves as an imaging method for the evaluation of trachea as well as major blood vessels.

Magnetic resonance is employed for the purpose of the detection of gastric cavity abnormalities thus enabling the identification of abnormal masses and their differentiation from enlarged intestinal loops [4]. It is markedly better than ultrasonography for the evaluation of the gastrointestinal tract abnormalities, especially in case of particularly grave developmental defects such

**Ryc. 1.** Badanie MR, obraz T2-zależny. Gastroschisis. Badanie MR, sekwencja Express, obraz T2-zależny, płaszczyzna poprzeczna. Hiperintensywny obszar w okolicy ciemieniowej - zmiana o charakterze niedokrwiennym u 36-tygodniowego płodu

**Fig. 1.** The MR examination, T2-dependent image. Gastroschisis. The MR examination, Express sequence, T2-dependent image, transverse plane. Hyperintensive area in the parietal region - ischemic lesion in a 36-week old fetus



Rezonans magnetyczny jest szczególnie przydatny w obrazowaniu układu moczowo-płciowego, gdyż szereg anomalii nerek przebiega z małowodziem, które jest ograniczeniem w badaniach USG [5]. Nerki w obrazach T2-zależnych są strukturami o pośredniej intensywności sygnału, zaś miedniczki nerkowe są hiperintensywne. Badanie MR jest niezwykle pomocne w przypadku różnicowania pomiędzy zmianami dysplastycznymi a prawidłową odmianą rozwojową.

Szczególnością badań MR należy jednak upatrywać w diagnostyce ośrodkowego układu nerwowego. Metoda ta bowiem znacznie przewyższa badanie USG w ocenie struktur mózgu. Wysoka rozdzielczość kontrastowa i liniowa obrazu uzyskiwana między innymi dzięki różnicy intensywności sygnału zależnej od struktury chemicznej tkanki mózgowej, umożliwia różnicowanie zmian w istocie białej i szarej, a także w strukturach głębszych o wiele lepsza niż w badaniach USG. Dzięki wysokiej rozdzielczości kontrastowej rezonans magnetyczny jest bardziej dokładną metodą oceny ścian komór, przestrzeni podpajęczynówkowej, a także w szczególności obrazowania śródmiąższowej organizacji tkanek. Badanie MR pozwala na dokładną ocenę morfologiczną ośrodkowego układu nerwowego, określenie stopnia dojrzałości i co za tym idzie, prawidłowości w jego rozwoju [6].

Badanie rezonansowe umożliwia obserwację rozwoju szczelin, bruzd, zakrętów, zmian w szerokości komór oraz przestrzeni przymózgowej. Kształtowanie się zakrętów jest dobrze widoczne w obrazach T2-zależnych, a ich rozwój koreluje z wiekiem ciążowym. U płodów badanych po pierwszym tryestrze widoczna jest utworzona najwcześniej (w 8 tygodniu) szczelina międzypółkulowa. Do 24 tygodnia powierzchnia mózgowia jest bez zakrętów. Między 25 a 32 tygodniem widoczny jest w MR rozwój kolejnych bruzd pierwszorzędowych. Po 33 tygodniu autorzy obserwowali rozwój licznych bruzd drugo- i trzeciorzędowych. Badanie MR umożliwia również ocenę wielkości układu komorowego i kształtowanie się przestrzeni podpajęczynówkowej. Do 25 tygodnia obserwuje się poszerzenie komór, szczególnie na poziomie rogów tylnych. Przestrzeń podpajęczynówkowa jest dobrze widoczna do 30 tygodnia ciąży, natomiast po 32 tygodniu następuje zmniejszenie jej szerokości [7].

Rezonans magnetyczny jest o wiele czulszą niż ultrasonografia metodą pozwalającą na śledzenie rozwoju i dojrzewania mózgu płodu. Badanie MR umożliwia uwidocznienie zachodzących zmian anatomicznych, zaś różnice sygnału pozwalają na wyjaśnienie licznych zjawisk, takich jak gliozja mielinizacyjna, właściwa mielinizacja, czy zmiany ilościowe komórek w różnych obszarach mózgowia. W rozwijającym się mózgu płodu w badaniu MR możemy prześledzić procesy dojrzewania związane z histogenezą i mielinizacją. Odzwierciedleniem tych procesów są zmiany sygnału w obrazach T2-zależnych. W obrazach tych strefy mielinizacji widoczne są w postaci obszarów o niskiej

as esophageal or intestinal artresia. It is by virtue of T1 dependent images that liver may be visualized at high standard. Hepatic tumors occur infrequently but it is MR that serves to differentiate them. This method allows for an ideal imaging of gastric cavity wall defects (omphalocele, gastroschisis), which are commonly interrelated with other organs and systems abnormalities.

Magnetic resonance is a useful method for the imaging of the urinary-genital system since many renal anomalies concur with oligoamnios, which is a counterindication for performing USG [5]. In T2-dependent images kidneys are represented by structures with average signal intensity whereas renal pelvis emits a hyperintensive signal. The MR examination is useful for discerning dysplastic lesions and normal developmental aberrations.

However, the most significant value of MR examination lies in the diagnostics of the central nervous system since this method by far surpasses USG examination in terms of the evaluation of cerebral structures. High contrast and linear resolution obtained, among other factors, by means of the difference between signal intensity dependent upon the chemical structure of brain tissue enables to discern different types of damage to the white and grey matter as well as in deeper structures better than USG examination. Thanks to high contrast resolution magnetic resonance is a method of great precision for the evaluation of ventricle walls, subarachnoid space and, in particular, for the imaging of tissue organization within the mediastinum. MR imaging allows for an accurate morphological evaluation of the central nervous system, determination of developmental stage and, in consequence, the regularity of its development [6].

Magnetic resonance allows for the monitoring of fissures, sulci and gyri as well as abnormalities in ventricle breadth and pericranial space. The formation of gyri is best seen in T2-dependent images and the course of their development is associated with gestational age. In fetuses examined after the first trimester what is visible is the interhemispheric fissure, which is first to be formed (in the 8<sup>th</sup> month). By the 24<sup>th</sup> week the surface of the brain remains free from gyri. From the 25<sup>th</sup> to the 32<sup>nd</sup> week MR reveals the formation of consecutive primary sulci. Following the 33<sup>rd</sup> week the Authors have observed the development of numerous secondary and tertiary sulci. MR imaging gives the opportunity to assess the volume of ventricular system and the formation of subarachnoid space. Cerebral ventricular dilatation is observed into the 25<sup>th</sup> week, especially at the level of posterior horns. The subarachnoid space is clearly visible prior to the 30<sup>th</sup> week of gestation whereas following 32<sup>nd</sup> week its breadth diminishes [7].

Magnetic resonance is a method of higher sensitivity as compared to ultrasonography thereby facilitating the monitoring development and maturation of fetal



intensywności sygnału. Już po 16 tygodniu ciąży w obrębie parenchymy mózgu płodu w badaniach MR widoczny jest wielowarstwowy układ. Ilość warstw zależy od wieku płodowego, a intensywność sygnału od zawartości wody i komórek w poszczególnych warstwach[8].

Badanie ultrasonograficzne, które dokładnie uwidacznia wady rozwojowe mózgu m.in. takie jak: bezmózgowie, holoprosencefalia, schizencefalia, wady dysraficzne, w wielu wypadkach wymaga uzupełnienia techniką rezonansu magnetycznego w celu potwierdzenia i dokładnej oceny wady. Może być niezbędny do wykazania częściowej holoprosencefalii np. form półpłatowych i płatowych, które można przeoczyć w USG. MR pozwala na uwidocznienie towarzyszących często temu innym wad, takich jak heterotopia i nieprawidłowe bruzdowanie. Ponadto kora mózgowa płodu jest dobrze widoczna na obrazach MR i ocena jej nieprawidłowości (np. drobnozакrętowość) jest zdecydowanie lepsza niż w badaniach ultrasonograficznych.

Rezonans magnetyczny dostarcza dokładnych informacji o lokalizacji torbielei nadnamiotowych i pomaga odróżnić je od porencefalii. Metoda ta wykazuje szczególną przydatność w ocenie anomalii tylnego dołu czaszki, którego ocena jest zdecydowanie utrudniona w badaniach USG. Pozwala na dokładne zlokalizowanie nieprawidłowego płynu, ocenę wielkości dołu tylnego (powiększenie lub zmniejszenie z atrofią), kształtu komory IV i głównych kryteriów prognostycznych, opartych na prawidłowościach mózdzku i pnia mózgu.

W badaniach MR dobrze uwidoczniają się wady cewy nerwowej, kręgosłupa[4]. Rozszczepy kręgosłupa z przepukliną oponowo-rdzeniową można także zdiagnozować przy pomocy USG – jednakże w przypadku, jeśli to badanie nie jest rozstrzygające, MR może wykazać malformację Chiarięgo typu 2 związaną zawsze z przepukliną oponowo-rdzeniową.

Guzy mózgu występują rzadko u płodów. Spośród spotykanych guzów wrodzonych stwierdza się głównie potworniaki lub glejaki. Rezonans magnetyczny pomaga zbadać lokalizację i rozmiary masy [9].

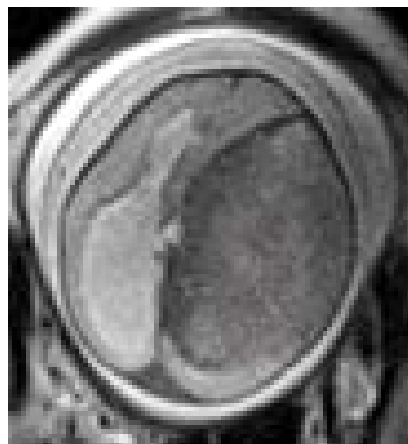
brain. The MR examination permits the visualization of the emergent anatomic transformations and the changes in signal intensity serve to explain numerous phenomena such as myelinization gliosis, myelinization proper or the modifications in the quantity of cells in different areas of the encephalon. It is within the developing fetal brain that we may trace the maturation processes associated with hystogenesis and myelinization. These processes are reflected in the changes in the signal as shown in T2-dependent images. In the said images myelinization areas are to be seen as regions with low signal intensity. Within only 16 weeks of gestation a multi-layered// system may be detected by means of the MR examination in the parenchyma of fetal brain. The number of layers varies with fetal age and the signal intensity alters in respect of water content and cellular density in respective layers [8].

Ultrasonography may demonstrate with accuracy the developmental cerebral abnormalities such as acephalia, holoprosencephaly, schizencefalia, dysraphic defects. However, in many cases it calls upon a complimentary examination by means of magnetic resonance in order to confirm the diagnosis and carefully evaluate the defect. It may be indispensable for ascertaining partial holoprosencephaly e.g. its semilobular and lobular holoprosencephaly, easily overlooked in USG examination. MR helps to manifest other defects, which accompany the above mentioned, such as heterotopia and abnormal sulci formation. What is more, fetal cerebral cortex is clearly visible in MR images and thus the accuracy of evaluation of its abnormalities (e.g. microgyria) based on MR by far exceeds the merits of ultrasonography.

Magnetic resonance provides precise information on the localization of supratentorial cysts and helps to distinguish them from porencephaly. The said method proves to be of particularly useful in the evaluation of the anomalies of the inferior posterior cranial area, which is limited in ultrasonography. It facilitates an accurate localization of abnormal fluid, the evaluation of the volume of posterior cranial fossa (dilatation or

**Ryc. 2.** Badanie MR, obraz T2-zależny. Glioblastoma

**Fig. 2.** The MR examination, T2-dependent image. Glioblastoma



Spośród stwierdzanych wad rozwojowych naczyń głównie są to malformacje żyły Galena lub malformacje żyły opony twardej. W tych przypadkach MR pomaga potwierdzić diagnozę, jeśli badanie dopplerowskie jest nierozstrzygujące, oraz określić konsekwencje w mięszu: uszkodzenie niedokrwiennie lub poszerzenie komór.

Badanie MR pozwala na rozstrzygnięcie wielu problemów diagnostycznych, w tym także, a może przede wszystkim, wczesne diagnozowanie stanów zagrożenia płodu i rozpoznawanie związanych z nimi zmian niedotlenieniowo-niedokrwiennych OUN, krwawień do- i okołokomorowych, które stanowią częsta przyczynę uszkodzeń i śmierci płodu oraz wysokiej śmiertelności noworodków w okresie okołoporodowym.

Wrażliwość płodu na niedotlenienie wynika z wielu czynników. Istotny jest fakt zmniejszenia lub też braku autoregulacji przepływu mózgowego u niedojrzałych płodów oraz niedojrzałość naczyń mózgowych. Szczególnie podatny na uszkodzenia o charakterze niedotlenieniowo-niedokrwiennym jest neuroglej w okresie aktywnej mielinizacji.

Rodzaj uszkodzeń neuronalnych w przebiegu zmian niedotlenieniowo-niedokrwiennych zależy od wielu czynników, między innymi od wieku płodowego, nasilenia zmian oraz obszaru niedotlenienia.

W zależności od stopnia nasilenia niedotlenienia oraz lokalizacji zmian stwierdza się następujące formy uszkodzenia ośrodkowego układu nerwowego [10]:

- ogniskową i wielogniskową martwicę kory mózgu,
- selektywną martwicę neuronów kory mózgowej,
- martwicę wzgórza i jąder podstawy,
- leukomalację okołokomorową,
- przystrzałkowe uszkodzenie mózgu,
- krwawienia dokomorowe i okołokomorowe.

Wielogniskowe i ogniskowe uszkodzenia zazwyczaj dotyczą obszarów zaopatrywanych przez jedną z głównych tętnic mózgowych. Ta forma uszkodzenia jest rzadko obserwowana przed 28 tygodniem ciąży, natomiast częstość jej wzrasta wraz z dojrzewaniem mózgu płodu.

Martin i wsp. opisywali zmiany niedokrwiennie u płodów w różnych okresach wieku ciążowego [11]. Według autorów opracowania w ciągu pierwszych 2-3 dni w ognisku niedokrwienia występuje podwyższenie sygnału w obrazach T2-zależnych; następnie dochodzi do powolnego, trwającego 2-3 miesiące skracania czasu T2. W fazie przewlekłej może dochodzić do scieńczenia warstwy korowej, zaników istoty białej i poszerzenia układu komorowego. Jako najczęstszy typ zmian autorzy wymieniają leukomalację okołokomorową, rzadziej zmiany o charakterze encefalopatii wielotorbielowatej, czy też uszkodzenia wzgórza i jąder podstawy [12]. W badaniach MR obrazy leukomalacji uwidaczniają się w postaci obszarów o podwyższonej intensywności sygnału w obrazach T2- zależnych w istocie białej okołokomorowej z towarzyszącym nieregularnym poszerzeniem komór oraz ogniskowym lub rozlanym zmniejszeniem ilości istoty białej.

reduction with atrophy), the shape of ventricle IV as well as the main prognostic criteria, based on the regularities evinced by cerebellum and brain stem.

The MR examinations serve well to visualize the defects of both the neural tube and the spine [4]. Rachischisis accompanied by spinomenigeal hernia may be also diagnosed by means of USG – however, if inconclusive, it might be followed by an MR examination capable of revealing Chiari malformation type 2 strictly associated with spinomenigeal hernia.

Cerebral tumours are infrequent in fetuses. Congenital tumours mostly feature teratomas and glioblastomas. Magnetic resonance helps establish their localization and overall mass [9].

Among the detected developmental defects of veins the most notorious are the vein of Galen malformations and dural vein malformations. In these cases MR facilitates to confirm the diagnosis, if Doppler examination is inconclusive, and determine the outcome for parenchyma: ischemic damage or ventricular dilatation.

The MR examination allows for the resolution of many diagnostic problems, including, among other things, and perhaps first and foremost, the early diagnostics of fetal health hazard states and the identification of the concomitant hypoxic-ischemic lesions of the CNS, intra- and periventricular hemorrhages, which constitute the cause of fetal death and injury as well as high mortality rate among newborns in the perinatal period.

Fetal sensitivity to hypoxia is determined by numerous factors. One of them is either a diminished or no autoregulation of cerebral flow in immature fetuses while another is the immaturity of cerebral vessels. What is particularly susceptible to hypoxic-ischemic injuries is the neuroglia in the active phase myelinization.

The type of neural injuries suffered in the course of hypoxic-ischemic lesions depends on many factors, including gestational age, the gravity of lesions and the area affected by hypoxia.

Basing on the gravity of hypoxia and the localization of lesions the following forms of damage to the central nervous system [10]:

- uni- and multifoci cerebral cortex necrosis,
- selective necrosis of the cerebral cortex neurons,
- necrosis of thalamus and basal nuclei,
- periventricular leucomalacia,
- perifibular cerebral damage,
- intra- and periventricular hemorrhages

Multi- and unifoci damage predominantly affect regions that are supplied by one of the main cerebral arteries. This form of injury is rarely seen prior to the 28th week of gestation while its incidence increases as the fetal brain matures.

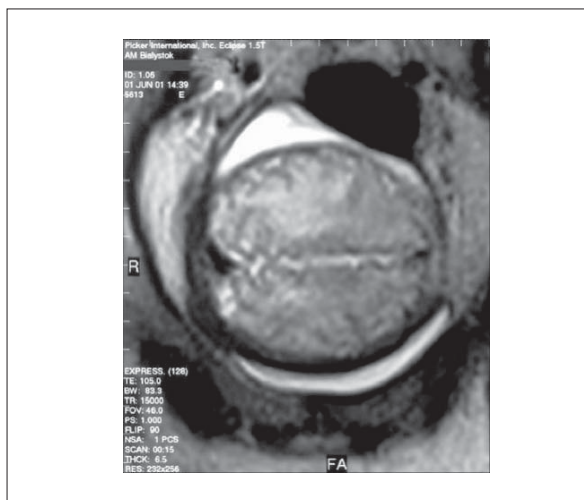
Martin et al. have described ischemic lesions in fetuses of different gestational age [11]. The authors of the study claim that during the first 2-3 days the signal from hypoxic focus increased in T2-dependent images; and, subsequently, the T2 duration shortens slowly over the following 2-3 months. In the chronic phase the

Stosunkowo nową, bardzo ważną techniką MR jest obrazowanie dyfuzyjne (DWI). Zastosowanie tej metody pozwala na uwidocznienie zmian niedokrwiennych w mózgu już w ciągu kilku minut lub godzin od uszkodzenia, co ma szczególną wartość w przypadku ostrych uszkodzeń, co więcej, na ich podstawie można przewidzieć rozległość zmian widocznych później w rutynowych sekwencjach MR [13]. Według niektórych autorów czułość wykrywania zmian niedokrwiennych w badaniu DWI jest porównywalna u dorosłych i dzieci. Badanie DWI jest dość czułe w wykrywaniu izolowanych uszkodzeń kory, podczas gdy zdecydowanie mniejszą czułość wykazuje w przypadku zmian w obrębie głębokiej istoty szarej i kory wokół bruzdy Rolada.

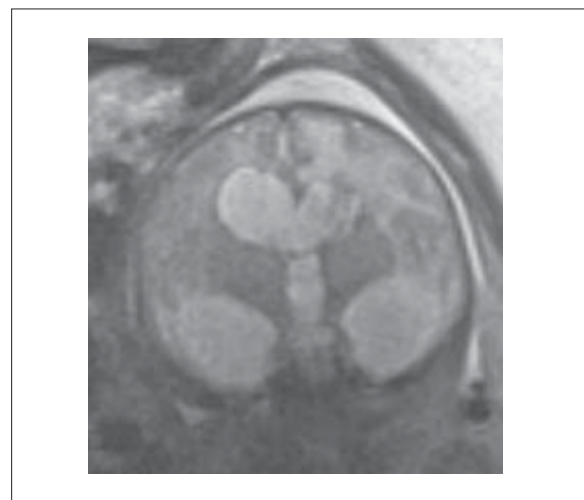
Dodatkowym aspektem zastosowania MR jest niewątpliwie możliwość wykonania badania protonowej spektroskopii rezonansu magnetycznego, które umożliwia nieinwazyjną ocenę składu chemicznego tkanki

cortical layer may become thinner, the white matter may atrophy and the ventricular system – enlarge. According to the Authors, the most frequent abnormality is periventricular leucomalacia, rarer defects include multicystic encephalopathy and injuries to the thalamus or basal nuclei [12]. The MR images of leucomalacia evince areas of increased signal intensity in T2-dependent images in the periventricular white matter accompanied by irregular ventricular dilatation and either focal or diffused decrease in the volume of white matter.

A relatively novel significant MR technique features diffusion imaging (DWI). The implementation of this method ensures the detection of cerebral ischemic damage within several minutes or hours of the injury, which proves of vital importance in cases of acute injuries and it enables to anticipate the scope of lesions to be subsequently manifested in routine MR sequences [13]. According to some authors, the sensitivity of



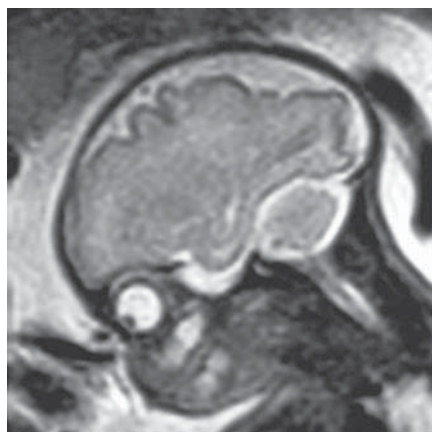
**Ryc. 3.** Badanie MR, sekwencja Express, obraz T2-zależny, płaszczyna poprzeczna. Hiperintensywny obszar w okolicy ciemieniowej – zmiana o charakterze niedokrwienym u 36-tygodniowego płodu  
**Fig. 3.** The MR examination, Express sequence, T2-dependent image, transverse plane. Hyperintensive area in the parietal region – ischemic lesion in a 36-week old fetus



**Ryc. 4.** Obraz T2-zależny. Krwawienie śródmózgowe i dokomorowe u 30-tygodniowego płodu  
**Fig. 4.** T2-dependent image. Inter- and intracerebral hemorrhage in a 30-week old fetus

**Ryc. 5.** Poszerzenie przestrzeni przymózgowych oraz słabe wykształcenie bruzd i zakrętów mózgowia u 37-tygodniowego płodu. Badanie MR, obrazy T2-zależne w płaszczynie strzałkowej

**Fig. 5.** Fig. 5. Pericerebral space dilatation and poor formation of the sulci and gyri of the encephalon in a 37-week old fetus. The MR examination, T2-dependent images in sagittal plane



mózgowej, a więc pozwala na śledzenie w warunkach *in vivo* procesów metabolicznych mózgowia, a także poszerza wiedzę na temat patomechanizmów zmian niedokrwiennych [14]. W badaniu spektroskopowym poddawane są analizie widma obejmujące sygnały N-acetyloasparagianu (NAA), kreatyny (Cr), cholicy (Cho), mioinozytolu (mI), mleczanów (Lac) i lipidów (Lip). Oceniana jest zawartość poszczególnych metabolitów w stosunku do poziomu kreatyny.

Rola i znaczenie poszczególnych metabolitów w widmie spektroskopii protonowej mózgu nie są do końca wyjaśnione. Wiadomo iż N-acetyloasparagian występuje prawie wyłącznie w obrębie komórek nerwowych i jest nieobecny w komórkach gleju [15]. Stężenie NAA jest proporcjonalne do ilości neuronów i zmniejsza się w stanach, kiedy neurony ulegają degradacji lub są zastępowane przez komórki innego rodzaju. Poziom kreatyny i fosfokreatyny odzwierciedla status energetyczny komórek nerwowych. Sygnał cholicy zawartej w błonach komórkowych, pochodzi głównie z komórek glejowych; jej wzrost obserwowany jest przy rozpadzie błon komórkowych, ich wzmożonej przemianie lub aktywacji gleju. Mioinozytol jest głównym osmolitem komórek glejowych, w których występuje w dużych ilościach, stąd też uważany jest za marker gleju. Analizując zawartość poszczególnych metabolitów można prześledzić dojrzewanie tkanki mózgowej. Autorzy zaobserwowali znaczący wzrost NAA wraz z dojrzewaniem mózgu płodu [16]. Wzrost poziomu NAA i główny początek jego syntezy przypada w okresie trzeciego trymestru ciąży. U płodów zawartość kreatyny i fosfokreatyny jest niższa niż u osób dorosłych, natomiast szybko wzrasta w okresie okołoporodowym. Ponadto wyższa jest również zawartość mioinozytolu, co wynika z jego roli. Wraz z dojrzewaniem mózgu odnotowuje się znaczący wzrost

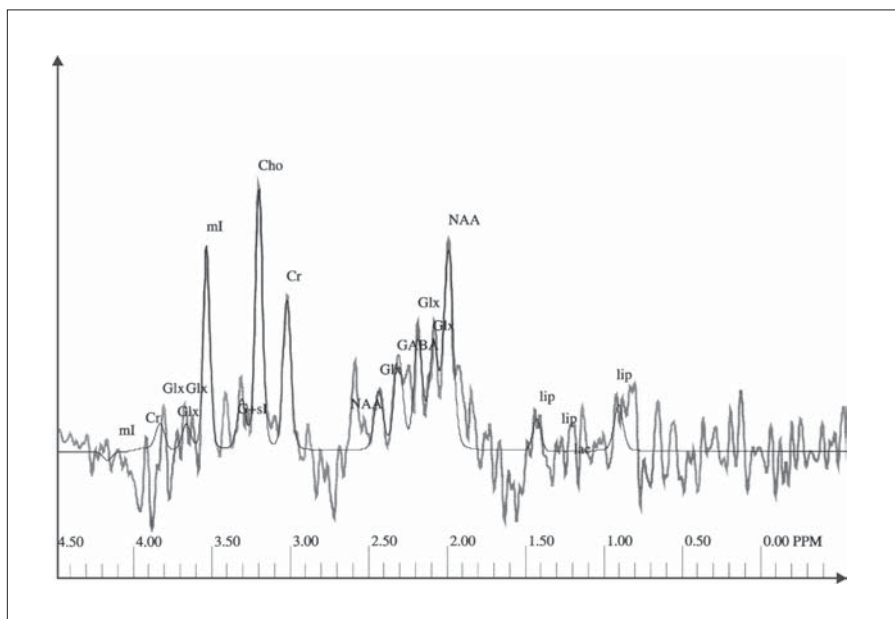
DWI examination in ischemic damage detection is similar for both adult patients and children. The DWI examination is relatively sensitive in terms of the detection of isolated cortical damage whereas its efficiency drops when abnormalities in deep grey matter and cortex around Roland's sulcus are involved.

An additional rationale for the deployment of MR is, undoubtedly, the possibility to perform the proton spectroscopy of magnetic resonance, which allows for a noninvasive evaluation of the chemical content of cerebral tissues thereby giving an opportunity to trace *in vivo* the metabolic processes occurring within encephalon and broadening the scope of knowledge concerning the pathomechanisms of ischemic lesions [14]. The spectroscopic examination covers the analysis of the spectra of signals emitted by N-acetylasparagate (NAA), creatine (Cr), choline (Cho), myoinositol (mI), lactates (Lac) and lipids (Lip). The content of respective metabolites with respect to creatine level is subject to evaluation.

The role and significance of respective metabolites present in the spectrum of proton spectroscopy of the brain fall short of an exhaustive explanation. It is common knowledge that N-acetylaspartate appears almost exclusively within nervous cells and is absent in glial cells [15]. The concentration of NAA remains proportional with regard to neuron volume and declines whenever neurons undergo degradation or are replaced by cells of another type. The level of creatine and phosphocreatine reflects the cellular energetic condition of nervous cells. The choline signal contained within cellular membranes is mainly emitted by glial cells, it increases on the dissipation of cellular membranes or in case of an augmented glia transformation of activation. Myoinositol is the main osmolyte of glial cells, in which it appears in large amounts; this being the reason why it is regarded as the glia marker. The matu-

**Ryc. 6.** Prawidłowe widmo spektroskopii protonowej mózgowia płodu

**Fig. 6.** Normal spectrum obtained in proton spectroscopy of fetal encephalon





zawartości N-acetyloasparagianu, spadek zaś mioinozytolu.

Ocena zawartości metabolitów w spektroskopii MR rozszerza zakres możliwości diagnostyki zmian niedotlenieniowo-niedokrwiennych, umożliwiając określenie stopnia uszkodzenia tkanki mózgowej w ognisku zawalowym. Przydatność metody w badaniach niemowląt wykazali Auld i wsp. [17], którzy obserwowali u dzieci z niedokrwiennym uszkodzeniem OUN wyraźny spadek proporcji NAA/Cho i NAA/Cr oraz obecność pasm mleczanów. Ponieważ NAA jest uważany za marker tkanki nerwowej i jego poziom ulega obniżeniu we wszystkich stanach z destrukcją neurocytów, ocena tego metabolitu ma podstawowe znaczenie dla oszacowania powstałych uszkodzeń neuronalnych.

W prawidłowym spektrum mleczany nie są identyfikowane jako wyraźnie zaznaczone pasmo, bądź obecne są w bardzo małych ilościach. Znaczący wzrost zawartości mleczanów w widmie spektroskopowym z obszarów podejrzanych o zawał wykazali Sutton i Wang [18]. Warty podkreślenia jest fakt, że poziom mleczanów uważa się za wyznacznik prognostyczny i ich wysoka zawartość wiąże się z ciężkimi następstwami klinicznymi.

Wczesna diagnostyka ognisk niedotlenieniowo-niedokrwiennych jest istotna z punktu widzenia klinicznych następstw tych zmian. Istnieje bowiem ścisła korelacja między wczesnymi zmianami wykrytymi w MR, a późniejszym obrazem klinicznym. W badaniach MRS u niemowląt i dzieci ze zmianami niedotlenieniowo-niedokrwiennymi wykazano korelację pomiędzy złym rozwojem psychomotorycznym a spadkiem wartości NAA/Cho w obszarach zmian niedokrwiennych [19,20]. W badaniach wykazano istnienie zależności pomiędzy zmianami stwierdzanymi w bada-

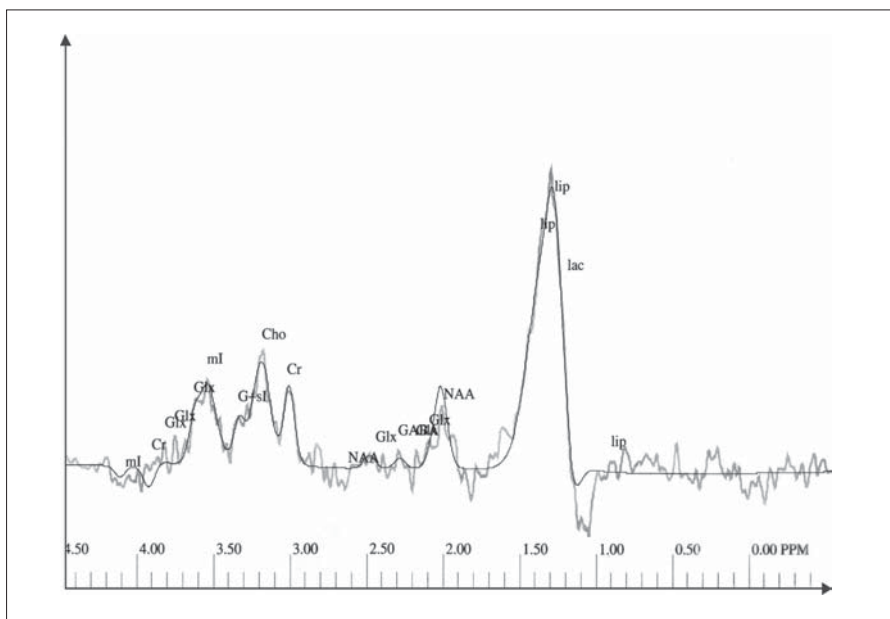
ration of cerebral tissue may be monitored through the analysis of respective metabolites. The Authors have observed a significant increase in NAA that concurs with the maturation of fetal brain [16]. The increase in NAA level and the main onset of its synthesis occurs in the third trimester of gestation. The fetal content of both creatine and phosphocreatine is lower than in adults but rapidly increases in perinatal period. Furthermore, the content of myoinositol remains lower which is due to the role it fulfills. As the brain develops a marked increase in the content of N-acetylaspartate and a fall in myoinosolyte is noticed.

The metabolites content evaluation by means of MR spectroscopy extends the diagnostic possibilities in respect of hypoxic-ischemic lesions, thereby ensuring a way to determine the extent to which the cerebral tissue has been damaged at the infarction focus. The utility of the method for newborns' examination has been demonstrated by Auld et alia. [17], who have discovered that the ratios NAA/Cho and NAA/Cr drop notably in children with hypoxic CNS damage and bands of lactates occur. Since NAA is considered to be a marker of nervous tissue and, hence, its level decreases in all conditions associated with neurocyte destruction, the evaluation of this metabolite bears significance for the purpose of the assessment of the emergent neural damage.

In case of a normal spectrum lactates are not identified as a distinctly marked band or they are present in notably minor quantities. A distinguished increase of lactates content in the spectroscopic spectrum occurs in regions suspected of being subject to infarction as has been shown by Sutton and Wang [18]. It should be highlighted that the level of lactates is regarded as a prognostic marker and their high content involves serious clinical results.

**Ryc. 7.** Nieprawidłowe spektrum mózgowia 35-tygodniowego płodu. Obniżenie pasm N-acetyloasparagianu, kreatyny i choleiny oraz wyraźne zwiększenie intensywności sygnałów mleczanów i lipidów

**Fig. 7.** Abnormal spectrum of the encephalon of a 35-week old fetus. Decrease in the bands of N-acetylaspartate, creatine and choline as well as a marked increase in the intensity of lactate and lipid signals



niach obrazowych i spektroskopowych OUN a nieprzewidywalnym rozwojem psychomotorycznym dzieci po urodzeniu.

Badanie rezonansu magentycznego z zastosowaniem szybkich sekwencji pozwala na uzyskanie dobrych jakościowo obrazów mózgowia płodu. Jakkolwiek badanie ultrasonograficzne nadal pozostaje techniką z wyboru w diagnostyce prenatalnej, rezonans magnetyczny można uznać za cenną metodę uzupełniającą, poszerzającą zakres możliwości diagnostycznych stanu płodu. Niewątpliwie technika ta staje się coraz bardziej przydatna przy podejmowaniu działań terapeutycznych.

An early diagnostics of the ischemic-hypoxic foci is crucial in respect of their clinical outcome as there exists a strict correlation between early lesions discovered by means of MR and the subsequent clinical picture. It has been proved by virtue of MRS examination involving infants and children with ischemic-hypoxic brain injury that poor psychomotor development is associated with the decline of NAA/Cho levels in the regions subject to ischemic damage [19, 20]. The studies have revealed interconnections between injury of the CNS determined by way of both imaging and spectroscopic methods and abnormal psychomotor development in children following birth.

Rapid-sequence magnetic resonance is a procedure that ascertains high quality images of the fetal encephalon. Much as ultrasonography remains the method of choice in perinatal diagnostics, magnetic resonance may be considered a valuable complementary method, which broadens the spectrum of diagnostic tools used to assess the condition of the fetus. Undoubtedly controversy, the technique is becoming more and more useful in terms of determining the therapeutic means to be taken in perinatology.

#### Piśmiennictwo / References:

1. **Clements H, Duncan KR, Fielding K** et al.: Infants exposed to MRI in utero have a normal paediatric at 9 month of age. *Brit J Radiol* 2000; 73: 190-194.
2. **Wermeński K, Wagił K, Bekiesińska-Figatowska M** et al.: Rezonans magnetyczny w diagnostyce prenatalnej. *Gin Pol* 2002; 73(2): 142-149.
3. **Merzoug V, Ferey S, Andre Ch** et al.: Magnetic resonance imaging of the fetal brain. *J Neuroradiol* 2002, 29: 76- 90.
4. **Farhataziz N, Engels JE, Ramus M** et al.: Fetal MRI of urine and meconium by gestational age for the diagnosis of genitourinary and gastrointestinal abnormalities. *AJR Am J Roentgenol*.2005 Jun;184(6): 1891-7.
5. **Marin C, Darnell A, Duran C** et al.: Magnetic resonance of the intrauterine fetal genitourinary tract:normal anatomy and pathology. *Abdom Imaging* 2004; May-Jun; 29(3): 286-302.
6. **Levine D, Hatabu G, Gaa J** et al.: Fetal anatomy revealed with fast MR sequences. *AJR Am J Roentgenol* 1996; 167: 905-908.
7. **Lan LM, Yamashita Y, Tang Y** et al.: Normal fetal brain development: MR imaging with a Half-Fourier Rapid Acquisition with Relaxation Enhancement Sequence. *Radiology* 2003; 215(1):205- 215.
8. **Girard NJ, Raybaud CA**.: In vivo MRI of fetal brain cellular migration. *J Comput Assist Tomogr* 1992; 16: 265- 267.
9. **Guibud L, Champion F, Buenerd A** et al.: Fetal intraventricular glioblastoma: Ultrasonographic, Magnetic Resonance Imaging, and Pathologic Findings. *J Ultrasound Med* 1997; 16: 285- 288.
10. **Berger R, Garnier Y**.: Intrauterine brain injury. *J Perinat Med*.2000; 28: 261- 285.
11. **Martin E, Barkovich AJ**.: Magnetic resonance imaging in perinatal asphyxia. *Archives of disease in childhood* 1995; 72: 62-70.
12. **De Laveaucoupet J, Audibert F, Guis F** et al.: Fetal magnetic resonance imaging (MRI) of ischemic brain injury. *Prenat Diagn* 2001; Sep; 21(9): 729- 36.
13. **Lovblad KO, Ruoss K, Guzman R** et al.: Diffusion-weighted MRI of middle cerebral artery stroke in a newborn. *Pediatr Radiol* 2001; 31(5): 374- 6.
14. **Heershap A, van den Berg PP**.: Proton magnetic resonance spectroscopy of human fetal brain. *Amj Obstet Gynecol* 1994; 170: 1150-115.
15. **Kauppinen RA, Williams SR**.: Nuclear magnetic resonance spectroscopy studies of the brain. *Prog Neurobiol* 1994; 44: 87-118.
16. **Kok RD, van den Berg P, van den Bergh A** et al.: Maturation of the human fetal brain as observed by 1 HMR spectroscopy. *Magn Reson Med* 2002; 48(4): 611- 616.
17. **Auld K, Aschwal S, Houlschouser BA** et al.: Proton magnetic resonance spectroscopy in children with acute central nervous system injury. *Pediatric neurology* 1995; 112: 323- 334.
18. **Sutton LN, Wang Z, Duhaime AC** et al.: Tissue lactate in pediatric head trauma: a clinical study using HNMR spectroscopy. *Pediatr Neurosurg* 1995; 22: 81- 87.
19. **Peden CJ, Rutherford MA, Sargentoni J** et al.: Proton spectroscopy of the neonatal brain following hypoxic-ischemic injury. *Dev Med. Child Neurol* 1993; 25: 502-10.
20. **Sie LT, van der Knapp MS, Oosting J** et al.: MR patterns of hypoxic-ischemic brain damage after prenatal, perinatal or postnatal asphyxia. *Neuropediatrics* 2000; 31(3): 128- 36.