

## ЛУЧЕВАЯ ДИАГНОСТИКА В КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКЕ ОСОБЕННОСТЕЙ НЕЙРОПЛАСТИЧНОСТИ У НЕДОНОШЕННЫХ НОВОРОЖДЕННЫХ С ЭКСТРЕМАЛЬНО НИЗКОЙ МАССОЙ ТЕЛА

© Т.В. Мелашенко, А.И. Тащилкин, А.В. Поздняков, Т.А. Наркевич, О.Л. Красногорская, Р.А. Насыров, Д.О. Иванов, В.С. Львов

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет» Минздрава России

*Для цитирования:* Мелашенко Т.В., Тащилкин А.И., Поздняков А.В., и др. Лучевая диагностика в комплексной оценке особенностей нейропластичности у недоношенных новорожденных с экстремально низкой массой тела // Педиатр. – 2018. – Т. 9. – № 6. – С. 21–28. doi: 10.17816/PED9621-28

Поступила: 11.10.2018

Одобрена: 10.12.2018

Принята к печати: 21.12.2018

**Актуальность.** Оценка церебральной зрелости, паттернов нейропластичности наряду с выявлением структурной патологии головного мозга у недоношенных новорожденных позволяет в той или иной степени определить прогноз развития неврологических нарушений у этих детей. С использованием методов нейровизуализации появилась возможность прижизненной диагностики паттернов церебральной зрелости и нейропластичности у новорожденных. Система оценки церебральной зрелости у недоношенных новорожденных по результатам МРТ включает определение степени регрессии герминального матрикса. Регрессия неповрежденного герминального матрикса предполагает паттерн нейропластичности в условиях завершения миграции нейронов.

**Методы и материал.** Выполнено исследование паттерна нейропластичности – регрессии герминального матрикса у недоношенных новорожденных с экстремально низкой массой тела (ЭНМТ) при рождении методами краниальной сонографии (КСГ) и магнитно-резонансной томографии (МРТ). Был обследован 21 недоношенный новорожденный с ЭНМТ без нейровизуализационных признаков повреждения герминального матрикса, в первую очередь кровоизлияния из герминального матрикса. Проведено измерение герминального матрикса передних отделов боковых желудочков головного мозга у исследуемых детей методом КСГ. Выполнено МРТ головного мозга 15 недоношенным детям группы исследования в постконцептуальном возрасте (ПКВ) 27–38 недель с использованием традиционных импульсных последовательностей и дополнительно DWI – диффузионно-взвешенных изображений в стандартных проекциях. Также выполнено патоморфологическое исследование герминального матрикса в области передних отделов боковых желудочков у трех умерших детей из группы исследования.

**Результаты и выводы.** Выявлена регрессия герминального матрикса у недоношенных новорожденных с полной редукцией к 30 неделям ПКВ по результатам КСГ. Применение DWI ВИ позволило выявить герминальный матрикс у недоношенных детей до 34 недель ПКВ, тогда как при помощи других импульсных последовательностей удается визуализировать герминальный матрикс до 32 недель ПКВ.

**Результаты патоморфологического исследования герминального матрикса.** Установлено уменьшение толщины герминального матрикса боковых желудочков с увеличением постконцептуального возраста умерших детей.

**Ключевые слова:** нейропластичность; герминальный матрикс; недоношенные новорожденные; краниальная сонография; магнитно-резонансная томография мозга.

## RADIOLOGIC DIAGNOSTICS IN COMPLEX ESTIMATION OF THE FEATURES OF NEUROPLASTICITY IN PRETERM NEWBORNS WITH EXTREMELY LOW BIRTH WEIGHT

© T.V. Melashenko, A.I. Tashilkin, A.V. Pozdnyakov, T.A. Narkevich, O.L. Krasnogorskaya, R.A. Nasyrov, D.O. Ivanov, V.S. Lvov

St. Petersburg State Pediatric Medical University, Ministry of Healthcare of the Russian Federation, Russia

*For citation:* Melashenko TV, Tashilkin AI, Pozdnyakov AV, et al. Radiologic diagnostics in complex estimation of the features of neuroplasticity in preterm newborns with extremely low birth weight. *Pediatrician (St. Petersburg)*. 2018;9(6):21-28. doi: 10.17816/PED9621-28

Received: 11.10.2018

Revised: 10.12.2018

Accepted: 21.12.2018

Patterns of neuroplasticity and cerebral maturation in preterm neonate can be assessed by MRI and cranial ultrasound. The score system of brain maturation includes the account of germinal matrix (GM) regression by MRI. The GM regression can be considered as pattern of neuroplasticity. There have been investigated the changes of neuroplasticity pattern or GM

regression in preterm neonates with extremely low birth weight (ELBW) without intragerminal/intraventricular hemorrhages ( $n = 21$ ). It is believed that the main causes of impairment of GM are the intragerminal hemorrhages and hypoxia. The methods of study were cranial ultrasound (CU) and MRI. The measurement of GM was carried out by CU in anterior horn of the lateral ventricles of neonates in the study group (25-29 weeks). It was detected the GM regression in preterm neonates with increasing age, and complete GM regression to 30 week. MRI has been performed in 15 neonates from the study group on 27-38 weeks age with using the common pulse sequences – T1 WI, T2 WI and Flair. GM was detected by MRI up to 34 weeks inclusive by using the additional pulse sequence – DWI. By using common pulse sequences the GM was visualized up to 32 weeks age. Furthermore there has been pathological examination of GM in anterior horn of lateral ventricle in dead neonates from the study group ( $n = 3$ ). We revealed the thickness reduction of GM in the lateral ventricles with increasing age of the dead neonates. Also we identified the delay of the GM reduction in two dead neonates 36-38 weeks age (post conceptual age) what may indicate the disorder of neuroplasticity in those preterm neonates. The performed study showed the capability of CU and MRI in examination of neuroplasticity in preterm neonates.

**Keywords:** neuroplasticity; germinal matrix; preterm neonates; cranial ultrasound; brain MRI.

## АКТУАЛЬНОСТЬ

Под нейропластичностью понимают непрерывный процесс адаптации головного мозга к новым функциональным условиям при естественном или патологическом повреждении [1]. Наибольшая активность нейропластичности наблюдается на ранних этапах онтогенеза, особенно у недоношенных новорожденных. Нейропластичность регулирует состояния репарации и реорганизации головного мозга у недоношенных новорожденных, имеющих высокий риск повреждения головного мозга в результате воздействия так называемых *extra utero* факторов и эндогенных факторов церебральной незрелости. В условиях патологии нейропластичность обеспечивает компенсаторную (восстановительную) функцию мозга. Нарушение регуляции нейропластичности у недоношенных новорожденных может привести к нарушению или задержке церебральной зрелости, что определяет дальнейшее психоневрологическое развитие ребенка [6].

Методы нейровизуализации позволяют диагностировать структурные церебральные повреждения, а также паттерны церебральной зрелости и нейропластичности в неонатальном периоде [7]. На современном этапе в диагностике патологии головного мозга у новорожденных применяют краниальную сонографию (КСГ) и магнитно-резонансную томографию (МРТ) [14].

Система оценки церебральной зрелости у недоношенных новорожденных по результатам МРТ включает определение степени регрессии субэпендимального герминального матрикса боковых желудочков [3]. Регрессия субэпендимального герминального матрикса — уникальная характеристика поступательного церебрального развития у плодов — недоношенных детей, характеризующаяся клеточной инволюцией области головного мозга с наиболее активной клеточной организацией коры больших полушарий в онтогенезе. Регрессия герминального матрикса начинается с 25 недель

гестации. По результатам патоморфологических исследований головного мозга у плодов — новорожденных полная регрессия наблюдается к 36 неделям гестации при физиологическом развитии головного мозга. Регрессия герминального матрикса означает окончание нейрональной миграции, что в свою очередь предполагает паттерн нейропластичности в условиях завершения основной волны миграции нейронов. Нарушение регрессии субэпендимального герминального матрикса у незрелых недоношенных новорожденных может свидетельствовать о нарушении физиологического церебрального развития [15].

Методом КСГ субэпендимальный герминальный матрикс может определяться до 29 недель включительно в виде гиперэхогенных участков в переднем отделе бокового желудочка (в проекции отверстия Монро) [7, 8, 13]. Герминальный матрикс на МРТ визуализируется до 30 недель гестации при выполнении спин-эховых последовательностей T1 и T2 в виде гипоинтенсивного сигнала на T2 ВИ и гиперинтенсивного сигнала T1 ВИ в области каудальной вырезки вдоль стенки бокового желудочка [10].

*Цель* — сопоставить результаты методов нейровизуализации, широко используемых в неонатологии, в оценке паттерна нейропластичности (регрессии герминального матрикса) у недоношенных новорожденных с экстремально низкой массой тела (ЭНМТ) *in vivo* с результатами морфологического исследования герминального матрикса у умерших недоношенных детей с ЭНМТ.

## МАТЕРИАЛ ИССЛЕДОВАНИЯ

В исследование включен 21 недоношенный новорожденный с ЭНМТ (средняя масса тела при рождении —  $849 \pm 249$  граммов), возраст гестации — 25–29 недель (средний гестационный возраст рождения —  $26,85 \pm 3,25$  недели).

У трех умерших недоношенных новорожденных из группы обследования без прижизненных и по-

смертных признаков внутрижелудочковых кровоизлияний из герминального матрикса выполнено патоморфологическое исследование головного мозга. Постконцептуальный возраст (ПКВ) умерших детей на момент взятия патоморфологического материала составлял 32–38 недель. Двоим из трех умерших детей прижизненно выполнена МРТ головного мозга, у всех проведена КСГ по нижеизложенному дизайну исследования.

*Критерии исключения* из группы исследования: нейровизуализационные признаки кровоизлияния в герминальный матрикс, аномалии развития головного мозга, хромосомные заболевания, нейроинфекции.

## МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Краниальная сонография выполнена всем новорожденным (4 недоношенным новорожденным 25 недель гестации, 5 недоношенным 26 недель гестации, 3 недоношенным новорожденным 27, 28, 29 недель гестации) по общепринятой методике через большой родничок с использованием микроконвексного и линейного датчиков (5–7 Гц), аппарат Philips HD11 [14]. Методом КСГ проведено измерение визуализируемого герминального матрикса в передних отделах боковых желудочков (проекция отверстия Монро), определяли толщину герминального матрикса, единицы измерения представлены в миллиметрах (мм) системы СИ (рис. 1).

МРТ головного мозга (томограф фирмы Philips Ingenia 1.5 Тл) выполнена 15 недоношенным детям группы исследования с применением стандартных протоколов исследования головного мозга у новорожденных (программы 3D T1 ВИ, T2 ВИ, Flair ВИ) и дополнительно — диффузионно-взвешенные изображения (ДВИ — DWI) в стандартных проекциях: коронарный, аксиальный и сагиттальный срезы; использовали головную радиочастотную катушку. Исследование выполнено без седации пациента, с мониторингом витальных функций [12].

*Дизайн исследования* (рис. 2). КСГ проведена всем детям группы исследования на 1, 2, 3, 5 и 7-й день жизни. Повторные КСГ имели целью исключить кровоизлияния из герминального матрикса. При первичной КСГ проведено измерение визуализируемого герминального матрикса в миллиметрах. МРТ головного мозга выполнена однократно 15 детям группы исследования в ПКВ 27–38 недель, из них девяти недоношенным детям МР-исследование выполнено в ПКВ 27–32 недели, двум недоношенным детям — в ПКВ 33–34 недели, четырем недоношенным — в ПКВ 35–38 недель. Двум детям проведено повторное исследование в ПКВ 38 недель.

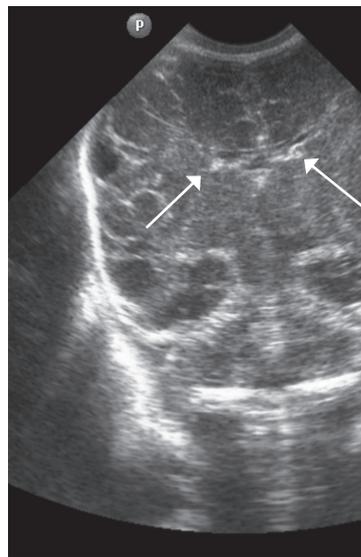


Рис. 1. Краниальная сонография недоношенного новорожденного, 28 недель гестации, фронтальный скан. Стрелками указаны области визуализации герминального матрикса

Fig. 1. CUS image of preterm newborn, gestational age 28 wks., frontal scan. Arrows indicate the area of visualization of the germinal matrix

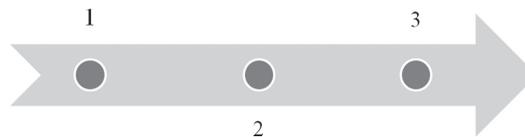


Рис. 2. Дизайн исследования: 1 – 21 новорожденный в возрасте 25–29 недель гестации; 2 – результаты краниальной сонографии ( $n = 21$ ) у новорожденного в возрасте 25–29 недель гестации; 3 – результаты МРТ у недоношенных детей в постконцептуальном возрасте 27–38 недель ( $n = 15$ )

Fig. 2. Study design: 1 – 21 preterm newborns with gestational ages 25–29 weeks; 2 – the findings of cranial ultrasound of 21 preterm newborns with gestational ages 25–29 weeks; 3 – the findings of preterm's MRI ( $n = 15$ ) with PCV ages 27–38 weeks

*Патоморфологическое исследование.* Забор фрагментов тканей головного мозга осуществляли в герминальном матриксе боковых желудочков в области передних рогов, задних рогов, на уровне отверстия Монро и лобной доли — таламо-каудальной вырезки. Использовали парафиновые срезы, окрашенные гематоксилином и эозином и тионином по методике Ниссля. Микроскопическое исследование проводили с помощью микроскопа ZEISS AXIO, морфометрическое исследование — с помощью сканирующего микроскопа Pannoramic компании 3DHISTECH с установленной программой Pannoramic Viewer.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

По данным КСГ толщина герминального матрикса переднего отдела боковых желудочков изменялась обратно пропорционально гестационному возрасту недоношенного ребенка. Динамика регрессии герминального матрикса боковых желудочков по результатам КСГ у недоношенных новорожденных представлена в табл. 1.

В ПКВ 30 недель герминальный матрикс методом КСГ не определялся. Рис. 3 демонстрирует ультразвуковую картину головного мозга с отсутствием визуализации герминального матрикса в просвете передних отделов боковых желудочков (недоношенный ребенок ПКВ 30 недель).

Результаты МРТ-исследования представлены в табл. 2.

Как видно из таблицы, при выполнении МР-исследования в ПКВ 27–32 недели герминальный матрикс визуализировался у восьми недоношенных детей на ДВИ в виде усиления МР-сигнала вдоль боковых стенок боковых желудочков мозга, а также вдоль передних рогов над хвостатыми ядрами с обеих сторон (рис. 4). На T2 ВИ герминальный



Рис. 3. Краниальная сонография недоношенного ребенка 30 недель ПКВ. Фронтальный скан. Герминальный матрикс в просветах передних отделов боковых желудочков не визуализируется

Fig. 3. CUS image of preterm newborn, gestational age 30 weeks, frontal scan. The germinal matrix is not visualized

матрикс достоверно выявлен у семи новорожденных (рис. 5). На T1 ВИ герминальный матрикс достоверно выявлен у двух новорожденных (рис. 6). На последовательностях FLAIR герминальный матрикс не визуализировался.

Таблица 1 / Table 1

Оценка герминального матрикса боковых желудочков у недоношенных новорожденных по результатам краниальной сонографии

Evaluation of the germinal matrix in preterm newborns based on cranial ultrasound results

Гестационный возраст (недели) / Gestational age (weeks)	Значение величины герминального матрикса (мм) у новорожденных разного гестационного возраста / The value of the germinal matrix (mm) in newborns of different gestational ages					Среднее значение ( $M \pm \delta$ ) / Mean ( $M \pm \delta$ )
	1-й день жизни / 1 <sup>st</sup> day of life	2-й день жизни / 2 <sup>nd</sup> day of life	3-й день жизни / 3 <sup>rd</sup> day of life	5-й день жизни / 5 <sup>th</sup> day of life	7-й день жизни / 7 <sup>th</sup> day of life	
25	2,2	2,4	2,6	2,2	–	2,36 $\pm$ 0,3
26	2,2	2,3	2,2	2,2	2,2	2,2 $\pm$ 0,1
27	1,9	1,8	2,0	–	–	1,93 $\pm$ 0,2
28	2,0	1,9	1,8	–	–	1,93 $\pm$ 0,2
29	1,8	1,7	1,6	–	–	1,7 $\pm$ 0,2

Таблица 2 / Table 2

Оценка герминального матрикса у недоношенных детей по результатам МР-исследования

Evaluation of the germinal matrix in preterm newborns based on MR-images

Импульсные последовательности / Pulse sequences	ДВИ / DWI	T1 ВИ / T1-WI	T2 ВИ / T2-WI	FLAIR / FLAIR
ПКВ 27–32 недели ( $n = 9$ ) / PCA 27–32 weeks ( $n = 9$ )	8 (+)	2 (+)	7 (+)	Не определялось / Not determined
ПКВ 33–34 недели ( $n = 2$ ) / PCA 33–34 weeks ( $n = 2$ )	2 (+)	Не определялось / Not determined	Не определялось / Not determined	Не определялось / Not determined
ПКВ 35–38 недель ( $n = 6$ ) / PCA 35–38 weeks ( $n = 6$ )	1 ( $\pm$ )	Не определялось / Not determined	Не определялось / Not determined	Не определялось / Not determined

Примечание: + — признак выражен хорошо,  $\pm$  — признак выражен недостаточно. ПКВ — постконцептуальный возраст.  
Note: + the sign is well expressed,  $\pm$  sign is not enough expressed, PCA – postconceptual age.



Рис. 4. МРТ головного мозга недоношенного ребенка (ПКВ 28 недель), ДВИ, аксиальная проекция. Визуализируется гиперинтенсивный МР-сигнал от герминального матрикса в проекции наружных отделов боковых желудочков (отмечен стрелками)

Fig. 4. MRI of preterm newborn (PCA 28 wks.), DWI, axial plane. Hyperintense MR-signal from the germinal matrix in the projection of the external parts of lateral ventricles (marked by arrows)

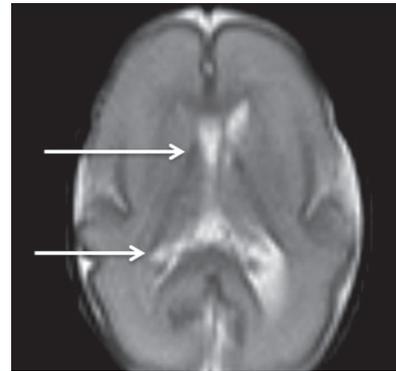


Рис. 5. МРТ головного мозга недоношенного ребенка (ПКВ 28 недель). T2 ВИ, аксиальная проекция, стрелками выделены участки герминального матрикса, расположенного вдоль наружных стенок боковых желудочков, гипоинтенсивный МР-сигнал

Fig. 5. MRI of preterm newborn (PCA 28 weeks), T2-WI, axial plane. Arrows mark the areas of the germinal matrix located along the external walls of the lateral ventricles (hypointense MR signal)

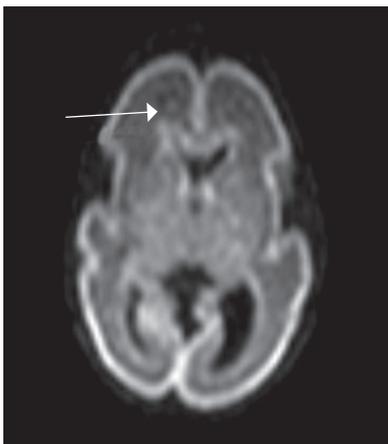


Рис. 6. МРТ головного мозга недоношенного ребенка (ПКВ 28 недель). T1 ВИ, аксиальная проекция, герминальный матрикс визуализируется в передних отделах боковых желудочков (отмечен стрелкой)

Fig. 6. MRI of preterm newborn (PCA 30 weeks), T1-WI, axial plane. The germinal matrix is visualized in the anterior parts of the lateral ventricles (marked by arrow)

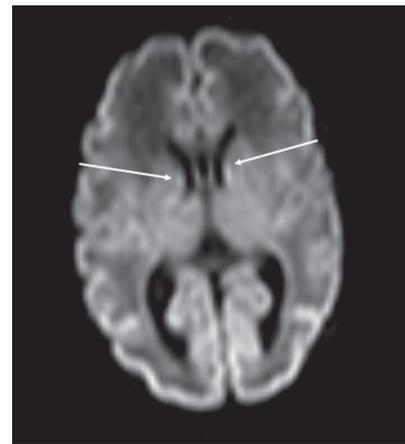


Рис. 7. МРТ головного мозга недоношенного ребенка (ПКВ 34 недели). ДВИ, аксиальная проекция, герминальный матрикс визуализируется вдоль наружных стенок боковых желудочков (отмечен стрелками)

Fig. 7. MRI of preterm newborn (PCA 30 wks.), DWI, axial plane. The germinal matrix is visualized along the external walls of the lateral ventricles (marked by arrows)

У новорожденных, которым МРТ проводили с 33-й по 34-ю неделю ПКВ, герминальный матрикс визуализировался у двух пациентов на ДВИ в виде слабого повышения МР-сигнала вдоль боковых стенок боковых желудочков мозга (рис. 7). На остальных импульсных последовательностях герминальный матрикс не определялся.

При проведении МРТ недоношенным детям после 34 недели ПКВ герминальный матрикс визуализировался на ДВИ только у одного новорожденного в виде линейного слабоинтенсивного МР-сигнала, расположенного вдоль латеральных стенок боковых желудоч-

ков головного мозга. У остальных пациентов герминальный матрикс не визуализировался.

Двоим пациентам выполнено двукратное МР-исследование: при выполнении первого МР-исследования в ПКВ 27–32 недели герминальный матрикс визуализировался, при выполнении второго МР-исследования в ПКВ доношенного новорожденного герминальный матрикс не определялся.

Результаты патоморфологического исследования ткани головного мозга в области герминального матрикса боковых желудочков. Толщину герминального матрикса измеряли в передних отделах

Таблица 3 / Table 3

Динамика изменения выраженности герминального матрикса у умерших недоношенных детей в зависимости от их постконцептуального возраста

Dynamics of changes in the size of the germinal matrix in deceased preterm newborns, depending on their postconceptual age

Пациент / Patient	ПКВ на момент забора материала (недели) / PCA at the time of collection of material (weeks)	Вес при рождении (граммы) / Birth weight (gr)	Толщина ГМ правого бокового желудочка (мкм) / The thickness of the germinal matrix of the right lateral ventricle (mkm)	Толщина ГМ левого бокового желудочка / The thickness of the germinal matrix of the left lateral ventricle (mkm)
1	38	934	934,8	499,54
2	35–36	740	343,39	713,97
3	31–32	980	2377	820,7

Примечание. ПКВ — постконцептуальный возраст; ГМ — герминальный матрикс.

Note. PCA – postconceptual age; GM – germinal matrix.

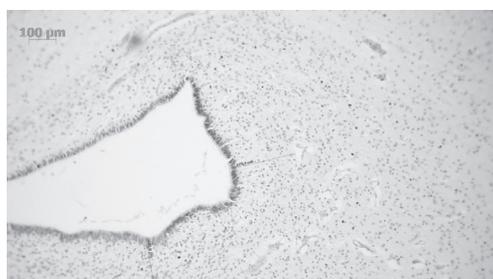


Рис. 8. Тонкий слой герминального матрикса у ребенка, ПКВ 37–38 недель (окраска гематоксилином и эозином, ×100)

Fig. 8. A thin layer of the germinal matrix in a child, PCA 37–38 weeks (hematoxylin-eosin stain, ×100)



Рис. 9. Широкий слой герминального матрикса у ребенка, ПКВ 31–32 недели (окраска гематоксилином и эозином, ×100)

Fig. 9. A wide layer of the germinal matrix in a child, PCA 31–32 weeks (hematoxylin-eosin stain, ×100)

боковых желудочков мозга. Толщина герминального матрикса изменялась обратно пропорционально ПКВ умерших детей (табл. 3, рис. 8, 9). Необходимо подчеркнуть, что у двоих умерших недоношенных новорожденных, ПКВ которых достиг 36 недель, при микроскопическом исследовании материала передних отделов боковых желудочков герминальный матрикс сохранялся.

## ОБСУЖДЕНИЕ И ВЫВОДЫ

Исследование показало, что субэпендимальный герминальный матрикс боковых желудочков выявляется ультразвуковым методом у всех недоношенных новорожденных группы исследования до 29 недель гестации включительно (100%). По данным К. Vuch, герминальный матрикс визуализируется в виде гиперэхогенной структуры только у 13% детей до 29 недель гестации [2]. Нами выявлена регрессивная динамика сонографической визуализации герминального матрикса у всех недоношенных новорожденных с ЭНМТ с увеличением гестационного возраста. Значительное сокращение размеров герминального матрикса

по результатам КСГ наблюдается у недоношенных новорожденных с ЭНМТ к 29 неделям гестации.

В отличие от сонографии методом МРТ герминальный матрикс визуализируется у недоношенных детей с ЭНМТ до 32–34 недель ПКВ. При этом использование традиционных импульсных последовательностей, таких как T1 и T2, позволяет визуализировать герминальный матрикс у недоношенных новорожденных до 32 недель ПКВ (см. табл. 2). Это соответствует данным, полученным другими исследователями [11].

В нашем исследовании герминальный матрикс визуализировался на T1-импульсной последовательности только у небольшого числа детей (у двух детей) в возрастной группе до 32 недель ПКВ в виде гиперинтенсивного сигнала от нижней стенки переднего отдела боковых желудочков. На T2 ВИ герминальный матрикс выявляется у большего числа детей (у 7 из 9 детей) в возрастной группе 27–32 недели ПКВ, изменение интенсивности сигнала от герминального матрикса представлено гипоинтенсивным МР-сигналом от передних отделов и наружных стенок тел боковых желудочков.

Использовать T2-импульсную последовательность в оценке церебральной зрелости у недоношенных детей рекомендует S. Counsell [4]. Он отмечает снижение интенсивности T2-сигнала от латеральных стенок и передних отделов боковых желудочков у недоношенных детей в ПКВ до 32 недель. Как полагает S.J. Counsell, сохранение гипоинтенсивного T2-сигнала от этих структур у недоношенных детей старше 32 недель ПКВ может свидетельствовать о нарушении глиальной миграции [5].

На ДВИ субэпендимальный герминальный матрикс выявляется у подавляющего числа недоношенных детей в возрастной группе 27–32 недели ПКВ, у двух недоношенных детей — в возрастной группе 33–34 недели ПКВ. Герминальный матрикс на ДВИ-последовательности визуализируется в виде локального гиперинтенсивного сигнала в области передних отделов боковых желудочков и гиперинтенсивного линейного сигнала в области наружного края боковых желудочков (частично повторяющего контур наружной стенки желудочка). Чувствительность ДВИ в визуализации герминального матрикса превышает другие импульсные последовательности МР и позволяет получить более полную визуализационную картину регрессии субэпендимального герминального матрикса в вентрикулярных зонах головного мозга недоношенных детей.

Результаты патоморфологического исследования показали регрессию герминального матрикса в боковых желудочках мозга с увеличением ПКВ, что соответствует данным других авторов [9, 10]. Субэпендимальный герминальный матрикс был наиболее выражен в передних отделах боковых желудочков. Отмечалась задержка полной редукции герминального матрикса у двух погибших детей, родившихся с ЭНМТ, в ПКВ 36 недель и старше, что может свидетельствовать о нарушении нейропластичности и задержки церебрального развития у этих новорожденных [10]. При физиологическом развитии головного мозга у недоношенных детей, достигших ПКВ 36 недель, герминальный матрикс при гистологическом исследовании не определяется [13].

Сравнительный анализ результатов выполненной прижизненно МРТ головного мозга и результатов патоморфологического исследования показал, что у всех умерших детей герминальный матрикс определялся в передних отделах боковых желудочков при микроскопическом исследовании препаратов головного мозга, а также методом магнитного резонанса индентичной локализации. У первого умершего ребенка (пациент 1 в табл. 3) (МРТ выполнена в ПКВ 30 недель) герминальный матрикс визуализировался на ДВИ и T2 ВИ в области проекции Монроева отверстия. У пациента 2 (см. табл. 3)

(МРТ выполнена на 27-й неделе ПКВ) герминальный матрикс визуализировался в области отверстия Монро и вдоль наружных стенок боковых желудочков в виде изменения МР-сигнала на ДВИ и T2 ВИ.

Таким образом, исследование субэпендимального герминального матрикса в оценке нейропластичности у недоношенных детей с ЭНМТ методами лучевой диагностики и патоморфологических особенностей герминального матрикса позволяет сделать следующие выводы.

Подтверждается возможность использования ультразвуковых методов, а именно КСГ, в оценке паттернов нейропластичности/регрессии герминального матрикса у недоношенных новорожденных. Герминальный матрикс КСГ визуализируется у всех недоношенных новорожденных до 29 недель гестации. Наблюдается регрессия герминального матрикса с максимальным снижением визуализации к 29 неделям гестации.

Возможности МРТ в оценке регрессии герминального матрикса у недоношенных детей расширяются при выполнении ДВИ-последовательности. Использование данной импульсной последовательности позволяет выявлять герминальный матрикс у недоношенных новорожденных до 32 недель ПКВ включительно и оценивать состояние нейропластичности в условиях *in vivo*.

Результаты патоморфологического исследования материала боковых желудочков подтверждают регрессию герминального матрикса с увеличением ПКВ. Отсутствие редукции герминального матрикса боковых желудочков головного мозга, наблюдаемое у двух погибших недоношенных детей в ПКВ 36 недель, может быть обусловлено нарушением нейропластичности.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Гусев У.И., Камчатнов П.Р. Пластичность нервной системы // Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова. — 2004. — № 3. — С. 73–79. [Gusev UI, Kamchatnov PR. Plastichnost' nervnoj sistemy. Zhurnal nevrologii i psichiatrii im. S.S. Korsakova. 2004;(3):73-79. (In Russ.)]
2. Buch K, Podhaizer D, Tsai A, et al. Residual Germinal Matrix Tissue Detected on High-Resolution Ultrasound in Very Premature Neonates. In: Proceedings of the EPOS Congress: ECR2015; 4-8 Mar 2015. Vienna; 2015.
3. Childs AM, Ramenghi LA, Cornette L, et al. Cerebral maturation in premature infants: quantitative assessment using MR imaging. *AJNR Am J Neuroradiol.* 2001;22(8):1577-1582.
4. Counsell SJ, Kennea NL, Herlihy AH, et al. T2 relaxation values in the developing preterm brain. *AJNR Am J Neuroradiol.* 2003;24(8):1654-1660.

5. Counsell SJ. Magnetic resonance imaging of pre-term brain injury. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed.* 2003;88(4):269F-274. doi: 10.1136/fn.88.4.F269.
6. Deipolyi AR, Mukherjee P, Gill K, et al. Comparing microstructural and macrostructural development of the cerebral cortex in premature newborns: diffusion tensor imaging versus cortical gyration. *Neuroimage.* 2005;27(3):579-86. doi: 10.1016/j.neuroimage.2005.04.027.
7. El-Dib M, Massaro AN, Bulas D, Aly H. Neuroimaging and neurodevelopmental outcome of premature infants. *Am J Perinatol.* 2010;27(10):803-818. doi: 10.1055/s-0030-1254550.
8. Helwich E, Bekiesinska-Figatowska M, Bokiniac R. Recommendations regarding imaging of the central nervous system in fetuses and neonates. *J Ultrason.* 2014;14(57):203-216. doi: 10.15557/JoU.2014.0020.
9. Herculano-Houzel S. Not all brains are made the same: new views on brain scaling in evolution. *Brain Behav Evol.* 2011;78(1):22-36. doi: 10.1159/000327318.
10. Lewitus E, Kelava I, Huttner WB. Conical expansion of the outer subventricular zone and the role of neocortical folding in evolution and development. *Front Hum Neurosci.* 2013;7:424. doi: 10.3389/fnhum.2013.00424.
11. Matsumoto JA, Gaskin CM, Kreitel KO, et al. MRI atlas Pediatric Brain Maturation and Anatomy. Oxford: Oxford University Press; 2015.
12. Prager A, Roychowdhury S. Magnetic resonance imaging of the neonatal brain. *Indian J Pediatr.* 2007;74(2):173-84. doi: 10.1007/s12098-007-0012-3.
13. Shi Y, Kirwan P, Smith J, et al. Human cerebral cortex development from pluripotent stem cells to functional excitatory synapses. *Nat Neurosci.* 2012;15(3):477-86, S471. doi: 10.1038/nn.3041.
14. Vainak N, Calin AM, Fufezan O, et al. Neonatal brain ultrasound – a practical guide for the young Radiologist. In: Proceedings of the EPOS Congress: ECR2014; 6-10 Mar 2014, Vienna. doi: 10.1594/ecr2014/C-0527.
15. Intracranial hemorrhage: germinal matrix-intraventricular hemorrhage. In: Neurology of the Newborn. 5<sup>th</sup> ed. Ed. by J.J. Volpe. Philadelphia: Saunders Elsevier; 2008. P. 517-528.

## ◆ Информация об авторах

*Татьяна Владимировна Мелашенко* – канд. мед. наук, невролог отделения реанимации и интенсивной терапии новорожденных. ФГБОУ ВО «СПбГПМУ» МЗ РФ, Санкт-Петербург. E-mail: Radiology@mail.ru.

*Алексей Иванович Тащилкин* – ассистент кафедры медицинской биофизики, врач-рентгенолог отделения лучевой диагностики. ФГБОУ ВО «СПбГПМУ» МЗ РФ, Санкт-Петербург. E-mail: Radiology@mail.ru.

*Татьяна Александровна Наркевич* – ассистент кафедры патологической анатомии с курсом судебной медицины. ФГБОУ ВО «СПбГПМУ» МЗ РФ, Санкт-Петербург. E-mail: Radiology@mail.ru.

*Александр Владимирович Поздняков* – д-р мед. наук, профессор, заведующий отделением лучевой диагностики, заведующий кафедрой медицинской биофизики. ФГБОУ ВО «СПбГПМУ» МЗ РФ, Санкт-Петербург. E-mail: Radiology@mail.ru.

*Ольга Леонидовна Красногорская* – канд. мед. наук, доцент кафедры патологической анатомии с курсом судебной медицины. ФГБОУ ВО «СПбГПМУ» МЗ РФ, Санкт-Петербург. E-mail: Radiology@mail.ru.

*Руслан Абдуллаевич Насыров* – д-р мед. наук, профессор, заведующий кафедрой патологической анатомии с курсом судебной медицины. ФГБОУ ВО «СПбГПМУ» МЗ РФ, Санкт-Петербург. E-mail: Radiology@mail.ru.

*Дмитрий Олегович Иванов* – д-р мед. наук, профессор, ректор. ФГБОУ ВО «СПбГПМУ» МЗ РФ, Санкт-Петербург. E-mail: Radiology@mail.ru.

*Виктор Сергеевич Львов* – аспирант кафедры медицинской биофизики. ФГБОУ ВО «СПбГПМУ» МЗ РФ, Санкт-Петербург. E-mail: viktorldvov@list.ru.

## ◆ Information about the authors

*Tat'yana V. Melashenko* – MD, PhD, Neurologist of Neonatal Intensive Care Unit. St. Petersburg State Pediatric Medical University, Saint Petersburg, Russia. E-mail: Radiology@mail.ru.

*Alexey I. Tashilkin* – Assistant of the Department of Medical Biophysics, radiologist of the Department of Radiology. St. Petersburg State Pediatric Medical University, Saint Petersburg, Russia. E-mail: Radiology@mail.ru.

*Tatiana A. Narkevich* – Assistant, Department of Pathological Anatomy with the Course of Forensic Medicine. St. Petersburg State Pediatric Medical University, Saint Petersburg, Russia. E-mail: Radiology@mail.ru.

*Aleksandr V. Pozdnyakov* – MD, PhD, Dr Med Sci, Professor, Head of Department of Radiology, Head of the Department of Medical Biophysics. St. Petersburg State Pediatric Medical University, Saint Petersburg, Russia. E-mail: Radiology@mail.ru.

*Olga L. Krasnogorskaya* – MD, PhD, Associate Professor of the Department of Pathological Anatomy with the Course of Forensic Medicine. St. Petersburg State Pediatric Medical University, Saint Petersburg, Russia. E-mail: Radiology@mail.ru.

*Ruslan A. Nasyrov* – MD, PhD, Dr Med Sci, Professor, Head of the Department of Pathological Anatomy with the Course of Forensic Medicine. St. Petersburg State Pediatric Medical University, Saint Petersburg, Russia. E-mail: Radiology@mail.ru.

*Dmitry O. Ivanov* – MD, PhD, Dr Med Sci, Professor, Rector. St. Petersburg State Pediatric Medical University, Saint Petersburg, Russia. E-mail: Radiology@mail.ru.

*Viktor S. Lvov* – Postgraduate Student of the Department of Medical Biophysics. St. Petersburg State Pediatric Medical University, Saint Petersburg, Russia. E-mail: viktorldvov@list.ru.