



Зобикова О.Л. ✉, Прибушения О.В., Бучель Ю.Ю., Тарлецкая О.А., Куренева О.М.
Республиканский научно-практический центр «Мать и дитя», Минск, Беларусь

Использование пренатальной магнитно-резонансной томографии в диагностике аномалий развития структур конечного мозга

Вклад авторов: концепция, дизайн исследования, сбор материала, обработка, написание текста – Зобикова О.Л.; сбор материала, редактирование – Прибушения О.В., Бучель Ю.Ю., Тарлецкая О.А., Куренева О.М.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Подана: 22.10.2021

Принята: 31.01.2022

Контакты: olya_zobikova@mail.ru

Резюме

Аномалии центральной нервной системы (ЦНС) являются частой патологией, диагностируемой при скрининговом пренатальном ультразвуковом исследовании (УЗИ). Магнитно-резонансная томография (МРТ) плода – это неинвазивный безопасный высококонтрастный метод, позволяющий улучшить диагностику пороков ЦНС у плода.

Цель. Определить диагностическую эффективность пренатальной МРТ для выявления аномалий конечного мозга.

Результаты. Приведен анализ результатов 21 наблюдения. По данным пренатального УЗИ диагностированы 14 случаев с аномалиями развития мозолистого тела, 4 – с лобарной голопрозэнцефалией, 2 – с агенезией полости прозрачной перегородки, 1 – с объемным образованием полости левого желудочка. Результаты пренатальной МРТ в 57,2% случаев позволили получить дополнительные данные, в 9,5% наблюдений – были дополнены, в 14,3% случаев позволили дифференцировать 2 патологии, у 19,0% пробандов изменили УЗ-диагноз.

Выводы. УЗИ является основным методом пренатальной диагностики пороков развития ЦНС. Пренатальная МРТ обладает клинической ценностью в качестве дополнительного метода при аномалиях кортикального слоя, объемных образованиях головного мозга, в диагностически сложных случаях.

Ключевые слова: пороки развития, конечный мозг, голопрозэнцефалия, мозолистое тело, пренатальная диагностика, МРТ плода

Zobikova O. ✉, Pribushenya O., Buchel Y., Tarletskaya O., Kureneva O.
Republican Scientific and Practical Centre "Mother and Child", Minsk, Belarus

Prenatal Magnetic Resonance Imaging in the Diagnosis of Malformation Forebrain

Authors' contribution: research concept and design, material collection, processing, writing text – Zobikova O.; editing, material collection – Pribushenya O., Buchel Y., Tarletskaya O., Kureneva O.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Submitted: 22.10.2021

Accepted: 31.01.2022

Contacts: olya_zobikova@mail.ru

Abstract

Anomalies of the central nervous system are frequent pathology diagnosed with prenatal ultrasound examination. Prenatal MRI is a non-invasive, safe, high-contrast method that allows you to improve the diagnosis of CNS vices in the fetus.

Purpose. Value of adding magnetic resonance imaging of the fetal brain to antenatal ultrasound in the diagnosis of fetal forebrain anomalies.

Result. Analysis of twenty-one cases. We diagnosed various CNS anomalies including fourteen cases with corpus callosum malformation, four cases of holoprosencephaly, two cases with agenesis of septum pellucidum 1 case of astrocytoma. MRI diagnosis confirmed the ultrasound finding, without additional information in 57.2% (12/21) cases, added an extra finding in 9.5% (2/21) cases, differentiated between 2 pathologies in 14.3% (3/21) cases, and changed the diagnosis in 19.0% (4/21) cases.

Conclusion. Ultrasound is the gold standard imaging modality for anomaly of central nervous system. Prenatal MRI may be particularly useful for anomalies involving cerebral structures that are not easily identifiable by ultrasound: cortical malformation, tumor of brain or in complicated cases with unclear diagnosis.

Keywords: congenital malformation, forebrain, holoprosencephaly, corpus callosum, prenatal diagnostics, fetal MRI

■ ВВЕДЕНИЕ

Пороки центральной нервной системы (ЦНС) занимают одну из лидирующих позиций в структуре врожденной патологии и представляют собой серьезную социальную и экономическую проблему. Многие anomalies ЦНС совместимы с жизнью, но требуют частых и длительных госпитализаций, влекут высокие затраты на здравоохранение и социальные выплаты. В Республике Беларусь популяционная частота врожденных пороков развития (ВПР) ЦНС составляет 3,0 на 10 000 новорожденных [1].

По данным Белорусского регистра ВПР, в 67,7% случаев anomalies развития ЦНС выявляются при УЗИ плода в сроки до 22 недель гестации, что позволяет проводить превентивные мероприятия по рождению детей с тяжелой некурабельной патологией [1]. ВПР головного мозга, обусловленные нарушением формирования нервной

трубки (анэнцефалия, краниорахисхиз, энцефало- и миеломенингоцеле), тяжелые формы пороков прозэнцефалической группы формируются на более ранних стадиях эмбриогенеза и в 93–96% случаев диагностируются в 1–2-м триместрах беременности.

Нарушение прозэнцефалического развития на ранних этапах эмбриогенеза приводит к формированию спектра пороков конечного мозга (табл. 1).

Апроз-/ателэнцефалия обуславливает внутриутробную гибель плода либо приводит к рождению нежизнеспособного ребенка.

Новорожденный с алобарной или семилобарной голопрозэнцефалией также имеет неблагоприятный витальный прогноз, как правило, с летальным исходом на 1-м году жизни. В случаях с лобарной голопрозэнцефалией продолжительность жизни детей не ограничена, но все они имеют задержку интеллектуального развития и неврологические нарушения.

Пациенты с аномалиями развития структур средней линии конечного мозга имеют широкий фенотипический спектр от тяжелой умственной отсталости с неврологическими нарушениями при септооптической дисплазии до отсутствия патологических проявлений при агенезии полости прозрачной перегородки. Клинический фенотип обусловлен этиологическими причинами заболевания.

УЗИ является основным скрининговым методом визуализации, позволяющим диагностировать большинство ВПР ЦНС у плода [2]. Установлены оптимальные сроки

Таблица 1
Пороки конечного мозга, формирующиеся на разных этапах эмбриогенеза

Этап	Порок головного мозга
Формирование конечного мозга	Апрозэнцефалия
	Ателэнцефалия
Расщепление конечного мозга	Алобарная голопрозэнцефалия
	Семилобарная голопрозэнцефалия
	Лобарная голопрозэнцефалия
Развитие структур средней линии	Агенезия мозолистого тела
	Агенезия полости прозрачной перегородки
	Септооптическая дисплазия
	Септооптическая гипоталамическая дисплазия

Table 1
Disorders of prosencephalic development

Stage	Malformation forebrain
Prosencephalic formation	Aprosencephaly
	Atelencephaly
Prosencephalic cleavage	Alobar holoprosencephaly
	Semilobar holoprosencephaly
	Lobar holoprosencephaly
Midline prosencephalic development	Agensis of corpus callosum
	Agensis of septum pellucidum
	Septooptic dysplasia
	Septooptic hypothalamic dysplasia

проведения УЗИ для получения информации о развитии эмбриона/плода, которые включают три обязательных – в сроках 10–14 недель, 20–24 недели, 32–34 недели беременности. Чувствительность УЗ-метода в диагностике ВПР ЦНС в различных клиниках составляет 20–97% и зависит от типа патологии головного мозга. Существуют некоторые ограничения УЗ-метода, например, избыточная масса тела у женщины, олигогидроамнион, системные пороки. В таких случаях пренатальная МРТ имеет преимущества в визуализации структур головного мозга и позволяет детализировать тип поражения ЦНС [3].

По данным Белорусского регистра ВПР, в Республике Беларусь с 2007 по 2018 г. зарегистрировано 276 пробандов с голопрозэнцефалией, 576 – с аномалиями развития мозолистого тела. В регламентированные сроки, позволяющие прервать беременность по генетическим показаниям, диагностировано 51,9% случаев голопрозэнцефалий, 33,7% – пороков развития мозолистого тела. Согласно анализу данных о возможностях ультразвуковой диагностики пороков развития ЦНС, проведенному в ГУ РНПЦ «Мать и дитя» за период 2008–2017 гг., установлено, что пороки с нарушением формирования конечного мозга и тяжелые формы голопрозэнцефалии (алобарная и семилобарная) в 87–98% случаев диагностируются в 1–2-м триместрах беременности [4]. Хорошие показатели пренатального выявления указанных мальформаций связаны в первую очередь с высокой квалификацией и большим опытом работы специалистов. Определенные сложности остаются в отношении диагностики более легкой формы голопрозэнцефалии (лобарной) и аномалий развития мозолистого тела. Таким образом, актуальным вопросом является совершенствование диагностики пороков развития конечного мозга.

■ ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Определить диагностическую эффективность пренатальной МРТ для выявления аномалий конечного мозга.

■ МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Проспективный анализ проведен по результатам обследования 21 пробанда, выполненного в течение 2017–2021 гг. на базе ГУ РНПЦ «Мать и дитя». Критериями включения в группу исследования являлись наличие аномалии развития структур конечного мозга, срок беременности ≥ 19 недель гестации, информированное согласие на проведение МРТ плода. Анализ анамнестических данных включал: возраст матери на момент осмотра, семейный анамнез, акушерско-гинекологический анамнез, данные УЗИ и МРТ, информацию о постнатальных исследованиях головного мозга, срок беременности, на котором диагностирован ВПР ЦНС, срок беременности на момент ее завершения (прерывание/роды), результаты цитогенетического, молекулярно-генетического исследований.

УЗИ проведены на аппаратах Voluson E8 (GE) и Medison Accuvix V10 с использованием трансабдоминального и трансвагинального конвексных датчиков (2,5–9,3 МГц).

МРТ головного мозга плода выполнена на аппарате Philips Ingenia 1.5T. Исследование при гестационном возрасте плода 20–22 недели проводилось в положении матери на правом боку, в более поздних сроках – в положении на спине. Последовательности были получены при помощи срезов толщиной 3 мм в трех ортогональных плоскостях (аксиальной, коронарной и сагиттальной).

В случаях, завершившихся прерыванием беременности по медико-генетическим показаниям, выполнена патоморфологическая верификация ВПР ЦНС. В случаях, завершившихся рождением ребенка, всем новорожденным проведены МРТ головного мозга и осмотр врача-генетика.

Таблица 2
Характеристика пробандов

№	Данные пренатального УЗИ	Сочетанные ВПР	Срок беременности при УЗИ (недели)	Данные пренатальной МРТ	Исход беременности	Данные морфологического исследования / постнатальной МРТ
1	Вентрикуломегалия, ДМТ	–	20	Вентрикуломегалия	ж/рожд.	Норма
2	ДМТ	–	21	ДМТ	м/а	ДМТ
3	АМТ	–	20	АМТ	м/а	АМТ
4	ДМТ	Удвоение левой почки	21	ДМТ	м/а	ДМТ
5	АМТ	–	30	АМТ	ж/рожд.	АМТ
6	ДМТ	–	30	ДМТ	ж/рожд.	ДМТ
7	Гидроцефалия, ДМТ, гипоплазия мозжечка	Аномалии шейного отдела позвоночника ВПС: ОАС	21	Гидроцефалия, гипоплазия мозжечка	м/а	VACTERL: гидроцефалия, гипоплазия мозжечка, аномалии позвоночника, ВПС: ОАС
8	ДМТ	–	21	ДМТ	м/а	ДМТ
9	ДМТ, гидроцефалия	–	21	Гидроцефалия	м/а	Гидроцефалия
10	АМТ	–	20	АМТ	м/а	АМТ
11	АМТ	–	32	АМТ, лиссэнцефалия	ж/рожд.	АМТ, лиссэнцефалия
12	АМТ	–	21	АМТ	м/а	АМТ
13	АМТ	–	20	АМТ	м/а	АМТ
14	АМТ, шизэнцефалия?/АК?	–	32	АМТ, АК левого полушария	ж/рожд.	АМТ, АК левого полушария
15	АППП	–	32	АППП	ж/рожд.	АППП
16	АППП	–	26	Киста ППП	ж/рожд.	Киста ППП
17	ЛГПЭ?/АППП?	–	30	АППП	ж/рожд.	АППП
18	ЛГПЭ?/АППП?	–	23	АППП	ж/рожд.	АППП
19	ЛГПЭ	–	31	ЛГПЭ	ж/рожд.	ЛГПЭ
20	ЛГПЭ	–	21	ЛГПЭ	м/а	ЛГПЭ
21	Отсутствие визуализации левого желудочка, вентрикуломегалия правого желудочка	Множественные рабдомиомы сердца	31	Объемное образование в проекции полости левого бокового желудочка	ж/рожд.	Туберозный склероз: гигантоклеточная астроцитома, множественные рабдомиомы сердца

Примечания: АМТ – агенезия мозолистого тела, ДМТ – дисгенезия мозолистого тела, ОАС – общий артериальный ствол, АППП – агенезия полости прозрачной перегородки, ППП – полость прозрачной перегородки, АК – арахноидальная киста, ЛГПЭ – лобарная голопроэнцефалия, м/а – медицинский аборт, ж/рожд. – живорожденный.



Table 2
Characteristics of the probands

№	Fetal US	Associated anomalies	Gesta- tional age (weeks)	Fetal MRI	Outcome of preg- nancy	Data patomorpholigilal / Postnatal MRI
1	Ventriculo- megaly, DCC	–	20	Ventriculo- megaly	newborn	without pathology
2	DCC	–	21	DCC	TOP	DCC
3	ACC	–	20	ACC	TOP	ACC
4	DCC	Kidney duplication	21	DCC	TOP	DCC, kidney duplication
5	ACC	–	30	ACC	newborn	ACC
6	DCC	–	30	DCC	newborn	DCC
7	Hydrocephaly, DCC, cerebellar hypoplasia	Vertebral malformation, CHD: truncus arteriosus	21	Hydrocephaly, cerebellar hypoplasia	TOP	VACTERL: hydrocephaly, cerebellar hypoplasia, vertebral malformation, CHD: truncus arteriosus
8	DCC	–	21	DCC	TOP	DCC
9	DCC, hydrocephaly	–	21	Hydrocephaly	TOP	Hydrocephaly
10	ACC	–	20	DCC	TOP	DCC
11	ACC	–	32	ACC, lissencephaly	newborn	ACC, lissencephaly
12	ACC	–	21	ACC	TOP	ACC
13	ACC	–	20	ACC	TOP	ACC
14	ACC, schizencepha- ly?/AC?	–	32	ACC, AC of the left ventricle	newborn	ACC, AC of the left ventricle
15	ASP	–	32	ASP	newborn	ASP
16	ASP	–	26	Cyst of SP	newborn	Cyst of SP
17	LHPE?/ASP?	–	30	ASP	newborn	ASP
18	LHPE?/ASP?	–	23	ASP	newborn	ASP
19	LHPE	–	31	LHPE	newborn	LHPE
20	LHPE	–	21	LHPE	TOP	LHPE
21	Absence of the left entricle, ventriculomega- ly of the right ventricle	Multiple rhab- domyomas	31	Tumor in the projection of the left ventricle	newborn	Tuberous sclerosis complex: subependymal giant cell astrocytoma, multiple rhabdomyomas

Notes: ACC – agenesis of corpus callosum, DCC – dysgenesis of corpus callosum, TOP – termination of pregnancy, CHD – congenital heart disease, AC – arachnoid cyst, ASP – agenesis of septum pellucidum, SP – septum pellucidum, LHPE – lobar holoprosencephaly.

■ РЕЗУЛЬТАТЫ

В исследование было включено 21 наблюдение (табл. 2). Это плоды, у которых по данным пренатального УЗИ диагностированы аномалии конечного мозга. Средний возраст женщин составил 30 лет (21–41), среднее значение гестационного возраста плода на момент проведения пренатальной МРТ – 25 недель.

Спектр пороков конечного мозга по данным УЗИ был представлен следующим: 14 случаев с аномалиями развития мозолистого тела (7 – агенезия мозолистого тела, 7 – дисгенезия мозолистого тела), 4 пробанда с лобарной голопрозэнцефалией, 2 плода с агенезией полости прозрачной перегородки, 1 наблюдение с унилатеральной вентрикуломегалией и отсутствием визуализации противоположного латерального желудочка у плода с множественными рабдомиомами сердца (в составе комплекса туберозного склероза).

В 85,7% случаев (18/21) пренатальная МРТ головного мозга плода была выполнена в день УЗИ, в 3 случаях – в течение 3–7 дней после сонографического исследования. Данные МРТ подтвердили результаты УЗИ без дополнительной информации в 57,2% (12/21) случаев, в 9,5% (2/21) наблюдений они были дополнены, в 14,3% (3/21) случаев позволили дифференцировать 2 патологии, у 19,0% (4/21) пробандов изменили предварительный диагноз.

У 9 из 14 плодов с аномалиями развития мозолистого тела (рис. 1, 2), у 1 из 2 с агенезией полости прозрачной перегородки, у 2 из 4 с лобарной голопрозэнцефалией данные пренатальной МРТ соответствовали результатам пренатального УЗИ. Дисгенезия мозолистого тела в одном случае входила в симптомокомплекс хромосомного заболевания – сегментарной (частичной) моносомии короткого плеча хромосомы 8 (p23→pter), в одном – в состав VACTERL-ассоциации.

В 3 из 14 случаев с пренатальным УЗ-диагнозом «дисгенезия мозолистого тела» по данным МРТ подтверждено наличие вентрикуломегалии/гидроцефалии, строение мозолистого тела соответствовало гестационному сроку плодов. Во всех 3 наблюдениях дисгенезия мозолистого тела диагностирована во 2-м триместре беременности (20–21 неделя). УЗ-диагностика структурных нарушений мозолистого тела имеет определенные сложности, так как оценка проводится преимущественно по косвенным признакам: отсутствие визуализации полости прозрачной перегородки, кольпоцефалия и др. В наших наблюдениях наличие вентрикуломегалии/гидроцефалии стало причиной «гипердиагностики» в отношении мальформаций мозолистого тела.

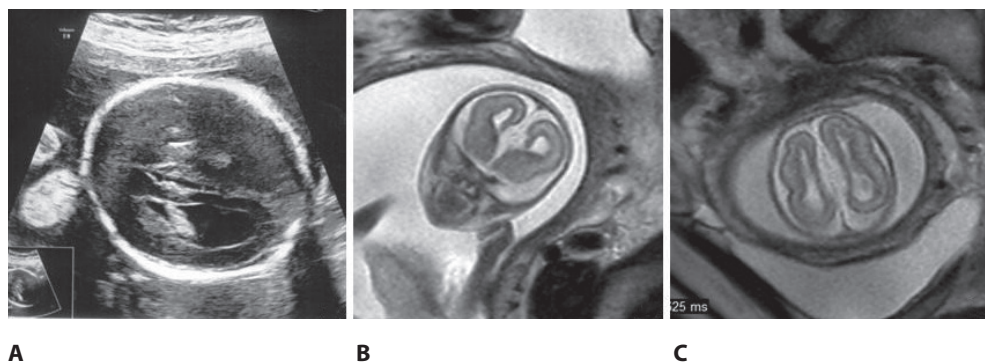


Рис. 1. Головной мозг плода в сроке гестации 21 неделя. УЗ-признаки агенезии мозолистого тела в аксиальном срезе (А). МР-изображения агенезии мозолистого тела в коронарном (В) и аксиальном (С) срезах

Fig. 1. Twenty-one-week fetus. Ultrasound image (axial plane) agenesis of the corpus callosum. Fetal MRI agenesis of the corpus callosum (coronal, axial planes)

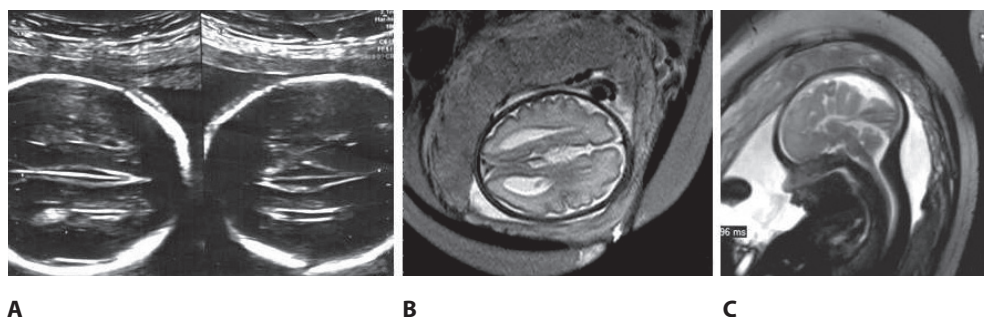


Рис. 2. Головной мозг плода в сроке гестации 30 недель. УЗ-признаки агенезии мозолистого тела в аксиальном срезе (А). МР-изображения агенезии мозолистого тела в аксиальном (В) и сагиттальном (С) срезах
Fig. 2. Thirty-week fetus. Ultrasound image (axial plane) agenesis of the corpus callosum. Fetal MRI agenesis of the corpus callosum (coronal, sagittal planes)

В 1 из 14 наблюдений у плода при проведении УЗИ диагностирована агенезия мозолистого тела в сочетании с анэхогенным образованием левого полушария линейной формы. По данным МРТ подтверждена агенезия мозолистого тела, установлена арахноидальная киста (рис. 3).

В 1 из 14 наблюдений с агенезией мозолистого тела МРТ позволила получить дополнительные данные, свидетельствующие в пользу лиссэнцефалии (рис. 4).

У 1 из 2 плодов по данным УЗИ диагностирована агенезия полости прозрачной перегородки, по результатам МРТ диагноз был изменен на кисту полости прозрачной перегородки.

У 2 из 4 плодов с лобарной голопроэнцефалией при УЗИ определялось слияние передних рогов боковых желудочков, что было расценено как проявление лобарной

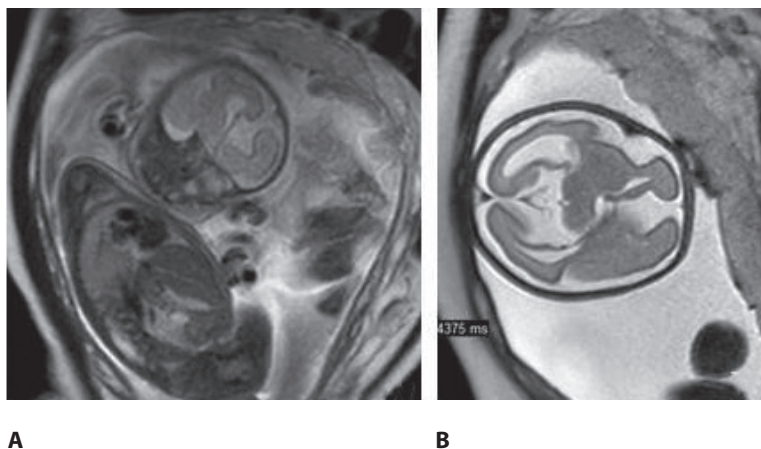


Рис. 3. Головной мозг плода в сроке гестации 31 неделя. УЗ-признаки агенезии мозолистого тела и арахноидальной кисты в коронарном (А) и аксиальном (В) срезах
Fig. 3. Thirty-one-week fetus. Ultrasound image of agenesis of the corpus callosum and arachnoid cyst (axial, coronal planes)

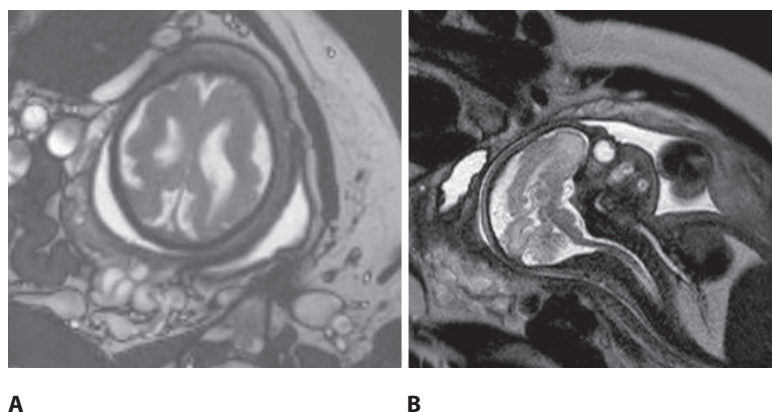


Рис. 4. Головной мозг плода в сроке гестации 32 недели. МР-признаки агенезии мозолистого тела, лиссэнцефалии в аксиальном (А) и сагиттальном (В) срезах
Fig. 4. Thirty-two-week fetus. MRI image of agenesis of the corpus callosum and lissencephaly (coronal, sagittal planes)

голопрозэнцефалии. При МРТ отсутствовали признаки слияния больших полушарий головного мозга, кортикальных мальформаций, что исключало голопрозэнцефалию и свидетельствовало в пользу агенезии полости прозрачной перегородки (рис. 5).

В 1 наблюдении у плода в сроке 30 недель гестации во время УЗИ установили сочетанные аномалии развития: множественные рабдомиомы сердца, расширение правого бокового желудочка, нарушение визуализации левого бокового желудочка, что не исключало изоэхогенное объемное образование. МРТ головного мозга плода определила объемное образование в проекции левого желудочка, МР-характеристики которого и локализация характерны для гигантоклеточной астроцитомы (рис. 6). Указанные нарушения были проявлениями туберозного склероза [5].

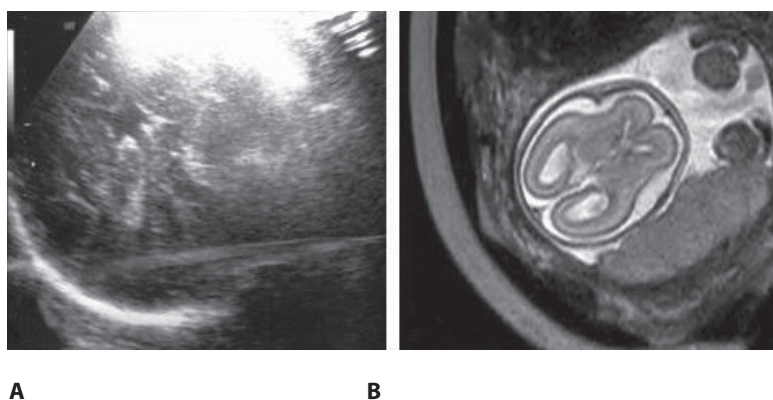


Рис. 5. Головной мозг плода в сроке гестации 31 неделя. УЗИ-признаки (А) и МРТ-признаки (В) агенезии полости прозрачной перегородки в аксиальном срезе
Fig. 5. Twenty-three-week fetus. Ultrasound and MRI images of agenesis of corpus callosum (axial plane)

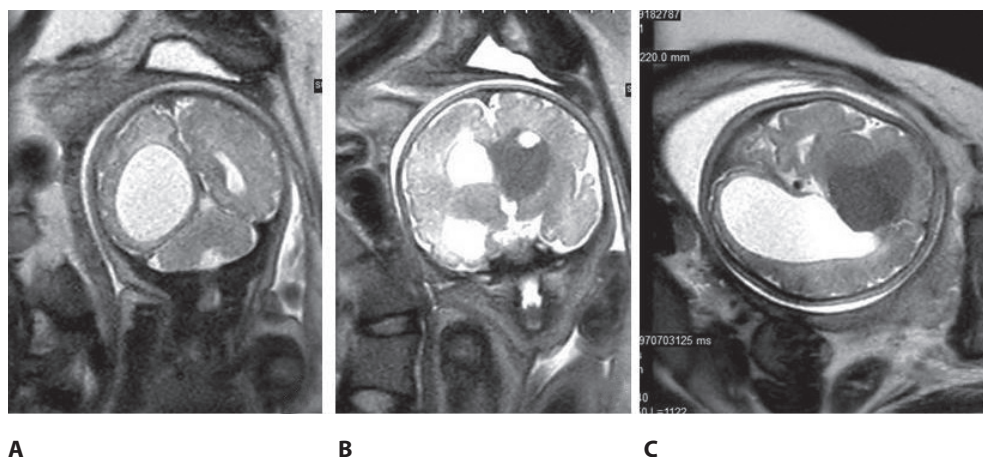


Рис. 6. МР-изображения гигантоклеточной астроцитомы у плода в сроке гестации 32 недели (А, В – коронарный, С – аксиальный срезы)

Fig. 6. Thirty-two-week fetus. MRI images of agenesis of giant cell astrocytoma (coronal, axial planes)

В группе исследования у 11 из 21 плода аномалии головного мозга диагностированы в сроке гестации до 22 недель. В 10 случаях по результатам медико-генетического консультирования семьи приняли решение о прерывании беременности.

■ ОБСУЖДЕНИЕ

УЗИ является «золотым стандартом» в пренатальной диагностике пороков развития ЦНС. Это обусловлено высокой информативностью метода, его доступностью и низкой себестоимостью. Однако в ряде случаев при наличии ограничений, таких как избыточная масса тела женщины, маловодие, оксификация черепа на поздних сроках беременности, неоднозначные результаты УЗИ требуют использования дополнительных методов обследования.

Первые публикации, посвященные применению МРТ в пренатальной диагностике, принадлежат Smith F.W. и Thickman D. в 1983–1984 гг. [6, 7]. Однако до 2000 г. широкого применения в пренатальной практике МРТ не находила. Получение качественных МР-изображений плода было затруднено из-за артефактов, обусловленных его движением. Чтобы этого избежать, исследователи прибегали к различным методам: введение седативных препаратов женщине, миорелаксантов в кровотоки плода или внутримышечно (под УЗИ-контролем). Но только внедрение сверхбыстрых импульсных последовательностей (до 400 мс на срез) позволило уменьшить время получения МР-изображения до нескольких секунд и получить качественные томограммы. С тех пор применение пренатальной МРТ более широко распространено в клинической практике. Ее основными преимуществами являются высокая разрешающая способность, возможность многоплоскостной визуализации, а также отсутствие ионизирующего излучения.

Актуальными являются вопросы диагностической ценности пренатальной МРТ в выявлении разных типов пороков ЦНС. По данным ряда авторов, применение МРТ позволяет повысить эффективность пренатальной диагностики среди всех

аномалий головного мозга плода на 16% [8] и определиться с прогнозом в 20% уже диагностированных случаев [9]. Кортикальные мальформации и аномалии задней черепной ямки являются одними из наиболее распространенных пороков, которые диагностируются по данным пренатальной МРТ, что подтверждает решающую роль метода в определении прогноза в указанных случаях [10].

В нашем исследовании применение пренатальной МРТ при оценке аномалий развития конечного мозга в 9,5% (2/21) случаев позволило получить дополнительные данные, у 14,3% (3/21) пробандов – дифференцировать 2 патологии, у 19,0% (4/21) пробандов – изменить УЗ-диагноз.

■ ВЫВОДЫ

1. УЗИ является высокоэффективным методом диагностики аномалий развития мозолистого тела во 2-м триместре беременности. Использование пренатальной МРТ при изолированной патологии мозолистого тела имеет малую диагностическую ценность.
2. Высокой информативностью пренатальная МРТ обладает при сложной, сочетанной патологии ЦНС. В нашем исследовании это 23,8% (5/21) случаев с объемным образованием, кортикальными дисплазиями, лобарной голопроэнцефалией и системными нарушениями. Это доказывает необходимость разработки алгоритма применения пренатальной МРТ для диагностики пороков ЦНС в Республике Беларусь.

■ ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Ershova-Pavlova A.A., Naumchik I.V. (2018) Effectivnost prenatalnoi diagnostiki i ee vklad v populacionnye chastoty vroжденных porokov rasvitiya centralnoi nervnoi sistemy v Belarusi [The effectiveness of prenatal diagnostics and its contribution to the population frequency of congenital malformations of the central nervous system in Belarus]. *Med. news*, no 4, pp. 25–27. (in Russian)
2. Eros F.R. (2018) Efficacy of Prenatal Ultrasound in Craniospinal Malformations According to Fetopathological and Postnatal Neonatological, Pathological Results. *Fetal. Pediatr. Pathol.*, vol. 37, no 3, pp. 166–176.
3. Moltoni G., Talenti G., Righini A. (2021) Brain fetal neuroradiology: a beginner's guide. *Transl. Pediatr.*, vol. 10, no 4, pp. 1065–1077.
4. Zobikova O.L., Novikova I.V., Venchikova N.A., Pribushenya O.V., Buchel Y.Y., Naumchik I.V., Khurs O.M., Karpenko G.A. (2017) Vosmognosti prenatalnoi diagnostiki porokov rasvitiya centralnoi nervnoi sistemy, vosnikauschich na rannich stadiyakh embrionalnogo rasvitiya [Possibilities of prenatal diagnosis of malformations of the central nervous system in the early stages of embryogenesis]. *Modern perinatal medical technologies in solving the problems of demographic security*, vol. 10, pp. 277–280. (in Russian)
5. Zobikova O.L., Pribushenya O.V., Buchel Y.Y. (2017) Sluchai prenatalnoi diagnostiki tuberosnogo sclerosisa v III trimestre beremennosti [Tuberous sclerosis prenatal diagnosis case in the third trimester of pregnancy]. *Prenatal. Diagn.*, vol. 16, no 4, pp. 347–351. (in Russian)
6. Smith F.W., Adam A.H., Phillips W.D. (1983) NMR imaging in pregnancy. *Lancet*, vol. 1, no 5, pp. 61–62.
7. Thickman D. (1984) MR imaging of cerebral abnormalities in utero. *J. Comput. Assist. Tomogr.*, vol. 8, no 6, pp. 1058–1061.
8. Jarvis D. (2017) A systematic review and meta-analysis to determine the contribution of mr imaging to the diagnosis of foetal brain abnormalities In Utero. *Eur. Radiol.*, vol. 27, no 6, pp. 2367–2380.
9. Griffiths P.D. (2017) Use of MRI in the diagnosis of fetal brain abnormalities in utero (MERIDIAN): a multicentre, prospective cohort study. *Lancet*, vol. 389, pp. 538–546.
10. Sileo F.G. (2021) Role of prenatal magnetic resonance imaging in fetuses with isolated agenesis of corpus callosum in the era of fetal neurosonography: A systematic review and meta-analysis. *Acta. Obstet. Gynecol. Scand.*, vol. 100, no 1, pp. 7–16.