

Н. В. Марацкая, М. Г. Девялтовская, Ю. Ю. Бучель, Е. А. Улезко

Республиканский научно-практический центр «Мать и дитя», Минск, Республика Беларусь

МЕТОДЫ НЕЙРОВИЗУАЛИЗАЦИИ В ДИАГНОСТИКЕ ПАТОЛОГИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ ГОЛОВНОГО МОЗГА У ДЕТЕЙ

Аннотация. Методы нейровизуализации играют все более заметную роль в диагностике патологических изменений головного мозга. В детской неврологии и нейрохирургии для непосредственной визуализации структур головного мозга используются нейросонография, рентгеновская компьютерная томография и магнитно-резонансная компьютерная томография. Они являются современными высокоточными методами диагностики, позволяющими оценить структурные изменения в тканях мозга и определить состояние ликвородинамического пространства.

Визуализация структур головного мозга особенно актуальна в раннем возрасте, поскольку большое количество новорожденных и грудных детей имеют патологические изменения головного мозга, идентификация которых принципиально меняет характер проводимого лечения. Диагностика различных заболеваний у детей особенно актуальна на ранних стадиях заболевания, что позволяет определять стратегию и тактику лечения и применять соответствующее лечение.

Выбор метода нейровизуализации у детей с патологией головного мозга определяется как клиническими показаниями для проведения исследования, так и разрешающими возможностями методов.

Ключевые слова: головной мозг, центральная нервная система, дети, рентгеновская компьютерная томография, магнитно-резонансная компьютерная томография, нейросонография, перинатальный период

Для цитирования: Методы нейровизуализации в диагностике патологических изменений головного мозга у детей / Н. В. Марацкая [и др.] // Вес. Нац. акад. навук Беларусі. Сер. мед. навук. – 2017. – №4. – С. 120–128.

N. V. Maratskaya, M. G. Devyaltovskaya, Yu. Yu. Buchel, E. A. Ulezko

Republican Scientific and Practical Center “Mother and Child”, Minsk, Republic of Belarus

METHODS OF NEUROISIZATION IN DIAGNOSIS OF PATHOLOGICAL CHANGES IN THE CHILDREN'S BRAIN

Abstract. Currently, the methods of neuroimaging become crucial for the diagnosis of pathological changes in the brain. The children's neurology and neurosurgery use neurosonography, X-ray computed tomography and magnetic resonance computed tomography for immediate visualization of brain structures. These are modern high-precision diagnostic methods that allow one to assess structural changes in brain tissues and determine the state of liquorodynamic space.

Visualization of brain structures is necessary at an early age, since a large number of newborns and infants have pathological changes in the brain, the identification of which fundamentally changes the nature of therapy. Diagnosis of various diseases in children is especially important in the early stages of disease, which permits one to determine the strategy and tactics of treatment and to apply appropriate therapy. The choice of the method of neuroimaging for children with brain pathology is determined both by clinical indications and by the resolving capabilities of the method.

Keywords: brain, central nervous system, children, computed tomography, magnetic resonance imaging, neurosonography, perinatal period

For citation: Maratskaya N. V., Devyaltovskaya M. G., Buchel Yu. Yu., Ulezko E. A. Methods of neuroisization in diagnosis of pathological changes in the children's brain. *Vesti Natsyonal'nai akademii navuk Belarusi. Seriya meditsinskikh navuk = Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Medical series*, 2017, no. 4, pp. 120–128 (in Russian).

В работе представлены результаты обзора отечественной и зарубежной литературы о применении различных методов нейровизуализации для выявления патологических изменений головного мозга у детей.

Клинические последствия перинатальных поражений центральной нервной системы (ЦНС) являются темой острых дискуссий педиатров, неонатологов и неврологов на протяжении многих десятилетий [1, 2]. Перинатальные поражения ЦНС – одна из основных причин нарушения соматического здоровья, отклонений физического и нервно-психического развития детей как в первый год их жизни, так и в последующие периоды детства [3].

Роль перинатальных поражений ЦНС в формировании детской патологии сложно переоценить: в структуре детской инвалидности поражения нервной системы составляют около 50 %, при этом 70–80 % случаев приходится на перинатальные поражения [4].

В настоящее время принято выделять следующие виды перинатальных поражений мозга: 1) травматические повреждения; 2) гипоксически-ишемическую энцефалопатию; 3) инфекционные поражения мозга и его оболочек; 4) врожденные аномалии развития мозга; 5) дисметаболические поражения ЦНС. Геморрагические поражения ЦНС имеют отношение сразу к нескольким видам поражений, так как гипоксия не только является основной причиной возникновения внутричерепных кровоизлияний, но и, как правило, сопровождается травматическими повреждениями [1, 5].

Наиболее частой причиной перинатальных повреждений ЦНС (47 %) являются гипоксически-ишемические поражения мозга [5].

Далее причины перинатальных повреждений мозга в зависимости от частоты встречаемости целесообразно распределить следующим образом: аномалии и дисплазии мозга – 28 %, TORCH-инфекции – 19, родовая травма – 4, наследственные болезни обмена – 2 % [1, 5].

Аномалии развития головного мозга – одна из частых причин появления неврологической симптоматики у новорожденных и детей первых лет жизни [6].

Неврологическая симптоматика аномалий развития головного мозга зависит от их локализации и объема поражения. На степень неврологических расстройств может влиять архитектура тканей головного мозга (мальпозиция и мальориентация). Клиническая симптоматика аномалий развития головного мозга малоспецифична. Чем тяжелее повреждения мозга, тем ярче неврологическая симптоматика и тем раньше она проявляется [6, 7].

Вопрос о ранней диагностике различных форм поражения головного мозга у новорожденных и грудных детей остается одной из актуальных проблем неонатологии и педиатрии. Трудность топической диагностики объясняется анатомической и функциональной незрелостью ЦНС и неспецифической полиморфной реакцией мозга в ответ на различные патологические процессы [8–10].

Исследования педиатров и детских неврологов, особенно в последние годы, все более убеждают в том, что точная диагностика повреждений нервной системы может и должна осуществляться на самых ранних сроках – только тогда возможны эффективная терапия и реальная профилактика более поздних осложнений [11].

Решающее значение в диагностике и прогнозе тяжести течения заболевания в настоящее время приобретают методы нейровизуализации. Активное развитие и внедрение современных методов нейровизуализации в практику невролога позволило расширять диагностику церебральных нарушений, оценивать их влияние на неврологический и психический статус, определять стратегию и тактику лечения, контролировать его эффективность, прогнозировать дальнейшее развитие ребенка и исход заболевания, расширять возможности медико-генетического консультирования [12–16].

В настоящее время в детской неврологии и нейрохирургии для непосредственной визуализации структур головного мозга используют три метода лучевой диагностики: нейросонографию (НСГ), рентгеновскую компьютерную томографию (РКТ) и магнитно-резонансную компьютерную томографию (МРТ) [15, 16]. Они относятся к современным высокоточным методам диагностики, которые дают возможность оценить структурные изменения в тканях мозга и определить состояние ликвородинамического пространства [17, 18].

Для оценки эффективности методов измерения в диагностике применяют ряд критериев, главными из которых являются [19]:

1) точность измерения – соответствие результатов измерения истинному значению определяемой величины (высокая точность измерения достигается при случайных минимальных и систематических погрешностях);

2) правильность измерения (это качество измерения характеризует величину систематических погрешностей – чем они меньше, тем более правильным оказывается измерение);

3) сходимость измерений (данное качество измерений характеризует величину случайных ошибок – чем они меньше, тем лучше сходимость измерений; этот критерий показывает, насколько близки между собой результаты измерений, выполненных в одинаковых условиях, т. е. в одной и той же лаборатории, на одном и том же приборе, одним методом);

4) воспроизводимость измерений (этот критерий показывает, насколько близки между собой результаты измерений, выполненных в различных условиях, т. е. в разных лабораториях или на разных аппаратах или разными исследователями) [20, 21].

Одним из наиболее доступных и широко используемых методов визуализации головного мозга является НСГ, с помощью которой возможно оценить макроструктуру и экзогенность мозгового вещества, размеры и форму ликворных пространств. Метод позволяет объективизировать структурные изменения головного мозга у новорожденных в тех случаях, когда применения рутинных анамнестического и клиничко-неврологического методов может быть недостаточно для постановки диагноза [13, 14]. Кроме того, НСГ позволяет уже в первые сутки диагностировать признаки перивентрикулярной лейкомаляции, предположить наличие пери- или интравентрикулярного кровоизлияния и уточнить его степень [22].

Термин «нейросонография» дословно переводится как изображение нервной системы с помощью ультразвука (греч. *neuron* – нервная ткань, лат. *sonus* – звук, греч. *grapho* – изображать). Сегодня существуют два варианта трактовки этого термина, принципиально отличающихся друг от друга.

Первый вариант: нейросонография – это отдельная методика исследования головного мозга младенца через открытый передний родничок [15, 23].

Второй вариант: нейросонография – это группа методик, позволяющих оценить состояние нервной системы новорожденных, детей и взрослых с помощью ультрасонографии (УС) (например, УС скальпа, УС черепа, УС головного мозга, УС позвоночника и спинного мозга, УС мозговых грыж, доплерография и интраоперационная УС (методы УС-нейронавигации)). Наиболее широко в клинической практике используется УС головного мозга. В зависимости от используемых ультразвуковых «окон» методики УС головного мозга можно разделить на три группы: а) чрезродничковая УС; б) транскраниальная УС (через височную кость); в) УС через костные дефекты (врожденные или сформированные во время нейрохирургических операций) [24, 25].

В зависимости от состояния большого родничка возможно использование:

чрезродничковой методики (до закрытия большого родничка);

транскраниальной методики (после закрытия большого родничка, в том числе у детей старшего возраста и взрослых).

Для диагностики заболеваний головного мозга ультразвук начали применять с 1970-х годов сначала у недоношенных новорожденных. При этом было предложено в качестве ультразвукового «окна» использовать большой родничок. С тех пор чрезродничковое ультразвуковое исследование головного мозга является основным диагностическим методом, применяемым у младенцев.

Эта методика, предложенная E. G. Grant в 1986 г., в дальнейшем была модифицирована многими отечественными и зарубежными авторами [26].

НСГ обладает рядом очевидных преимуществ. Отсутствие лучевой нагрузки и необходимости предварительной подготовки пациента к обследованию, простота и неинвазивность, возможность многоплоскостного исследования и быстрота получения информации делают этот метод предпочтительным для первичной оценки структур мозга у детей до года. К достоинствам НСГ следует также отнести возможность интраоперационного исследования и осуществления мониторинга в послеоперационном периоде, полное отсутствие противопоказаний, возможность ее проведения с любой частотой и в любых условиях [27].

Сканирование головного мозга у детей, находящегося в тяжелом состоянии, можно проводить в кувезах, палатах и боксах, где находится ребенок. Тяжесть состояния не является противопоказанием для проведения исследования [8].

Однако традиционное чрезродничковое исследование не позволяет адекватно оценить состояние межполушарной щели, наружных ликворных пространств и оболочек мозга на всем протяжении. Закрытие большого родничка делает невозможным дальнейшее проведение обследований [28].

Стандартная УС головы младенца объективно отражает нормальную архитектуру головного мозга у детей до года и выявляет структурные внутричерепные изменения любой локализации.

Ввиду высоких показателей точности (94,7 %), чувствительности (96,7 %) и специфичности (85,7 %) стандартной УС головы младенца возможно ее использование для первичной оценки характера и локализации структурных внутричерепных изменений у детей первого года жизни.

Транскраниальная УС permet визуализировать, идентифицировать и выявлять структурные изменения в полости черепа супратенториальной локализации, адекватно оценивать состояние желудочковой системы, субарахноидального пространства и тканей.

Учитывая высокие показатели точности (92 %), чувствительности (89,4 %) и специфичности (95,4 %) транскраниальной УС, возможно ее использование в качестве скрининга для оценки состояния структур головного мозга у детей до года (с условием открытого большого родничка).

Наиболее эффективным является использование УС в сочетании с тщательной оценкой клинических проявлений в виде клиничко-сонографического скрининга и клиничко-сонографического мониторинга [29, 30]. В настоящее время нейросонография рассматривается в основном как скрининговый метод, с помощью которого выделяется группа детей, которые подлежат более глубокому РК-, МР-, протонно-спектроскопическому обследованию.

Сочетание современной рентгеновской и вычислительной техники обусловило создание принципиально нового метода – РКТ, с помощью которой можно получать послойное (через каждые 1–10 мм) изображение исследуемого объекта в аксиальной плоскости. Более сложные конструкции аппаратов для КТ позволяют получать изображения срезов и в других плоскостях.

РКТ, предложенная английским физиком Хаунсфилдом, в клинической практике впервые была применена в 1972 г. Компьютерный томограф соединяет в себе точную механику, электронику, вычислительную технику, уникальное по сложности математическое обеспечение, сверхстабильную рентгенотехнику.

В настоящее время стандартом РКТ является обследование с помощью многосрезового томографа с возможностью получения от 4 до 128 срезов с временным разрешением 0,1–0,5 (минимально доступная длительность одного оборота рентгеновской трубки составляет 0,3). Таким образом, длительность томографии всего тела с толщиной среза менее 1 мм составляет около 10–15 с, а результатом исследования являются от нескольких сотен до нескольких тысяч изображений. Фактически современная многосрезовая КТ является методикой объемного исследования всего тела человека, так как полученные аксиальные томограммы составляют трехмерный массив данных, позволяющий выполнить любые реконструкции изображений, в том числе многоплоскостные реформации, виртуальные эндоскопии, объемный рендеринг.

Применение контрастных препаратов при РКТ дает возможность повысить точность диагностики, а во многих случаях это является обязательным компонентом исследования. Для увеличения контрастности тканей применяют водорастворимые ионные и неионные йодсодержащие контрастные вещества. Высокая скорость сканирования, уменьшение толщины среза, необходимость четкой дифференциации сосудистых структур предъявляют новые требования к контрастным препаратам, что выражается в создании веществ с более высокой концентрацией йода и меньшей вязкостью.

Преимущества РКТ по сравнению с другими диагностическими методами компенсируют имеющиеся недостатки, что определяет высокую клиническую значимость метода [12, 31].

Основным преимуществом РКТ в сравнении с рентгенологическим исследованием является способность разделить объекты в соответствии с их расположением в направлении хода луча, т. е. избежать пространственного наложения. Второе важное преимущество – количественное измерение плотности тканей, что позволяет дифференцировать даже незначительно отличающиеся по плотности объекты. Недостатками РКТ являются более высокая доза облучения и стоимость проведения исследования. Так, доля КТ-исследований среди всех рентгенодиагностических процедур не превышает 4 %, однако их вклад в коллективную дозу облучения населения в некоторых странах достигает 40 %. Поэтому действующий в традиционной рентгенодиагностике принцип ALARA (*As low as reasonably achievable*), согласно которому доза облучения должна быть настолько низкой, насколько это возможно, – еще более актуален для РКТ.

В РКТ существует еще одно положение: доза облучения и качество изображения напрямую связаны друг с другом. При повышении дозы облучения качество КТ-изображения улучшается, при снижении – ухудшается. Поэтому для РКТ вышеприведенный принцип можно сформулировать так: доза облучения должна быть настолько низкой, насколько это возможно без снижения качества изображений ниже приемлемого уровня.

Основными показателями качества КТ-изображения являются: уровень шума, однородность, отсутствие артефактов, пространственная разрешающая способность, контрастная разрешающая способность [32].

РКТ является важной специальной методикой лучевого исследования, применение которой позволяет существенно повысить информативность рентгенологической диагностики заболеваний у детей [10, 33].

Для правильной оценки анатомических структур и выявления возможных аномалий необходимо хорошее пространственное разрешение, для чего в большинстве случаев следует выбирать срезы небольшой толщины (0,2–0,5 см) у новорожденных и детей первого года жизни, учитывая небольшой размер их головного мозга. При необходимости уточнения обнаруженных изменений в изучаемой области можно получать срезы толщиной 1 мм. При подозрении на опухоли, артериовенозные мальформации, а также при выявлении капсулы абсцесса может проводиться повторное обследование с применением контрастных препаратов. Новорожденным компьютерную томографию можно проводить после кормления без наркоза и премедикации [16].

В последнее десятилетие для исследования головного мозга новорожденных все чаще используют МРТ [14, 34].

Использование МРТ в диагностике поражений вещества головного мозга явилось важным прорывом в медицине, позволившим получить практически полную, однозначную визуальную картину состояния мозга на различных этапах его развития [7]. Современная структурная МРТ с применением тонких срезов дает возможность выявить минимальные анатомические изменения серого и белого вещества. Функциональные методы МРТ помогают визуализировать тонкие процессы работы центральной нервной системы. У детей раннего возраста с помощью МРТ проводят точную оценку процессов миелинизации и зрелости нервной системы. Все эти возможности МРТ имеют важное значение для диагностики врожденных и приобретенных (как правило, постгипоксических) изменений головного мозга [35, 36].

МРТ является сложной методикой нейровизуализации, обладающей высокой чувствительностью, что позволяет хорошо дифференцировать структуры головного мозга [16, 37].

МРТ основана на явлении ядерного магнитного резонанса. Суть этого явления сводится в основном к следующему: ядра химических элементов в твердом, жидком или газообразном веществе можно представить как быстро вращающиеся вокруг своей оси магниты. Если эти ядра-магниты поместить во внешнее магнитное поле, то оси вращения начнут прецессировать (вращаться вокруг направления силовой линии внешнего магнитного поля), причем скорость прецессии зависит от величины напряженности магнитного поля. Если при этом исследуемый образец облучить радиоволной, то при равенстве частоты радиоволны и частоты прецессии наступит резонансное поглощение энергии радиоволны «замагниченными» ядрами. После прекращения облучения образца ядра атомов будут переходить в первоначальное состояние (релаксировать), при этом энергия, накопленная при облучении, будет высвобождаться в виде электромагнитных колебаний, которые можно зарегистрировать с помощью специальной аппаратуры.

В медицинских томографах по ряду причин используется регистрация ЯМР на протонах – ядрах атомов водорода, входящих в состав молекулы воды. Используемый в МРТ метод чрезвычайно чувствителен даже к незначительным изменениям концентрации водорода.

Современные томографы позволяют методом сканирования получить томограммы в произвольно ориентированной плоскости без изменения положения пациента. При этом в МРТ-исследовании используются аналогичные КТ-принципы пространственного кодирования информации и обработки данных. Чем выше напряженность магнитного поля томографа, тем тоньше срезы можно сделать, тем точнее будет исследование, тем вернее будет результат. Большинство клинических магнитно-резонансных томографов содержат 0,5–1,5 Т магниты и лишь немногие – 3 Т. Более сильное магнитное поле может обеспечить дальнейшее детальное обследование. Время сканирования зависит от поставленных задач и параметров магнитно-резонансного томографа и составляет в среднем от 15 мин (для МРТ головы) до 60 мин. В конечном итоге на экране дисплея появляются изображения срезов исследуемой ткани, например ткани мозга.

Диагностический потенциал МРТ можно повысить путем предварительного введения контрастных веществ. В качестве вводимого в кровяное русло контрастного вещества обычно применяют элемент из группы редкоземельных металлов – гадолиний, обладающий свойствами парамагнетика.

При поражениях ЦНС с изменением физических и химических характеристик тканей головного мозга МРТ – более точный и специфичный метод исследования, чем РКТ [28].

Немаловажным преимуществом МРТ перед РКТ является возможность получения изображения в любой проекции: аксиальной, фронтальной, сагиттальной. Преимущество МРТ по сравнению с РКТ наиболее очевидно при исследовании тех отделов нервной системы, изображение которых нельзя получить с помощью РКТ из-за перекрытия исследуемой мозговой ткани прилежащими костными структурами (в частности, задней черепной ямкой). Кроме того, при МРТ можно различать недоступные РКТ изменения плотности ткани мозга, белое и серое вещество, выявлять поражение ткани мозга при демиелинизирующих заболеваниях нервной системы. МРТ позволяет исследовать ликворные пространства в динамике, изучать метаболические процессы в тканях мозга с помощью диффузионных и перфузионных изображений, а также МР-спектроскопии [10, 38].

Наибольшую ценность МРТ головного мозга приобретает в первый год жизни, так как именно в этот период развития ребенка аномалии (пороки) развития головного мозга без данных нейровизуализации могут трактоваться как внутриутробный менингоэнцефалит, гипоксическое или геморрагическое поражение нервной системы, объемные образования.

При проведении МРТ детям до 1 года используются общепринятые импульсные последовательности (спиновое эхо, градиентное эхо и инверсия-восстановление) и быстрые импульсные последовательности для проведения МР-миелографии (быстрое спиновое эхо, турбоспиновое эхо, последовательности для получения T2-взвешенных изображений с подавлением свободной жидкости и жировой ткани). Применение быстрых импульсных последовательностей позволяет сократить время исследования. Время релаксации тканей головного и спинного мозга у новорожденных и детей до 1 года больше, чем у детей старшего возраста или у взрослых. Поэтому для достижения оптимального тканевого контраста требуется увеличение времени релаксации и времени эхо, а для последовательностей типа быстрого спинового эхо и турбоспинового эхо – увеличение размерности серии эхо-сигналов, собираемых за одно возбуждение (турбофактор, или фактор ускорения) [16, 38].

Заключение. Приоритетность различных методов нейровизуализации в диагностике структурных изменений головного мозга у детей определяется как клиническими показаниями для проведения исследования, так и разрешающими возможностями методов.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Список использованных источников

1. Барашнев, Ю. И. Перинатальная неврология / Ю. И. Барашнев. – 2-е изд. – М. : Триада-Х, 2005. – 672 с.
2. Смирнова, Т. А. Нейросонография в диагностике церебральных поражений у детей с врожденной вирусной инфекцией / Т. А. Смирнова, М. Г. Храмушина // *Sonopace Int.* – 2002. – № 10. – С. 52–56.
3. Особенности заболеваемости и физического развития детей раннего возраста с перинатальными поражениями ЦНС в зависимости от уровня нервно-психического развития / О. М. Филькина [и др.] // *Паллиатив. медицина и реабилитация.* – 2010. – № 3. – С. 19–22.
4. Вельтищев, Ю. Е. Состояние здоровья детей и общая стратегия профилактики болезней : лекция для врачей : прил. к журн. «Российский вестник перинатологии и педиатрии» / Ю. Е. Вельтищев. – М., 1994. – 67 с.
5. Шабалов, Н. П. Неонатология : в 2 т. / Н. П. Шабалов. – 4-е изд., испр. и доп. – М. : МЕДпресс-информ, 2006. – Т. 1. – 608 с.
6. Нейровизуализация нарушений органогенеза головного мозга / А. К. Ахметбаева [и др.] // *Наука и здравоохранение.* – 2012. – № 5. – С. 73–76.
7. Белов, С. А. Магнитно-резонансная томография головного мозга детей в возрасте от периода новорожденности до 15 лет / С. А. Белов, В. И. Шумский, Т. А. Ахадов // *Альманах клин. медицины.* – 1999. – № 2. – С. 271–280.
8. Жукова, Л. И. Эхографическая картина воспалительных заболеваний головного мозга и их последствий у грудных детей / Л. И. Жукова, О. С. Зуева, Т. М. Рябов // *Охрана материнства и детства.* – 2013. – № 1 (21). – С. 59–63.
9. Дворяковский, И. В. Ультразвуковая анатомия здорового ребенка / И. В. Дворяковский. – М. : Фирма СТРОМ, 2009. – 384 с.
10. Лучевая диагностика в педиатрии / Национальный проект «Здоровье» ; ред.: А. Ю. Васильев, С. К. Терновой. – М. : ГЭОТАР-Медиа, 2010. – 368 с. – (Национальные руководства по лучевой диагностике и терапии).
11. Михайлов, М. К. Роль и место лучевой диагностики в современных условиях / М. К. Михайлов // *Практ. медицина.* – 2010. – № 2. – С. 15–19.
12. Терновой, С. К. Современная компьютерная томография в клинической медицине / С. К. Терновой, И. Ю. Насникова, С. П. Морозов // *Кремлев. медицина. Клин. вестн.* – 2008. – № 2. – С. 9–13.
13. Neonatal MRI to predict neurodevelopmental outcomes in preterm infants / L. J. Woodward [et al.] // *The New England J. of Med.* – 2006. – Vol. 355. – P. 685–694.

14. Клещенко, Е. И. Использование диффузионно-взвешенной магнитно-резонансной томографии для выявления гипоксически-ишемических поражений головного мозга у новорожденных / Е. И. Клещенко, Е. В. Шимченко, К. Ф. Голосеев // Педиатр. фармакология. – 2014. – Т. 11, № 1. – С. 69–73.
15. Ватолин, К. В. Ультразвуковая диагностика заболеваний головного мозга. Детская ультразвуковая диагностика / К. В. Ватолин ; под общ. ред. М. И. Пыкова, К. В. Ватолина. – М. : Видар, 2001. – 680 с.
16. Особенности применения методов лучевой диагностики в педиатрической практике / Г. Е. Труфанов [и др.] // Вестн. совр. клин. медицины. – 2013. – Т. 6, вып. 6. – С. 48–54.
17. Зубарева, Е. А. Нейросонография у детей раннего возраста / Е. А. Зубарева, Е. А. Улезко. – Минск : Парадокс, 2004. – 192 с.
18. Улезко, Е. А. Энцефалопатия новорожденных и родовая черепно-мозговая травма: клинико-нейрофизиологические исследования, дифференциальная диагностика, патоморфология, лечение / Е. А. Улезко, Г. Г. Шанько, М. К. Недзьведь. – Минск : Харвест, 2009. – 320 с.
19. Гринхальх, Т. Основы доказательной медицины : пер. с англ. / Т. Гринхальх. – М. : ГЭОТАР-МЕД, 2004. – 240 с.
20. Лютая, Е. Д. Лучевая диагностика в зеркале доказательной медицины / Е. Д. Лютая // Вестн. Волгоград. гос. мед. ун-та. – 2006. – № 4. – С. 20–26.
21. Боконбаева, С. Дж. Нейросонография недоношенных новорожденных детей с низкой массой тела при рождении / С. Дж. Боконбаева, Н. В. Вычигжанина // Вестн. Кыргыз.-рос. славян. ун-та. – 2011. – Т. 11, № 3. – С. 87–91.
22. Пальчик, А. Б. Гипоксически-ишемическая энцефалопатия новорожденных / А. Б. Пальчик, Н. П. Шабалов. – СПб. : Питер, 2000. – 224 с.
23. Rennie, J. M. Neonatal cerebral ultrasound / J. M. Rennie. – UK : Cambridge University Press, 2000. – 245 p.
24. Ультрасонография в нейрорепедиатрии. Новые возможности и перспективы : ультрасоногр. атлас / А. С. Иова [и др.]. – СПб. : Петровский и К^о, 1997. – 160 с.
25. Кривцова, Л. А. Методы нейровизуализации в построении прогноза исходов церебральной ишемии у детей первого года жизни / Л. А. Кривцова, В. В. Бельский // Вестн. новых мед. технологий. – 2013. – Т. 20, № 2. – С. 423–427.
26. Радченко, Е. В. Влияние внутриутробной гипоксии и внутриутробных инфекций на результаты нейросонографии и электроэнцефалографии у детей / Е. В. Радченко // Междунар. журн. эксперим. образования. – 2015. – № 5. – С. 39–40.
27. Клиническое руководство по ультразвуковой диагностике / под ред. В. В. Митькова, М. В. Медведева. – М. : Видар, 1997. – Т. 3. – 320 с.
28. Нейрорентгенология детского возраста / А. Н. Коновалов [и др.]. – М. : АНТИДОР, 2001. – 436 с.
29. White matter injury in the premature infant: a comparison between serial cranial sonographic and MR findings at term / T. E. Inder [et al.] // Am. J. Neuroradiol. – 2003. – Vol. 24, N 5. – P. 805–809.
30. Comparison of findings on cranial ultrasound and magnetic resonance imaging in preterm infants / E. F. Maalouf [et al.] // Pediatrics. – 2001. – Vol. 107, N 4. – P. 719–727.
31. Терновой, С. К. Развитие компьютерной томографии и прогресс лучевой диагностики / С. К. Терновой, В. Е. Сеницын // Терапевт. архив. – 2006. – № 1. – С. 10–13.
32. Хоружик, С. А. Показатели качества компьютерно-томографических изображений / С. А. Хоружик, И. Г. Тарутин, А. Н. Михайлов // Актуальные вопросы лучевой визуализации : сб. науч. работ, посвящ. 70-летию акад. Нац. акад. наук Беларуси А. Н. Михайлова и 55-летию каф. лучевой диагностики Белорус. мед. акад. последиплом. образования. – Минск : БелМАПО, 2006. – С. 28–33.
33. Pediatric CT: strategies to lower radiation dose / C. Zacharias [et al.] // Am. J. Roentgenol. – 2013. – Vol. 200, N 5. – P. 950–956.
34. Шестова, Е. П. Ценность рутинных МРТ-исследований головного мозга при двигательных нарушениях у детей раннего возраста (отсутствие доказательств – это еще не доказательство отсутствия) / Е. П. Шестова, С. К. Евтушенко, Е. А. Савченко // Междунар. неврол. журн. – 2014. – № 3 (65). – С. 176–177.
35. Аникин, А. В. Современные возможности магнитно-резонансной томографии в педиатрии / А. В. Аникин, М. З. Каркашадзе, Г. В. Кузнецова // Вопр. диагностики в педиатрии. – 2009. – № 2. – С. 50–54.
36. Возможности оценки моторных и сенсорных проводящих путей головного мозга с помощью диффузионно-тензорной трактографии у детей с детским церебральным параличом / А. М. Мамедьяров [и др.] // Вестн. Рос. акад. мед. наук. – 2014. – № 9–10. – С. 70–76.
37. Шехтман, А. Г. Применение метода магнитно-резонансной томографии в клинической оценке структур головного мозга в норме и при опухолевой патологии / А. Г. Шехтман, О. Я. Малыгина // Мед. альманах. – 2014. – № 5 (35). – С. 174–178.
38. Ринкк, П. А. Магнитный резонанс в медицине. Основной учебник Европейского форума по магнитному резонансу / П. А. Ринкк ; пер. с англ. В. Е. Сеницына, Д. В. Устюжанина ; под ред. В. Е. Сеницына. – М. : ГЭОТАР-МЕД, 2003. – 256 с.

References

1. Barashnev Iu. I. *Perinatal neurology*. Moscow, Triada-Kh Publ., 2005. 672 p. (in Russian).
2. Smirnova T. A., Khrameshina M. G. Neurosonography in the diagnosis of cerebral lesions in children with congenital viral infection. *Sonoace International*, 2002, no. 10, pp. 52–56 (in Russian).
3. Fil'kina O. M., Pykhtina L. A., Kocherova O. Iu., Shanina T. G., Kurbanova E. N. Peculiarities of morbidity and physical development of young children with perinatal lesions of the central nervous system depending on the level of neuropsy-

chological development. *Palliativnaia meditsina i reabilitatsiia* [Palliative Medicine and Rehabilitation], 2010, no. 3, pp. 19–22 (in Russian).

4. Vel'tishchev Iu. E. *The state of children's health and the overall strategy of disease prevention*. Moscow, 1994. 67 p. (in Russian).

5. Shabalov N. P. *Neonatology*: in 2 volumes, 4 th ed., revised and amended. Moscow, MEDpress-inform Publ., 2006, vol. 1. 608 p. (in Russian).

6. Ahmetbaeva A. K., Janchenko A. A., Rahimbekov A. V., Timofeeva K. V. Neurovisualization of disorders of brain organogenesis. *Nauka i zdavoohranenie* [Science and Public Health], 2012, no. 5, pp. 73–76 (in Russian).

7. Belov S. A., Shumskij V. I., Ahadov T. A. Magnetic resonance imaging of the brain of children aged from the neonatal period to 15 years. *Al'manah klinicheskoy meditsiny* [Almanac of Clinical Medicine], 1999, no. 2, pp. 271–280 (in Russian).

8. Zhukova L. I., Zueva O. S., Rjabov T. M. Echographic picture of inflammatory diseases of the brain and their effects in infants. *Ohrana materinstva i detstva* [Protection of Motherhood and Childhood], 2013, no. 1, pp. 59–63 (in Russian).

9. Dvorjakovskij I. V. *Ultrasonic anatomy of a healthy child*. Moscow, Firma STROM Publ., 2009. 384 p. (in Russian).

10. *Radiation diagnosis in pediatrics*, series: National guidelines on radiation diagnosis and therapy, National project «Health», ed.: A. Ju. Vasil'ev, S. K. Ternovoi. Moscow, GEOTAR-Media Publ., 2010. 368 p. (in Russian).

11. Mikhaylov M. K. The role and place of radiation diagnosis in modern conditions. *Prakticheskaya meditsina* [Practical Medicine], 2010, no. 2, pp. 15–19 (in Russian).

12. Ternovoi S. K., Nasnikova I. Iu., Morozov S. P. Modern computed tomography in clinical medicine. *Kremlevskaya meditsina. Klinicheskii vestnik* [The Kremlin Medicine. Clinical Bulletin], 2008, no. 2, pp. 9–13 (in Russian).

13. Woodward L. J., Anderson P. J., Austin N. C., Howard K., Inder T. E. Neonatal MRI to predict neurodevelopmental outcomes in preterm infants. *The New England Journal of Medicine*, 2006, vol. 355, no. 7, pp. 685–694. DOI: 10.1056/NEJMoa053792

14. Kleshchenko E. I., Shimchenko E. V., Goloseev K. F. The use of diffusion-weighted magnetic resonance imaging to detect hypoxic-ischemic brain lesions in newborns. *Pediatricheskaya farmakologiya* [Pediatric Pharmacology], 2014, vol. 11, no. 1, pp. 69–73 (in Russian).

15. *Ultrasound diagnosis of brain diseases. Children's ultrasound diagnosis*, under the general editorship of M. I. Pykov, K. V. Vatolin. Moscow, Vidar Publ., 2001. p. 680 (in Russian).

16. Trufanov G. E., Fokin V. A., Ivanov D. O., Riazanov V. V., Ipatov V. V., Skvortsova M. Iu., Nesterov D. V., Sadykova G. K., Mikhailovskaya E. M. Peculiarities of the application of methods of radiation diagnosis in pediatric practice. *Vestnik sovremennoy klinicheskoy meditsiny* [Bulletin of Modern Clinical Medicine], 2013, vol. 6, no. 6, pp. 48–54 (in Russian).

17. Zubareva E. A., Ulezko E. A. *Neurosonography in infants*. Minsk, Paradoks Publ., 2004. 192 p. (in Russian).

18. Ulezko E. A., Shan'ko G. G., Nedz'ved' M. K. *Encephalopathy of newborns and birth craniocerebral trauma: clinical and neurophysiological studies, differential diagnostics, pathomorphology, treatment*. Minsk, Kharvest Publ., 2009. 320 p. (in Russian).

19. Grinhal'h T. *Fundamentals of Evidence-Based Medicine*: translation from english. Moscow, GEOTAR-MED Publ., 2004. 240 p. (in Russian).

20. Ljutaja E. D. Radiodiagnosis in the mirror of evidence-based medicine. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo medicinskogo universiteta* [Bulletin of the Volgograd State Medical University], 2006, no. 4, pp. 20–26 (in Russian).

21. Bokonbaeva S. J., Vychigzhanina N. V. Neurosonography of preterm infants with low birth weight. *Vestnik Kyrgyzsko-rossijskogo slavjanskogo universiteta* [Bulletin of the Kyrgyz-Russian Slavic University], 2011, vol. 11, no. 3, pp. 87–91 (in Russian).

22. Pal'chik A. B., Shabalov N. P. *Hypoxic-ischemic encephalopathy of newborns: a guide for physicians*. St. Petersburg, Piter Publ., 2000. 224 p. (in Russian).

23. Rennie J. M. *Neonatal cerebral ultrasound*. UK, Cambridge University Press, 2000. 245 p.

24. Iova A. S., Garmashov Iu. A., Andrushchenko N. V., Pautnitskaia T. S. *Ultrasonography in neuropediatrics. New possibilities and perspectives: ultrasonographic atlas*. St. Petersburg, Petrovskii i K^o Publ., 1997. 160 p. (in Russian).

25. Krivtsova L. A., Bel'skii V. V. Methods of neuroimaging in the construction of the prognosis of outcomes of cerebral ischemia in children of the first year of life. *Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologii* [Bulletin of new medical technologies], 2013, vol. 20, no. 2, pp. 423–427 (in Russian).

26. Radchenko E. V. Influence of intrauterine hypoxia and intrauterine infections on the results of neurosonography and electroencephalography in children. *Mezhdunarodnyi zhurnal eksperimental'nogo obrazovaniia* [International Journal of Experimental Education], 2015, no. 5, pp. 39–40 (in Russian).

27. *Clinical guideline for ultrasound diagnostics*, ed.: B. V. Mit'kov, M. V. Medvedev. Moscow, Vidar Publ., 1997, vol. 3. 320 p. (in Russian).

28. Konovalov A. N., Kornienko V. N., Ozerova V. I., Pronin I. N. *Neuroradiology of childhood*. Moscow, ANTIDOR Publ., 2001. 436 p. (in Russian).

29. Inder T. E., Anderson N. J., Spencer C., Wells S., Volpe J. J. White matter injury in the premature infant: a comparison between serial cranial sonographic and MR findings at term. *American Journal of Neuroradiology*, 2003, vol. 24, no. 5, pp. 805–809.

30. Maalouf E. F., Duggan P. J., Counsell S. J., Rutherford M. A., Cowan F., Azzopardi D., Edwards A. D. Comparison of findings on cranial ultrasound and magnetic resonance imaging in preterm infants. *Pediatrics*, 2001, vol. 107, no. 4, pp. 719–727.

31. Ternovoj S. K., Sinicyn V. E. The development of computed tomography and the progress of radiodiagnosis. *Terapevticheskij arhiv* [Therapeutic Archive], 2006, no. 1, pp. 10–13 (in Russian).

32. Horuzhik S. A., Tarutin I. G., Mihajlov A. N. Quality indicators of computer tomography images. *Aktual'nye voprosy luchevoj vizualizacii : sbornik nauchnyh rabot, posvjashhemyj 70-letiju akademika Nacional'noj akademii nauk Belarusi A. N. Mihajlova i 55-letiju kafedry luchevoj diagnostiki Belorusskoj medicinskoj akademii poslediplomnogo obrazovanija* [Actual problems of radiation visualization: a collection of scientific works dedicated to the 70th anniversary of the academician of the National Academy of Sciences of Belarus A. N. Mikhailova and the 55th anniversary of the Department of Radiation Diagnostics of the Belarusian Medical Academy of Postgraduate Education]. Minsk, Belarusian Medical Academy of Postgraduate Education, 2006, pp. 28–33 (in Russian).

33. Zacharias C., Alessio A. M., Otto R. K., Iyer R. S., Philips G. S., Swanson J. O., Thapa M. M. Pediatric CT: strategies to lower radiation dose. *American Journal of Roentgenology*, 2013, vol. 200, no. 5, pp. 950–956. DOI: 10.2214/AJR.12.9026

34. Shestova E. P., Evtushenko S. K., Savchenko E. A. The value of routine brain MRI examinations for motor disabilities in young children (lack of evidence is not proof of absence). *Mezhdunarodnyj nevrologicheskij zhurnal* [International Neurological Journal], 2014, no. 3, pp. 176–177 (in Russian).

35. Anikin A. V., Karkashadze M. Z., Kuznetsova G. V. Modern possibilities of magnetic resonance imaging in pediatrics. *Voprosy diagnostiki v pediatrii* [Problems of Diagnosis in Pediatrics], 2009, no. 2, pp. 50–54 (in Russian).

36. Mamed'jarov A. A., Namazova-Baranova L. S., Ermolina Ju. V., Anikin A. V., Maslova O. A., Karkashadze M. Z., Klochkova O. A. Possibilities of evaluation of motor and sensory conductive pathways of the brain with the help of diffusion-tensor tractography in children with cerebral palsy. *Vestnik Rossijskoj akademii medicinskih nauk* [Bulletin of the Russian Academy of Medical Sciences], 2014, no. 9–10, pp. 70–76 (in Russian).

37. Shehtman A. G., Malygina O. Ja. The use of the method of magnetic resonance imaging in the clinical evaluation of brain structures in norm and in tumor pathology. *Medicinskij al'manah* [Medical Almanac], 2014, no. 5, pp. 174–178 (in Russian).

38. Rink P. A. *Magnetic resonance in medicine. The main textbook of the European Forum on Magnetic Resonance*, translation from English by V. E. Sinitsyna, D. V. Ustyuzhanin, edited by V. E. Sinitsyn. Moscow, GEOTAR-MED Publ., 2003. 256 p. (in Russian).

Информация об авторах

Марацкая Наталья Викторовна – мл. науч. сотрудник. Республиканский научно-практический центр «Мать и дитя».

(ул. Орловская, 66, 220053, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: maratskaya@gmail.com.

Девялтовская Маргарита Георгиевна – канд. мед. наук, заведующий лабораторией. Республиканский научно-практический центр «Мать и дитя» (ул. Орловская, 66, 220053, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: margo-medical@tut.by.

Бучель Юрий Юрьевич – заведующий отделением. Республиканский научно-практический центр «Мать и дитя» (ул. Орловская, 66, 220053, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: buchelyu@gmail.com.

Улезко Елена Альбертовна – д-р мед. наук, заместитель директора. Республиканский научно-практический центр «Мать и дитя» (ул. Орловская, 66, 220053, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: ulezco@tut.by.

Information about the authors

Natalia V. Maratskaya – Junior Researcher. Republican Scientific and Practical Center “Mother and Child” (66, Orlovskaya Str., 220053, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: maratskaya@gmail.com.

Margarita G. Devyaltovskaya – Ph. D. (Med.), Head of the Laboratory. Republican Scientific and Practical Center “Mother and Child” (66, Orlovskaya Str., 220053, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: margo-medical@tut.by.

Yuri Yu. Buchel – Head of the Department. Republican Scientific and Practical Center “Mother and Child” (66, Orlovskaya Str., 220053, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: buchelyu@gmail.com.

Elena A. Ulezko – D. Sc. (Med.), Deputy Director. Republican Scientific and Practical Center “Mother and Child” (66, Orlovskaya Str., 220053, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: ulezco@tut.by.