

ЛУЧЕВАЯ ДИАГНОСТИКА И ТЕРАПИЯ

Магнитно-резонансная томография, ультразвуковая диагностика, рентгенология, компьютерная томография, ядерная медицина, лучевая терапия

№ 4⁽⁸⁾
2017

Учредители: Санкт-Петербургское радиологическое общество
ФГБУН Институт мозга человека им. Н. П. Бехтеревой РАН
Медицинская компания «АВА ПЕТЕР» и «Скандинавия»
Балтийский медицинский образовательный центр

Президент журнала

академик РАН
С. К. Терновой
(Москва)

Главный редактор

профессор
Т. Н. Трофимова
(Санкт-Петербург)

Заместители главного редактора

чл.-корр. РАН
А. Ю. Васильев
(Москва)

профессор
В. И. Амосов
(Санкт-Петербург)

доктор медицинских наук
В. П. Сокурено
(Санкт-Петербург)

Ответственный секретарь

кандидат медицинских наук
Е. П. Магонов
(Санкт-Петербург)

Журнал рекомендован ВАК для публикации материалов диссертаций

Издатель: Балтийский медицинский образовательный центр
Адрес журнала: Санкт-Петербург, 191014, Литейный пр., 55 А.
Тел.: +7 921 956-92-55
<http://radiag.bmoc-spb.ru/jour>
<http://spb.radiomed.ru>
e-mail: infeklcijaids@gmail.com

подписные индексы:
Агентство «Роспечать» 57991
Объединенный каталог
«Пресса России» 42177

Состав редсовета и редколлегии:

профессор *Н. И. Ананьева* (Санкт-Петербург)
академик РАН *С. Ф. Багненко* (Санкт-Петербург)
академик РАН *Н. А. Беляков* (Санкт-Петербург)
профессор *М. Ю. Вальков* (Архангельск)
академик РАН *В. Р. Вебер* (В. Новгород)
профессор *М. В. Вишнякова* (Москва)
профессор *А. П. Дергилев* (Новосибирск)
академик РАН *Б. И. Долгушин* (Москва)
профессор *В. И. Домбровский* (Ростов-на-Дону)
профессор *Г. М. Жаринов* (Санкт-Петербург)
профессор *В. Д. Завадовская* (Томск)
профессор *Н. А. Карлова* (Санкт-Петербург)
академик РАН *А. М. Караськов* (Новосибирск)
академик РАН *В. Н. Корниенко* (Москва)
профессор *П. М. Котляров* (Москва)
профессор *Ю. Б. Курашвили* (Москва)
чл. -корр. РАН *Ю. Б. Лишманов* (Томск)
профессор *В. Н. Макаренко* (Москва)
академик РАН *С. В. Медведев* (Санкт-Петербург)
профессор *М. К. Михайлов* (Казань)
профессор *А. В. Мищенко* (Санкт-Петербург)
профессор *С. П. Морозов* (Москва)
профессор *А. В. Поморцев* (Краснодар)
академик РАН *И. Н. Пронин* (Москва)
профессор *В. А. Ратников* (Санкт-Петербург)
профессор *Р. И. Рахимжанова* (Астана)
профессор *Р. Риенмюллер* (Грац)
профессор *В. А. Рогожин* (Киев)
профессор *Н. А. Рубцова* (Москва)
профессор *В. Е. Савеллю* (Санкт-Петербург)
профессор *В. Е. Синицын* (Москва)
профессор *П. Г. Таразов* (Санкт-Петербург)
профессор *Г. Е. Труфанов* (Санкт-Петербург)
профессор *И. Е. Тюрин* (Москва)
профессор *Л. А. Тютин* (Санкт-Петербург)
профессор *В. М. Черемисин* (Санкт-Петербург)
профессор *М. А. Чибисова* (Санкт-Петербург)
профессор *Б. Е. Шахов* (Н. Новгород)
профессор *А. Л. Юдин* (Москва)

Peer-reviewed journal for science and practice

DIAGNOSTIC RADIOLOGY AND RADIOTHERAPY

Magnetic resonance imaging, diagnostic ultrasound, roentgenology, computed tomography, nuclear medicine, radiotherapy

№ 4⁽⁸⁾
2017

Founders: St. Petersburg Society of Radiology
 N. P. Bechtereva Institute of the Human
 Brain of the Russian Academy of Sciences
 Russian Finnish Medical Holding Company «AVA PETER Scandinavia»
 Baltic Medical Educational Center

President of the journal
Editor-in-chief

S. K. Ternovoy, Full Member of RAS (Moscow)
T. N. Trofimova, professor (St. Petersburg)

Associate Editors

A. Yu. Vasilyev, associate member of RAS (Moscow) *V. I. Amosov*, professor (St. Petersburg)
V. P. Sokurenko, M.D. (St. Petersburg)

Executive Secretary *E. P. Magonov* (St. Petersburg)

Editorial Board and Editorial Council:

N. I. Ananyeva, prof. (St. Petersburg)
S. F. Bagnenko, full member of RAS (St. Petersburg)
N. A. Belyakov, full member of RAS (St. Petersburg)
V. M. Cheremisin, prof. (St. Petersburg)
M. A. Chibisova, prof. (St. Petersburg)
A. P. Dergilev, prof. (Novosibirsk)
B. I. Dolgushin, full member of RAS (Moscow)
V. I. Dombrovskiy, prof. (Rostov-on-Don)
A. M. Karaskov, full member of RAS (Novosibirsk)
N. A. Karlova, prof. (St. Petersburg)
P. M. Kotlyarov prof. (Moscow)
V. N. Korniyenko, full member of RAS (Moscow)
Yu. B. Kurashvili, prof. (Moscow)
Yu. B. Lishmanov, associate member of RAS (Tomsk)
V. N. Makarenko, prof. (Moscow)
S. V. Medvedev, full member of RAS (St. Petersburg)
M. K. Mikhaylov, prof. (Kazan)
A. V. Mishenko, prof. (St. Petersburg)
S. P. Morozov, prof. (Moscow)
A. V. Pomortsev, prof. (Krasnodar)

I. N. Pronin, full member of RAS (Moscow)
V. A. Ratnikov, prof. (St. Petersburg)
R. I. Rakhimzhanova, prof. (Astana)
R. Rienmuller, prof. (Graz)
V. A. Rogozhin, prof. (Kiev)
N. A. Rubtsova, prof. (Moscow)
V. E. Savello, prof. (St. Petersburg)
V. E. Sinitsin, prof. (Moscow)
B. E. Shakhov, prof. (Nizhniy Novgorod)
P. G. Tarazov, prof. (St. Petersburg)
G. E. Trufanov, prof. (St. Petersburg)
I. E. Tyurin, prof. (Moscow)
L. A. Tyutin, prof. (St. Petersburg)
M. Yu. Valkov, prof. (Arkhangelsk)
V. R. Veber, full member of RAS (Novgorod)
M. V. Vishnyakova, prof. (Moscow)
A. L. Yudin, prof. (Moscow)
V. D. Zavadovskaya, prof. (Tomsk)
G. M. Zharinov, prof. (St. Petersburg)

Key title: Lucevaa diagnostika i terapiya **Abbreviated key title:** Lucevaa diagn. ter.

Publisher: Baltic Medical Educational Center
Address: 191014, Liteyny pr., 55 A, St. Petersburg, Russia
 Tel.: +7 921 956-92-55
<http://radiag.bmoc-spb.ru/jour>
<http://spb.radiomed.ru>
 e-mail: infeklcijaids@gmail.com

Subscription indexes:
 Agency «Rospechat» **57991**
 Union Catalogue
 «The Russian Press» **42177**

СОДЕРЖАНИЕ

CONTENTS

РЕДАКЦИОННАЯ СТАТЬЯ

- ВОЗМОЖНОСТИ МАГНИТНО-РЕЗОНАНСНОЙ ТОМОГРАФИИ
В ИЗУЧЕНИИ ФОРМИРОВАНИЯ ГОЛОВНОГО МОЗГА ПЛОДА . 6
Т. Н. Трофимова, А. Д. Халиков, М. Д. Семенова

ОБЗОР

- ДИАГНОСТИКА И СТАДИРОВАНИЕ РАКА МОЧЕВОГО ПУЗЫРЯ. 16
А. Д. Каприн, Б. Я. Алексеев, Н. А. Рубцова, К. М. Ньюшко,
И. И. Семенова, П. В. Шегай

ОРИГИНАЛЬНЫЕ СТАТЬИ

- ОСОБЕННОСТИ ИЗМЕНЕНИЙ В ПЕРИВЕНТРИКУЛЯРНОЙ ЗОНЕ
И КОРЕ БОЛЬШИХ ПОЛУШАРИЙ ГОЛОВНОГО МОЗГА У НОВО-
РОЖДЕННЫХ С ЭКСТРЕМАЛЬНО НИЗКОЙ И ОЧЕНЬ НИЗКОЙ
МАССОЙ ТЕЛА. 25
Т. В. Мелашенко, Т. А. Наркевич, О. Л. Красногорская,
А. В. Поздняков, Р. А. Насыров, Д. О. Иванов

- ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕМАКСОЛА У ПАЦИЕНТОВ
С НЕАЛКОГОЛЬНОЙ ЖИРОВОЙ БОЛЕЗНЬЮ ПЕЧЕНИ. 33
Н. Н. Варламова, Е. Н. Зиновьева, О. В. Тесля,
Е. В. Синельникова, В. Г. Часнык

- ПРОГНОСТИЧЕСКАЯ ЦЕННОСТЬ МОРФОМЕТРИЧЕСКИХ
ПАРАМЕТРОВ ЭХОКАРДИОГРАФИИ И ПЛАЦЕНТОМЕТРИИ . 38
Л. А. Иванова, К. П. Карпов

- МУЛЬТИПАРАМЕТРИЧЕСКОЕ УЛЬТРАЗВУКОВОЕ
ИССЛЕДОВАНИЕ С ПРИМЕНЕНИЕМ СОНОЭЛАСТОГРАФИИ
И КОНТРАСТНОГО УСИЛЕНИЯ В ДИАГНОСТИКЕ ЛЕЙОМИОМ
ГЛУБОКИХ МЯГКИХ ТКАНЕЙ. 43
Е. А. Бусько, В. В. Щукин, М. С. Синячкин, И. И. Семенов,
А. Н. Зайцев, Е. В. Костромина, Н. В. Крашенинникова,
А. В. Васильев, А. В. Мищенко

- РЕЗУЛЬТАТЫ МНОГОФАЗНОЙ ОСТЕОСЦИНТИГРАФИИ У БОЛЬ-
НЫХ С НЕАКТИВНОЙ СТАДИЕЙ ДИАБЕТИЧЕСКОЙ НЕЙРООСТЕ-
ОАРТРОПАТИИ СТОП (АРТРОПАТИЕЙ ШАРКО) 48
А. Г. Демина, Д. В. Рыжкова, В. Б. Бреговский, И. А. Карпова

НАБЛЮДЕНИЕ ИЗ ПРАКТИКИ

- МАГНИТНО-РЕЗОНАНСНАЯ И КОМПЬЮТЕРНАЯ
ТОМОГРАФИЯ В ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ
ДИАГНОСТИКЕ ЭКТОПИИ ТКАНИ ПОДЖЕЛУДОЧНОЙ
ЖЕЛЕЗЫ И ЗАБРЮШИННОЙ ОПУХОЛИ. 54
П. М. Котляров, Н. И. Сергеев, В. А. Ребрикова, С. В. Сурков,
О. В. Татарникова

ЛУЧЕВАЯ ТЕРАПИЯ

- НАСКОЛЬКО ОБЪЕКТИВНЫ ДАННЫЕ УЛЬТРАЗВУКОВОГО
ИССЛЕДОВАНИЯ ПРИ ГОНАРТРИТЕ РЕНТГЕНОЛОГИЧЕСКОЙ
НУЛЕВОЙ СТАДИИ. 60
М. В. Макарова, Л. В. Проклова, Г. В. Яворская, А. В. Юницина,
А. Я. Якоби, М. Ю. Вальков

- АНАЛИЗ ДАННЫХ QUANTEC ПО ТОЛЕРАНТНЫМ ДОЗАМ ОБЛУЧЕ-
НИЯ СЕРДЦА И НОВЫЕ КЛИНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ 68
Ж. С. Лебедева, А. П. Литвинов

ОРГАНИЗАЦИЯ СЛУЖБЫ И ОБРАЗОВАНИЕ

- ЛУЧЕВАЯ ДИАГНОСТИКА В ЦИФРАХ:
САНКТ-ПЕТЕРБУРГ, 2016. 75
Т. Н. Трофимова, А. Ф. Панфиленко

- РОЛЬ ИНФОРМИРОВАННОГО ДОБРОВОЛЬНОГО СОГЛАСИЯ
ПРИ КОМПЬЮТЕРНОЙ ТОМОГРАФИИ 77
А. Л. Юдин, А. Э. Никитин, Е. А. Юматова

- РИСК-ОРИЕНТИРОВАННАЯ МОДЕЛЬ РАСЧЕТА ПОТРЕБНОСТИ
В ПЭТ/КТ С ФТОРДЕЗОКСИГЛЮКОЗОЙ У БОЛЬНЫХ СО ЗЛОКА-
ЧЕСТВЕННЫМИ НОВООБРАЗОВАНИЯМИ, СФОРМИРОВАННАЯ
НА ОСНОВАНИИ АНАЛИЗА 7 ФОРМЫ ФЕДЕРАЛЬНОГО СТАТИ-
СТИЧЕСКОГО НАБЛЮДЕНИЯ 87
И. Л. Киселев, И. С. Пискунов, В. В. Хвостовой, С. М. Шевченко

ЮБИЛЕЙ

- 80 ЛЕТ АКАДЕМИКУ
МАКАШУ ТЫНЫШТЫКПАЕВИЧУ АЛИАКПАРОВУ 95

EDITORIAL

- THE CAPABILITIES OF MRI IN STUDYING FORMATION OF THE
FETAL BRAIN 6
T. N. Trofimova, A. D. Khalikov, M. D. Semenova

REVIEW

- DIAGNOSIS AND STAGING OF BLADDER CANCER. 16
A. D. Kaprin, B. Ya. Alekseev, N. A. Rubtsova, K. M. Njushko,
I. I. Semenova, P. V. Shegai

ORIGINAL RESEARCH

- THE CHANGES IN THE PERIVENTRICULAR ZONE
AND BRAIN CORTEX IN PRETERM NEWBORN WITH
VERY LOW BIRTH WEIGHT AND EXTREME LOW
BIRTH WEIGHT. 25
T. V. Melashenko, T. A. Narkevich, O. L. Krasnogorskaya,
A. V. Pozdnykov, R. A. Nasyrov, D. O. Ivanov

- ASSESSMENT OF EFFECTIVENESS OF REMAXOL IN PATIENTS
WITH NONALCOHOLIC FATTY LIVER DISEASE 33
N. N. Varlamova, E. N. Zinov'eva, O. V. Teslya, E. V. Sinel'nikova,
V. G. Chasnyk

- PROGNOSTIC VALUE OF MORPHOMETRIC PARAMETERS
OF ECHO-CARDIOGRAPHY AND PLACENTOMETRY 38
L. A. Ivanova, K. P. Karpov

- MULTIPARAMETRIC ULTRASOUND EXAMINATION
WITH SONOELASTOGRAPHY AND CONTRAST
ENHANCEMENT IN DIAGNOSTICS OF DEEP SOFT
TISSUES LEIOMIOMAS 43
E. A. Bus'ko, V. V. Shchukin, M. S. Sinyachkin, I. I. Semenov,
A. N. Zajcev, E. V. Kostromina, N. V. Krasheninnikova,
A. V. Vasil'ev, A. V. Mishchenko

- THE RESULTS OF MULTIPHASE OSTEOSCINTIGRAPHY IN PATIENTS
WITH AN INACTIVE STAGE OF DIABETIC NEUROOSTEOARTHO-
PATHIES OF THE FEET (ARTHROPATHY OF CHARCOT). 48
A. G. Demina, D. V. Ryzhkova, V. B. Bregovskiy, I. A. Karpova

PRACTICAL CASES

- MAGNETIC RESONANCE IMAGING AND COMPUTED
TOMOGRAPHY IN DIFFERENTIAL DIAGNOSIS
OF ECTOPIC PANCREATIC TISSUE AND RETROPERITONEAL
TUMOR 54
P. M. Kotlyarov, N. I. Sergeev, V. A. Rebrikova, S. V. Surcov,
O. V. Tatarnikova

RADIOTHERAPY

- HOW DATA OF ULTRASOUND EXAMINATION
FOR X-RAY 0 STAGE GONARTHROSIS MAY BE
OBJECTIVE. 60
M. V. Makarova, L. V. Proklova, G. V. Yavorskaya, A. V. Yunitcina,
A. Ya. Yakobi, M. Yu. Valkov

- ANALYSIS OF QUANTEC DATA ON HEART TOLERANT DOSE AND
NEW CLINICAL DATA 68
Zh. S. Lebedeva, A. P. Litvinov

SERVICES MANAGEMENT

- RADIOLOGY IN
SAINT-PETERSBURG '2016 75
T. N. Trofimova, A. F. Panfilenko

- THE ROLE OF INFORMED CONSENT
IN CT SCAN 77
A. L. Yudin, A. E. Nikitin, E. A. Yumatova

- RISK ORIENTED MODEL OF FDG PET/CT REQUIREMENT
CALCULATION IN PATIENTS WITH MALIGNANT
NEOPLASMS, FORMED ON THE BASIS OF ANALYSIS
OF THE 7th FORM OF FEDERAL STATISTICAL
OBSERVATION ANALYSIS. 87
I. L. Kiselev, I. S. Piskunov, V. V. Khvostovoy, S. M. Shevchenko

ANNIVERSARY

- 80 YEARS TO THE ACADEMICIAN
MAKASH TYNYSHTYKPAYEVICH ALIAKPAROV 95

РЕДАКЦИОННАЯ СТАТЬЯ

УДК 616-053.2.31-073.756.8-073.8:616.8-007

**ВОЗМОЖНОСТИ МАГНИТНО-РЕЗОНАНСНОЙ ТОМОГРАФИИ
В ИЗУЧЕНИИ ФОРМИРОВАНИЯ ГОЛОВНОГО МОЗГА ПЛОДА***^{1,2,3}Т. Н. Трофимова, ^{1,2,3}А. Д. Халиков, ^{3,4}М. Д. Семенова*¹Медицинская компания «АВА-ПЕТЕР» и «Скандинавия», Санкт-Петербург, Россия²Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия³Институт мозга человека им. Н. П. Бехтерева РАН, Санкт-Петербург, Россия⁴Российский научный центр радиологии и хирургических технологий им. академика А. М. Гранова, Санкт-Петербург, Россия

© Коллектив авторов, 2017 г.

Дифференциальная диагностика нормального и патологического внутриутробного развития головного мозга в соответствии с гестационным сроком является актуальной проблемой пренатальной медицины. С течением беременности формируются основные мозговые структуры плода, борозды и извилины, происходит ламинация и миелинизация белого вещества. В работе проанализированы диагностические возможности магнитно-резонансной томографии (МРТ) в изучении последовательности формирования борозд и извилин головного мозга плода на различных этапах его развития, представлена информативность метода в оценке созревания белого вещества. Данные пренатальной МРТ сравнены с данными ультразвукового и патологоанатомических исследований.

Ключевые слова: МРТ плода, созревание головного мозга, борозды и извилины, ламинация, миелинизация.

**THE CAPABILITIES OF MRI IN STUDYING FORMATION
OF THE FETAL BRAIN***^{1,2,3}T. N. Trofimova, ^{1,2,3}A. D. Khalikov, ^{3,4}M. D. Semenova*¹Russian-Finland Medical Holding «AVA-PETER-Scandinavia, NMC-Tomografiya», St. Petersburg, Russia²St. Petersburg State University, St. Petersburg, Russia³Institution of Human Brain named after N. P. Bekhtereva Russian Academy of Science, St. Petersburg, Russia⁴Russian Scientific Center of Radiology and Surgical Technologies named after ac. A. M. Granov, St. Petersburg, Russia

Differential diagnosis of normal and pathological development of the fetal brain in accordance with gestational period is an actual problem of prenatal medicine. The basic brain structures of the fetus, including gyrus and sulcus are forming during the pregnancy, such processes as lamination and myelination of white matter starts. The paper analyzed the diagnostic capabilities of magnetic resonance imaging (MRI) to study the sequence of formation of sulcus and gyrus of the fetal brain at various stages of its development, shows the value of the method in assessing maturation of white matter. Prenatal MRI data were compared to ultrasound and postmortem studies.

Key words: fetal MRI, brain development, gyrus, sulcus, myelination, lamination.

DOI: <http://dx.doi.org/10.22328/2079-5343-2017-4-6-15>

В процессе развития плода с течением беременности происходит формирование основных мозговых структур, борозд и извилин, изменяется гистологическое строение, начинается миелинизация белого вещества. Корректная оценка созревания головного мозга плода в соответствии с гестационным сроком (ГС) позволяет своевременно дифференцировать патологию и нормальное внутриутробное развитие.

По данным патологоанатомических исследований, появление борозд является надежным марке-

ром определения ГС [1–4]. Диагностические возможности МРТ в определении сулькации головного мозга плода «запаздывают» при сравнении с патологоанатомическими данными на срок от одной до четырех недель [1, 5–7]. Наибольшее «окно» задержки в визуализации относится к поясной, шпорной, верхней височной и центральной бороздам. Формирование борозд может быть несколько асимметричным и задерживаться в случаях многоплодной беременности [1]. Следует отметить, что

определение ГС основано на дате последней менструации со слов беременной, что само по себе является «ненадежным» фактором. Кроме того, исследования, посвященные изучению созревания головного мозга с помощью метода МРТ, немногочисленны и базируются на небольших когортах беременных.

Период сулькации головного мозга плода условно состоит из трех этапов: развитие первичных, вторичных и третичных борозд. Единого мнения о точных сроках каждого этапа нет [8]. Первоначально формируются первичные борозды (щели), при МРТ определяемые на поверхности мозга в виде небольших углублений, «зарубок» и со временем становящиеся все более глубокими. Первичные борозды образуют на поверхности мозга извилины. Вторичные и третичные борозды формируют ветви первичных борозд. Борозды медиальной поверхности гемисфер большого мозга плода появляются раньше, чем на латеральной поверхности [7].

Между 12-й и 22-й неделями ГС головной мозг гладкий, сулькация проявляется лишь в определении хорошо сформированных межполушарной, теменно-затылочных и гиппокампальных щелей, борозды мозолистого тела [1, 9].

Гиппокампальные щели филогенетически являются одними из первых борозд, возникающих в результате бокового смещения гиппокампа книзу, и при МРТ визуализируются уже к 16-й неделе беременности, т.е. ко времени формирования гиппокампа (рис. 1) [9].

Визуализация сильвиевых борозд возможна на 16–17-й неделе ГС в виде широких, сглаженных углублений на поверхности головного мозга. Сильвиева борозда является единственной бороздой, появляющейся не только в процессе инвагинации, но и в результате увеличения расстояния между лобной



Рис. 1. T2-SS FSE ИП. Корональная плоскость. Беременность 21 неделя. Гиппокампальные борозды (стрелка)

и височной долями. Это связано с тем, что передняя часть латеральной борозды представляет собой углубление с широким дном, образующим островок (*insula*) [10]. К 23-й неделе сильвиевы щели становятся более четкими и узкими. На МРТ-изображениях латеральные борозды отчетливо видны на срезах в аксиальной и коронарной плоскостях (рис. 2) [6].

Выявление теменно-затылочной борозды, располагающейся на медиальной поверхности мозга в виде глубокой щели и распространяющейся сверху вниз и кпереди, происходит на 18–19-й неделях беременности и в норме всегда присутствует к 22–23-й неделям (рис. 3). Большая часть борозды расположена на медиальной поверхности, меньшая — на латеральной. Формирование теменно-затылочной борозды связано с развитием валика мозолистого тела. Появление теменно-затылочной борозды играет большую роль в оценке созревания головного мозга в соответствии с гестационным сроком, поскольку ее формирование соответствует времени проведения второго скринингового УЗИ и МРТ, которое может выполняться в те же сроки.



Рис. 2. T2-SS FSE ИП. Аксиальная и корональная плоскости. Беременность 20 недель. Выявляется неглубокая, сглаженная сильвиева борозда (стрелка)



Рис. 3. T2-SS FSE ИП. Корональная плоскость. Беременность 21 неделя. Теменно-затылочная борозда в виде зарубки (стрелка)

Одновременно с теменно-затылочной бороздой (к 18–19-й неделям ГС) появляется борозда птичьей шпоры, располагающаяся на медиальной поверхности затылочной доли — от медиальной части теменно-затылочной борозды и распространяющаяся кзади, по направлению к полюсу затылочной доли. Данная борозда разделяется на две части, передний сегмент шпорной борозды отделяет лин-

гвальную извилину, задний — клин [7, 10]. На МР-изображениях борозда птичьей шпоры лучше видна на срезах в коронарной плоскости (рис. 4).

Поясная борозда начинает определяться к 24–25-й неделям ГС и в норме всегда визуализируется к 28–29-й неделям беременности. Поясная борозда располагается на медиальной поверхности гемисфер большого мозга, параллельно клюву, колену и стволу мозолистого тела. Кпереди поясная борозда граничит с парацентральной бороздой, развивающейся в этот же период времени. Передние отделы поясной борозды лучше видны на срезах в аксиальной плоскости, а те отделы, которые располагаются параллельно стволу мозолистого тела, лучше видны на коронарных срезах (рис. 5) [6].

К 26–27-й неделям ГС в результате кортикальной инвагинации появляются центральные борозды, простирающиеся наклонно книзу и кпереди, пока не достигнут латеральной борозды, и кверху в направлении продольной мозговой щели (рис. 6). Пре- и постцентральные борозды, распространяющиеся параллельно центральной борозде, также появляются к этому сроку [1, 10].

Одновременно (к 26–27-й неделям беременности) определяются верхние височные борозды, раз-

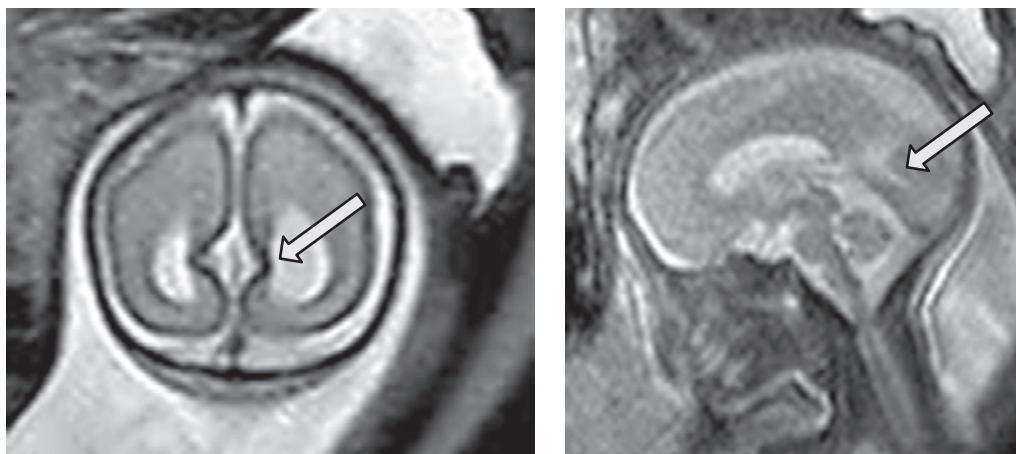


Рис. 4. T2-SS FSE ИП. Корональная и сагиттальная плоскости. Беременность 25 недель. Шпорная борозда (стрелка)

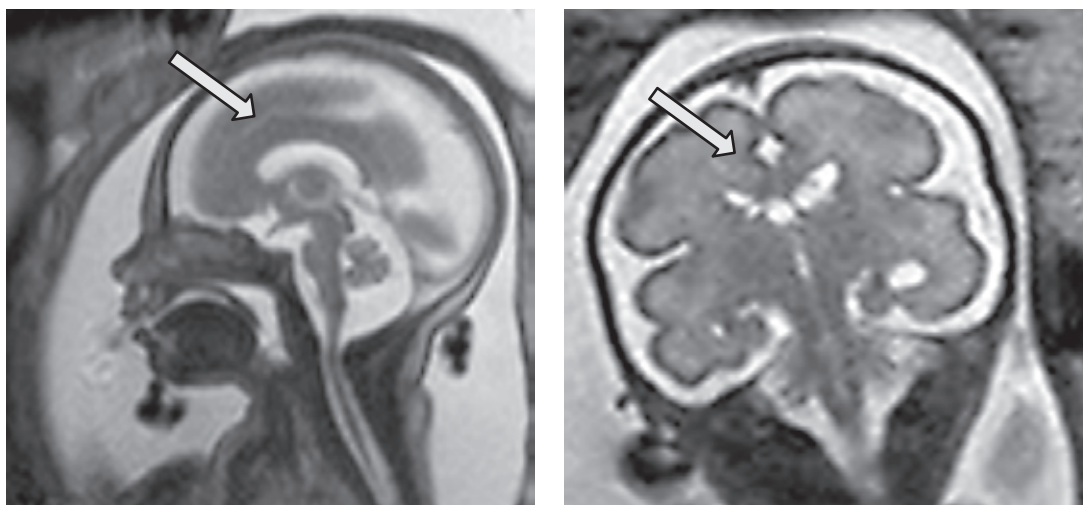


Рис. 5. T2-SS FSE ИП. Сагиттальная и корональная плоскости. Беременность 27 недель. Поясная борозда (стрелка)



Рис. 6. T2-SS FSE ИП. Сагиттальная и аксиальная плоскости. Беременность 26 недель. Центральная борозда в виде «зарубки» (стрелка)

деляющие верхнюю и среднюю височные извилины и идущие параллельно сильвиевой борозде (рис. 7, 8). Средние и нижние височные борозды появляются к 28–29-й неделям ГС (рис. 8) [1].

ным автора, при посмертном сканировании головного мозга плода основные борозды могут быть определены значительно раньше, чем при внутриутробной МРТ. Эта разница, «окно» задержки между

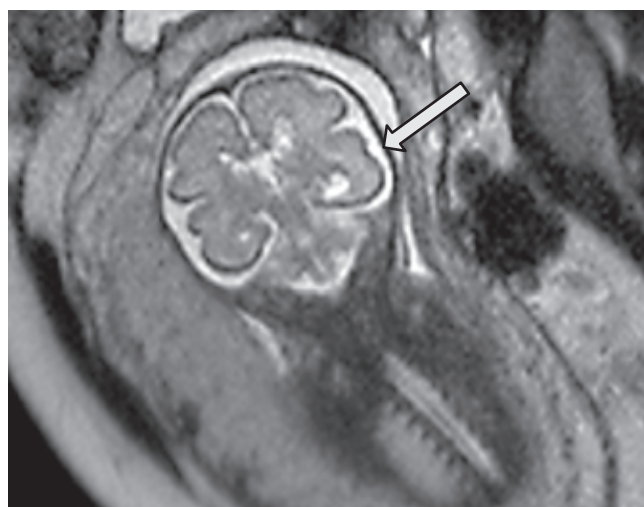


Рис. 7. T2-SS FSE ИП. Корональная плоскость. Беременность 27 недель. Верхняя височная борозда (стрелка)

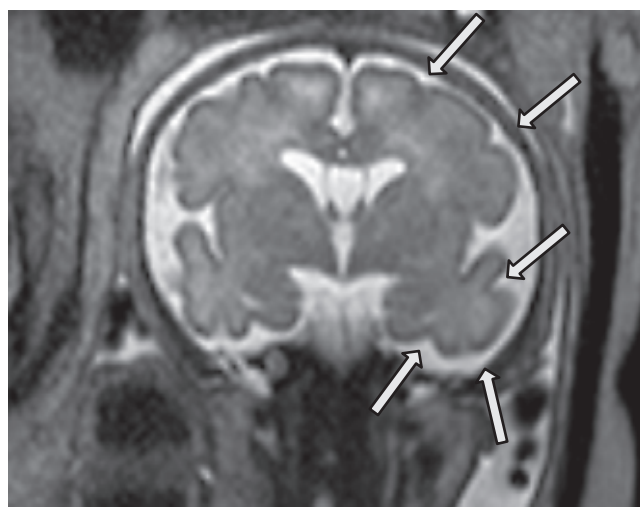


Рис. 8. T2-SS FSE ИП. Корональная плоскость. Беременность 33 недели. Лобные и височные борозды (стрелки)

Обонятельная борозда появляется к 25-й неделе гестации как депрессия медиальной части мозговой орбитальной поверхности, затем развивается параллельно продольной щели, проходит под обонятельной луковицей и трактом и разделяет прямую извилину. Обонятельная борозда всегда присутствует, если развиты обонятельные луковица и тракт, и отсутствует при их аплазии [10]. К 28–31-й неделям ГС визуализируется глазничная борозда, к 36–39-й неделям вторичные борозды разделяют ее на переднюю и заднюю глазничные извилины [5, 11]. По мере развития головного мозга сулькация прогрессирует (табл. 1).

Следует отметить исследование Z. Zhang и соавт. (2013), посвященное посмертному изучению коры головного мозга плода с помощью МР-аппарата напряженностью магнитного поля в 7 Т [7]. По дан-

визуализацией структур головного мозга плода при МР-исследованиях *in vivo* и *in vitro* частично объясняется разрешением изображения. Качество изображения при посмертной МРТ головного мозга на аппарате с напряженностью магнитного поля 7 Т несравнимо выше, чем при внутриутробных исследованиях, выполняемых в клинической практике на томографах мощностью 1,5–3,0 Т, и, по данным автора, даже может превосходить результаты патологоанатомических исследований. Так, уже к 16-й неделе ГС визуализируются центральная и верхняя височная, поясная и теменно-затылочные борозды. В то время как визуализация центральной борозды при внутриутробном МРТ возможна к 24–25-й неделям ГС. Полное сопоставление сроков появления основных борозд по данным Z. Zhang и соавт. (2013) представлено в табл. 1. Данные табл. 1 также

Таблица 1

Формирование борозд головного мозга с течением гестационного срока [12]

Борозды, щели	Гестационный срок		Посмертная МР-визуализация головного мозга (Z. Zhang и соавт., 7 Т)
	визуализация при патологоанатомических исследованиях (выявляемость в 25–50% случаев)	визуализация при внутриутробном МРТ (выявляемость в 50–75% случаев)	
Межполушарная щель	10	14–15	12
Сильвиева борозда	14	16–17	14
Шпорная борозда	16	18–19	15
Теменно-затылочная борозда	16	18–19	16
Поясная борозда	18	24–25	14
Центральная борозда	20	26–27	16
Верхняя височная борозда	23	26–27	16
Прецентральная борозда	24	26–27	18
Постцентральная борозда	25	26–27	
Средняя височная борозда	26	28–29	18
Нижняя височная борозда	30	28–29	16
Нижняя лобная борозда	28	30–31	22
Островковая борозда	30	30–31	
Вторичные лобные, височные и теменные борозды	32–33	32–33	
Верхняя и нижняя затылочные борозды	27	34–35	
Третичные лобные	36	38–39	22
Гиппокампальная щель	15	16–18	14

подтверждают наличие «окна задержки» в визуализации борозд головного мозга при внутриутробном, посмертном МРТ и патологоанатомических исследованиях [12]. Таким образом, сроки выявления борозд зависят от метода исследования, необходимо учитывать возможную физиологическую задержку появления борозд.

Сравнительный анализ посмертных и внутриутробных МР-изображений плода на различных сроках гестации проиллюстрирован на рис. 9 и 10 [13].

При МРТ формирование извилин (гирация) начинает визуализироваться к 21-й неделе ГС и активно продолжается вплоть до рождения. Большинство извилин развиваются за достаточно короткий период

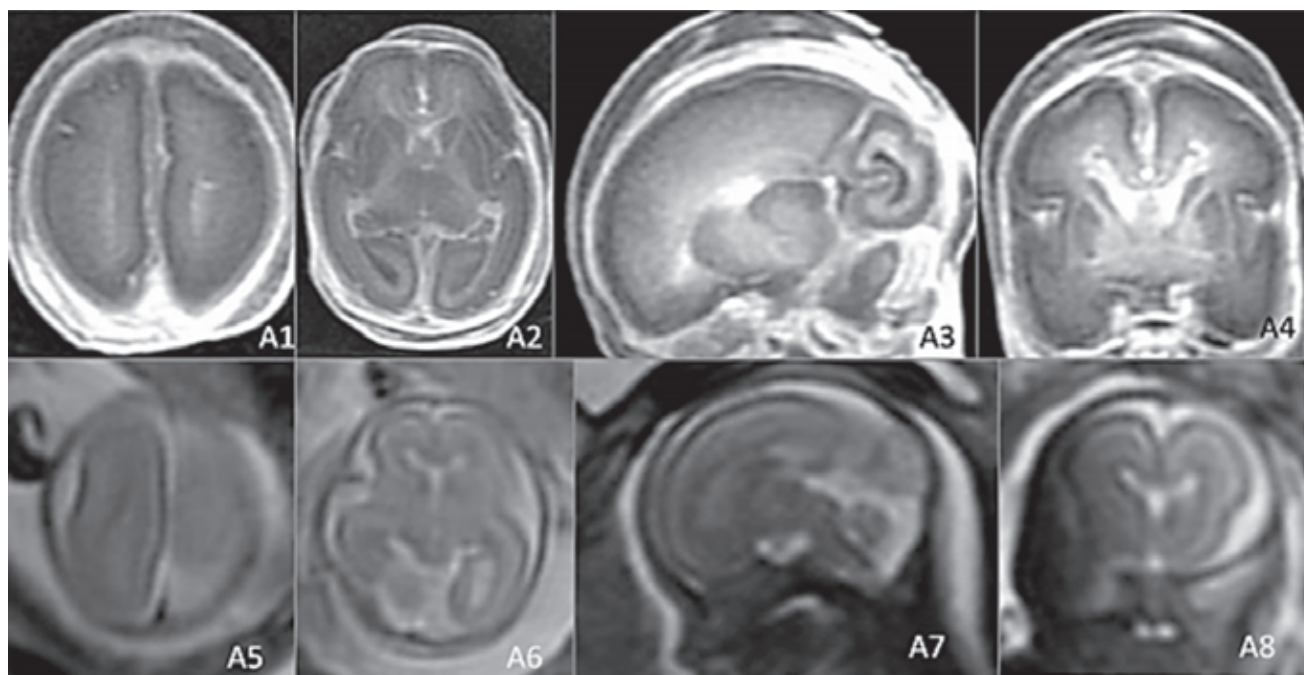


Рис. 9. A1-A4 — посмертные МР-изображения головного мозга плода, A5-A8 — внутриутробные МР-изображения головного мозга плода на 21-й неделе ГС. Визуализируются и могут быть сопоставлены теменно-затылочная, латеральная, шпорная борозды, продольная мозговая щель

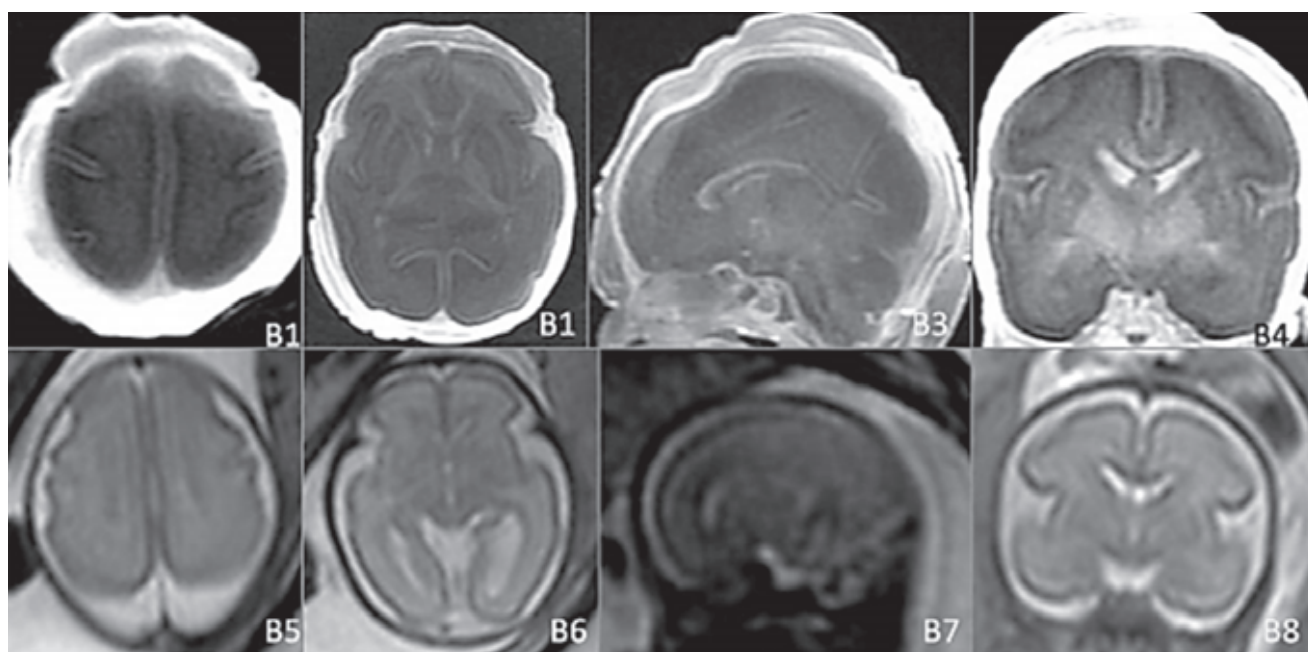


Рис. 10. B1-B4 — посмертные МР-изображения головного мозга плода, B5-B8 — внутриутробные МР-изображения головного мозга плода на 24-й неделе ГС. Визуализируются и могут быть сопоставлены теменно-затылочная, латеральная, поясная, шпорная, парагиппокампальная, верхняя и нижняя височные, центральная, пре- и постцентральные борозды

времени — уже к 26–28-й неделям ГС [14, 15]. Формирование извилин начинается с центральных регионов и продолжается к поверхности мозга, вначале к теменной, затем к височной и затылочной долям, и в последнюю очередь — к лобным долям (рис. 11). Асимметричность некоторых извилин, выявляемая при МРТ, подтверждается патологоанатомическими исследованиями [14].

Ламинация полушарий большого мозга или изменение внутренней структуры мозга. Наиболее важная роль в дифференциации структур полушарий головного мозга принадлежит процессам, происходящим в вентрикулярной герминативной зоне развивающегося неокортекса. Герминальная зона производит большинство нейронов, «предназначенных» для коры головного мозга до 20-й недели бере-

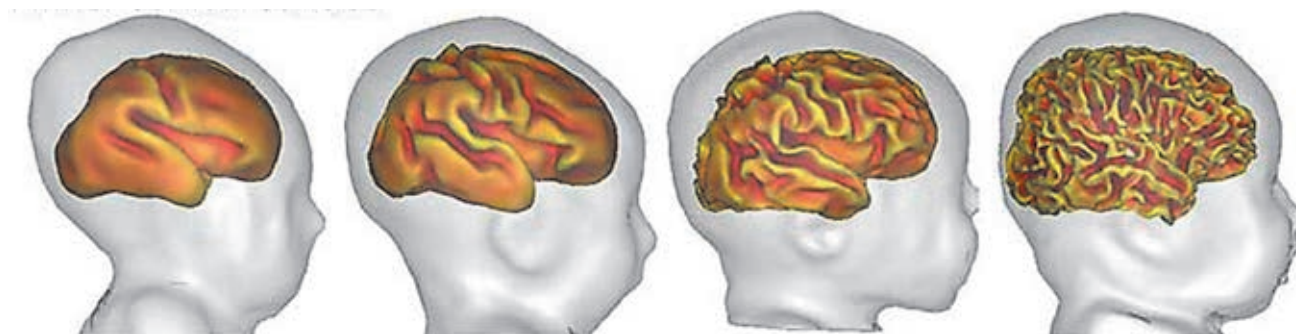


Рис. 11. Модель формирования извилин головного мозга плода [16]

Таким образом, появление борозд и извилин головного мозга соответствует строго определенному гестационному сроку. Диагностические возможности МРТ в определении формирования борозд и извилин головного мозга плода в соответствии со сроком гестации обширны и позволяют своевременно дифференцировать патологию и нормальное внутриутробное развитие [17]. Следует учитывать факт временной разницы, «задержки» в визуализации образования борозд при УЗИ, МРТ *in vivo* и *in vitro*, патологоанатомических исследованиях. Сравнительный анализ сроков выявления борозд различными методами исследования представлен в табл. 2 [10].

менности, после производятся глиальные клетки, формирующие миелин центральной нервной системы. Процессы нейронных миграций, роста аксона, формирование синапсов протекают по строго определенному, регламентированному по времени генетическому плану. Размещение нейронов в коре, нервных ядрах и ганглиях неслучайно: за каждым нейроном «закреплено» строго определенное место и, если в процессе миграции молодой нейрон попадает не на «свое» место, то он уничтожается, поскольку при этом возникает угроза ложных, отличающихся от запрограммированных межнейронных контактов. Так, путем апоптоза за время внут-

Таблица 2

Сравнение сроков выявления борозд головного мозга с помощью методов УЗИ, МРТ и патологоанатомического исследования [10]

	УЗИ			МРТ			Патологоанатомические исследования				
	Monteagudo & Timor-Iritsch	Bernard и соавт.	Toi и соавт.	Levine & Barnes	Lap и соавт.	Ruoss и соавт.	Garel и соавт.	Chi и соавт.	Dorovini-Zis & Dolman	Larroche	Nishikuni
Борозды	Межполушарная щель	10		14–15	12		22	10			12
	Сильвиева борозда	18		16–17	15			14			17
	Шпорная борозда	18	23	19	18–19		29–38	22–23	22	18	17
	Теменно-затылочная борозда	18	23	19	18–19		30–33	22–23	22	18	17
	Поясная борозда	26	22–24	23	24–25		28–33	24–25	24		19
	Центральная борозда				26–27	24–26	24–32	24–25	20	20	21
	Верхняя височная борозда		26–28		28–29	24–26		26	23	28	26
	Прецентральная борозда				26–27	27–29			24	28	26
	Постцентральная борозда				28–29	27–29		26	25		26
	Нижняя височная борозда				30–31			30	30		31
Борозды	Нижняя лобная борозда			30–31			26	28			30
	Гиппокампальная борозда						22–23	10			15
	Вторичные лобные, височные и теменные борозды	30–40			34–35		31	40			38

римозгового развития уничтожается до 3% всех нейронов (около 5 млрд нервных клеток) [8].

Неокортекс в большинстве зон имеет шестислойное строение, и каждый слой коры характеризуется определенным набором клеточных элементов, системой афферентных и эфферентных связей [15]. Дифференцировка нейронных популяций, формирование слоев неокортекса идет по принципу «изнутри наружу», т. е. нейроны, мигрирующие первыми, формируют нижние слои коры, а клетки, образующиеся позже — верхние [15]. Центробежная радиальная миграция нейронов из вентрикулярной зоны начинается когда первые популяции нейробластов покидают вентрикулярную зону, чтобы сформировать примордиальный плексиморфный слой или так называемую предпластинку. На 7–8-й неделях ГС предпластинка расщепляется на маргинальную зону и субпластинку. Субпластинка — это временная структура, активно развивающаяся на 15–20-й неделях беременности. Субпластинка отделяется от вентрикулярного слоя промежуточной зоной. В период 24–28 недель ГС субпластинка уменьшается за счет массовой гибели клеток и к 38-й неделе беременности полностью элиминируется [18]. При МРТ между 20-й и 26-й неделями ГС субпластинка визуализируется в виде гиперинтенсивного слоя на Т2-ИП, который увеличивается пропорционально росту супратенториального объема [19]. К 35-й неделе ГС субпластинка становится изоинтенсивной и ее трудно дифференцировать, однако, по данным I. Kostovic и соавт. (2014), в редких случаях она может визуализироваться к концу первого года жизни ребенка [20]. К 20-й неделе ГС из субпластинки вычленяется поверхностная кортикальная пластинка. Из кортикальной пластинки в дальнейшем образуются 2–6-й слои неокортекса. После начала образования кортикальной пластинки между промежуточным и вентрикулярным слоями образуется так называемая субвентрикулярная зона. Субвентрикулярная зона наиболее активна в поздний период пренатального и в начале постнатального развития, из клеток субвентрикулярной зоны образуются будущие глиальные элементы коры [15]. Термин «перивентрикулярная зона» часто используется для суммарного обозначения вентрикулярной и субвентрикулярной зон эмбрионального мозга.

Несмотря на то, что присутствует существенная разница в МР-визуализации ламинации коры головного мозга и гистологической картины, МРТ информативна в определении слоев головного мозга плода на различных сроках беременности. Общая последовательность нейрональной миграции при МРТ представлена на схеме и рис. 12–14.

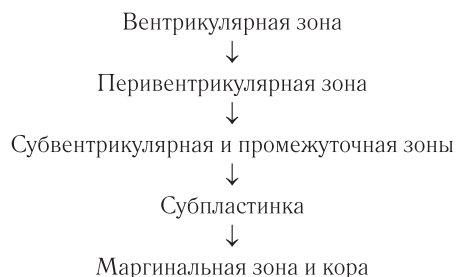


Схема. Общая последовательность нейрональной миграции при МРТ



Рис. 12. МР-картина многослойного строения головного мозга плода на 23-й неделе ГС (T2-ИП, Coronal). Внутренний слой герминального матрикса имеет низкую интенсивность сигнала (головка стрелки). Окаймляя герминальный матрикс, визуализируется гиперинтенсивный слой — перивентрикулярная зона (стрелка). Конвексимальнее перивентрикулярной зоны определяется гипоинтенсивный слой, представляющий собой субвентрикулярную и промежуточную зоны (двойная стрелка). Следующая зона гиперинтенсивного сигнала (головки стрелок) представляет собой субпластинку. И наиболее поверхностный слой формирующегося мозга представляет собой развивающуюся кору и маргинальную зону (изоинтенсивны по сравнению с герминальным матриксом, отмечены тройными стрелками) [12]

Каждому гестационному сроку соответствует определенное количество слоев головного мозга, характеризующееся различной интенсивностью МР-сигнала в зависимости от клеточного состава. До 29-й недели беременности определяется трехслойное строение мозга (герминальный матрикс, промежуточное белое вещество, кора), а после 29–30-й недель — двухслойное (белое вещество, кора). Ввиду повышенной целлюлярности на T2-ИП кора и герминальный матрикс гипоинтенсивны, на T1-ИП — гиперинтенсивны. Формирование слоев головного мозга с течением ГС представлено в табл. 3.

Миелинизация — это последний этап созревания головного мозга, начинающийся во втором триместре беременности и продолжающийся еще долгое время после рождения [18]. В процессе миелинизации вокруг отростков нервных клеток формируются миелиновые оболочки. В результате образования миелина в веществе головного мозга повышается количество

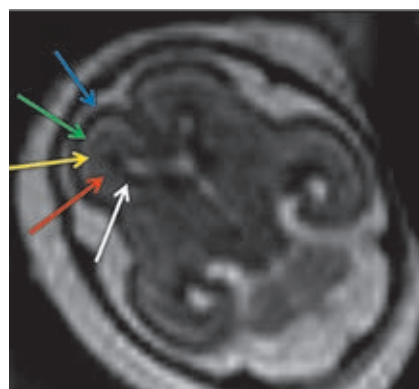


Рис. 13. Нормальное 5-слойное строение головного мозга плода на 22-й неделе ГС, T2-ИП, Axial. Белая стрелка — вентрикулярная зона/герминальный матрикс (гипоинтенсивный сигнал). Красная стрелка — перивентрикулярная зона (гиперинтенсивный сигнал). Желтая стрелка — промежуточная зона (гипоинтенсивный сигнал). Зеленая стрелка — субпластинка (гиперинтенсивный сигнал). Голубая стрелка — кортикальная зона (гипоинтенсивный сигнал) [21]

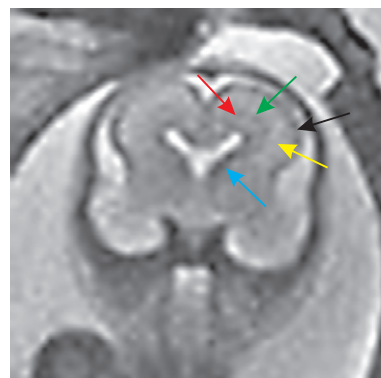


Рис. 14. T2-SS FSE ИП. Аксиальная плоскость. Беременность 20 недель. Многослойное строение головного мозга плода. Внутренний слой (гипоинтенсивный) представляет собой герминальный матрикс (голубая стрелка). Непосредственно над герминальным матриксом располагается гиперинтенсивный слой — перивентрикулярная зона (красная стрелка). Над перивентрикулярной зоной (более поверхностно) располагается гипоинтенсивная субвентрикулярная и промежуточная зоны (зеленая стрелка). Еще более поверхностно — гиперинтенсивная зона — субплата (желтая стрелка). Самый поверхностный слой — формирующаяся кора, изоинтенсивная герминальному матриксу (черная стрелка)

холестерина, гликолипидов и снижается содержание воды. Миелинизация происходит от центра к периферии, в каудально-краниальном направлении, от затылочных областей к лобно-височным. Первоочередным является формирование более древних стволовых структур, затем мозжечка, таламуса и супратенториального белого вещества [22, 23].

Патологоанатомические исследования обнаруживают миелинизацию бледного шара, внутренней капсулы (задней ножки), вентролатеральных ядер таламуса на 25-й неделе ГС, пре- и постцентральных извилин на 35-й неделе, передней ножки внутренней капсулы и зрительной лучистости на 37-й неделе беременности. С помощью МРТ процесс миелиниза-

Таблица 3

Формирование слоев головного мозга с течением гестационного срока [1]

Гестационный срок	Количество слоев	Интенсивность МР-сигнала на Т2-ИП	Клеточный состав
16 недель	3	Низкая Высокая Низкая	Герминальный матрикс Промежуточная зона Созревающая кора
19–22 недели	4	Низкая Средняя Высокая Низкая	Герминальный матрикс Мигрирующая нейроглия Промежуточная зона Кора
27 недель	3	Низкая Высокая Низкая	Герминальный матрикс Белое вещество Кора
34 недели	2	Высокая Низкая	Белое вещество Кора

ции широко изучался у новорожденных в течение первого года жизни [23]. За счет происходящих во время миелинизации биохимических процессов при МРТ на различных импульсных последовательностях изменяется сигнал белого вещества головного мозга. По данным ряда авторов, повышенный МР-сигнал на Т1-ИП можно определить уже на 21-й неделе в области бледного шара и таламуса, к 23-й неделе ГС в проекции покрывки, с 31-й недели — в задней ножке внутренней капсулы, к 34-й неделе — в скорлупе и хвостом ядра, с 35-й по 37-ю недели — в семи-овальных ядрах [23–27]. Миелинизация головного мозга плода показана на рис. 15.

Предполагается, что повышение МР-сигнала на Т1-ИП связано с увеличением холестерина и гликолипидов, содержащихся в миелине, более плотной клеточной организацией, а также меньшим содержанием интерстициальной воды в веществе головного мозга. Несмотря на это, статьи, посвященные изучению миелинизации с помощью МРТ немногочисленны [23].

Следует отметить исследование А. М. Коростышевской и соавт. (2015), анализирующее структурную зрелость головного мозга плода посредством диффузионно-взвешенной МРТ (ДВ-МРТ) [22]. Характеристики ДВ-МРТ изменяются с увеличением количества липидов и снижением воды в процессе миелинизации. Авторами было показано, что в процессе гистологического и функционального развития головного мозга здоровых плодов с 20-й по 35-ю недели ГС, происходит прогрессивное снижение водно-липидного соотношения и диффузии молекул воды с постепенным снижением измеряемого коэффициента диффузии [22]. После рождения происходит совершенствование синаптического аппарата и дальнейшая миелинизация проводящей системы,

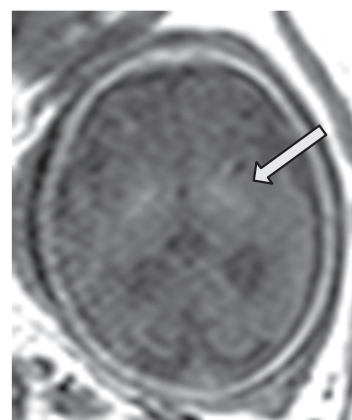


Рис. 15. Т1-ИП, аксиальная плоскость. Беременность 33 недели. Миелинизация головного мозга плода на 33-й неделе гестации. Визуализируется повышенный МР-сигнал в проекции заднего бедра внутренней капсулы

которая к 7–8 месяцу постнатальной жизни при-ближается к состоянию взрослого человека.

Таким образом, МРТ информативна в анализе миелинизации белого вещества головного мозга плода, его гистологического и функционального созревания. Возможность контролировать процесс миелинизации белого вещества имеет большое значение для диагностики заболеваний, влияющих на развитие головного мозга.

МРТ детализирует анатомические структуры головного мозга плода и предоставляет опосредованную информацию о его морфологическом строении в соответствии со сроками гестации, что позволяет оценить основные этапы созревания. Метод является незаменимым в пренатальной диагностике патологии развития головного мозга и информативен для определения корректной тактики ведения беременности и акушерского пособия.

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Chapman T., Matesan M., Weinberger E., Dorothy I. Bulas Digital atlas of fetal brain MRI. *Pediatr. Radiol.*, 2010, Vol. 40, pp. 153–162.
2. Chi J.G., Dooling E.C., Gilles F.H. Gyral development of the human brain. *Ann. Neurol.*, 1997, Vol. 1, pp. 86–93.
3. Dorovini-Zis K., Dolman C.L. Gestational development of brain. *Arch. Pathol. Lab. Med.*, 1977, Vol. 101, pp. 192–195.
4. Larroche J.C. Morphological criteria of central nervous system development in the human foetus. *J. Neuroradiol.*, 1981, Vol. 8, pp. 93–108.

5. Garel C., Chantrel E., Brisse H., Elmaleh M., Luton D., Oury J.-F., Sebag G., Hassan M. Fetal Cerebral Cortex: Normal Gestational Landmarks Identified Using Prenatal MR Imaging. *AJNR. Am. J. Neuroradiol.*, 2001, Vol. 22, January.
6. Халиков А.Д., Трофимова Т.Н. МРТ-диагностика мальформаций кортикального развития, аномалий дивертикуляции головного мозга плода // Медицинский академический журнал. 2013. Т. 13, № 1 [Halikov A.D., Trofimova T.N. MRT-diagnostika mal'formacij kortikal'nogo razvitiya, anomalij divertikulyacii golovnogogo mozga ploda. *Medicinskij akademicheskij zhurnal*, 2013, Vol. 13, No 1 (In Russ.)].
7. Zhang Z., Hou Z., Lin X., Teng G., Meng H., Zang F., Fang F., Liu S. Development of the Fetal Cerebral Cortex in the Second Trimester: Assessment with 7 T Postmortem MR Imaging. *AJNR. Am. J. Neuroradiol.*, 2013, Vol. 34, pp. 1462–1467.
8. Сковорцов И.А., Ермоленко Н.А. Развитие нервной системы у детей в норме и патологии. М.: МЕДпресс-информ, 2003. 368 с., ил. [Skvorcov I.A., Ermolenko N.A. Razvitiye nervnoj sistemy u detej v norme i patologii. *Moscow: MEDpress-inform*, 2003, 368 p., il. (In Russ.)].
9. Kier E.L., Kim J.H., Fulbright R.K., Bronen R.A. Embryology of the Human Fetal Hippocampus: MR Imaging, Anatomy, and Histology. *AJNR. Am. J. Neuroradiol.*, 1997, Vol. 18, pp. 525–532.
10. Nishikuni K., Carvalho G. Ribas Study of fetal and postnatal morphological development of the brain sulci Laboratory investigation. *J. Neurosurg. Pediatrics.*, 2013, Vol. 11, January.
11. Naidich T.P., Grant J.L., Altman N. et al. The developing cerebral surface. *Neuroimaging. Clin. N. Am.*, 1994, No. 4, pp. 201–240.
12. Glenn O.A., Barkovich A.J. Magnetic Resonance Imaging of the Fetal Brain and Spine: An Increasingly Important Tool in Prenatal Diagnosis, Part 1. *AJNR. Am. J. Neuroradiol.*, 2006, Vol. 27, Sep.
13. Lin X., Zhang Z. Jinan Development of fetal sulci: a comparative demonstration between post-mortem and in vivo fetal MRI Poster No.: C-0473 Congress: ECR 2012 Type: Scientific Exhibit.
14. Rajagopalan V., Scott J., Habas P.A., Kim K., Corbett-Detig J., Rousseau F., Barkovich A.J., Glenn O.A., Studholme C. Local tissue growth patterns underlying normal fetal human brain gyrification quantified in utero. *J. Neurosci.*, 2011, Vol. 31 (8), pp. 2878–2887.
15. Обухов Д.К. Современные представления о развитии, структуре и эволюции неокортекса конечного мозга млекопитающих животных и человека // Вопросы морфологии XXI века. СПб.: Деан, 2008. С. 200–223 [Obuhov D.K. Sovremennye predstavleniya o razvitiy, strukture i ehvolyucii neokorteksa konechnogo mozga mlekopitayushchih zhivotnyh i cheloveka. *Voprosy morfologii XXI veka. St. Petersburg*, 2008, pp. 200–223 (In Russ.)].
16. Jessica Dubois and Ghislaine Dehaene-Lambertz Fetal and postnatal development of the cortex: MRI and genetics Chapter for Brain Mapping: An Encyclopedic Reference, Elsevier, Arthur Toga Editor.
17. Ghai S., Fong K.W., Toi A., Chitayat D., Pantazi S., Blaser S. Prenatal US and MR Imaging Findings of Lissencephaly. *Review of Fetal Cerebral Sulcal Development*, 2006, March-April, Vol. 26, No. 2, pp. 389–406.
18. Fogliarini C., Chaumoitre K., Chapon F., Fernandez C., Lévrier O., Figarella-Branger D., Girard N. Assessment of cortical maturation with prenatal MRI. Part I: normal cortical maturation. *Eur. Radiol.*, 2005, vol. 15, p. 1671. doi: 10.1007/s00330-005-2782-1.
19. Corbett-Detig J., Habas P.A., Scott J.A., Kim K., Rajagopalan V., McQuillen P.S., Barkovich A.J., Glenn O.A., Studholme C. 3D global and regional patterns of human fetal subplate growth determined in utero. *Brain Struct. Funct.*, 2011, Vol. 215 (3–4), pp. 255–263.
20. Kostovic I., Jovanov-Milosevic N., Rados M., Sedmak G., Benjak V., Kostovic-Srzentic M., Vasung L., Culjat M., Huppi P., Judas M. Perinatal and early postnatal reorganization of the subplate and related cellular compartments in the human cerebral wall as revealed by histological and MRI approaches. *Brain Struct. Funct.*, 2014, Vol. 219 (1), pp. 231–253.
21. Sreedher G., Mancuso M., Janitz E. Spectrum of Fetal Brain Anomalies Depicted on Fetal MRI. *J. Am. Osteopath. Coll. Radiol.*, 2016, Vol. 5, Iss. 1.
22. Коростышевская А.М., Савелов А.А., Цыденова Д.В., Василькив Л.М., Тулупов А.А. Количественный анализ структурной зрелости головного мозга плода, по данным диффузионно-взвешенной МРТ // Вестн. Новосиб. гос. ун-та. Серия: Биология, клиническая медицина. 2015. Т. 13, вып. 4. С. 27–32. [Korostyshevskaya A.M., Savelov A.A., Cydenova D.V., Vasil'kiv L.M., Tulupov A.A. Kolichestvennyy analiz strukturnoy zrelosti golovnogogo mozga ploda, po dannym diffuzionno-vzveshennoj MRT. *Vestn. Novosib. gos. un-ta. Seriya: Biologiya, klinicheskaya medicina*, 2015, Vol. 13, Vyp. 4, pp. 27–32 (In Russ.)].
23. Garel C. MRI of the Fetal Brain: Normal Development and Cerebral Pathologies. *Springer*, 2004. DOI: 10.1007/978-3-642-18747-6.
24. Girard N., Rayband C., Poncet M. In vivo MR-study of brain maturation in normal fetuses. *AJNR. Am. J. Neuroradiol.*, 1995, Vol. 16, pp. 407–413.
25. Girard N., Rayband C., Du Lac P. MRI study of brain myelination. *L. Neuroradiol.*, 1991, vol. 18, pp. 291–307.
26. Brisse H., Fallet C., Sebag G., Nessman C., Blot P., Hassan M. Supratentorial parenchyma in the developing fetal brain: in vivo study with histologic comparison. *AJNR. Am. J. Neuroradiol.*, 1997, Vol. 18, pp. 1491–1497.
27. Rodríguez M.R., de Vega Fernández V.M., Ten P.M., Pedregosa J.P., Fernández-Mayoralas D.M., de la Peña M.J. Fetal MRI in CNS abnormalities. Relevant issues for obstetricians. *RAR*, 2010, Vol. 74, No. 4.

Поступила в редакцию: 26.07.2017 г.

Контакт: Семёнова Мария Дмитриевна, maria@sokurenko.name

Сведения об авторах:

Трофимова Татьяна Николаевна — доктор медицинских наук, профессор, главный врач клиник Медицинской компании «АВА-ПЕТЕР» и «Скандинавия», главный научный сотрудник Института мозга человека им. Н. П. Бехтерева РАН, главный научный сотрудник Института экспериментальной медицины РАМН, Trofimova-TN@avaclinic.ru;

Халиков Азиз Джауланович — кандидат медицинских наук, доцент, главный врач МРТ и КТ НМЦ «Томография» клиники «Скандинавия», azzizz@mail.ru;

Семёнова Мария Дмитриевна — врач отделения МРТ, аспирант Института мозга человека им. Н. П. Бехтерева РАН, научный сотрудник лаборатории «Нейровизуализации и нейромоделирования», ФГБУ «Российский Научный Центр Радиологии и Хирургических Технологий им. академика А. М. Гранова» МЗ РФ, maria@sokurenko.name