



Посмертная магнитно-резонансная томография плодов и новорожденных

Туманова У.Н., Щёголев А.И.

ФГБУ "Научный центр акушерства, гинекологии и перинатологии им. акад. В.И. Кулакова" Минздрава России, Москва, Россия

Postmortem Magnetic Resonance Tomography of Fetuses and Newborns

Tumanova U.N., Shchyogolev A.I.

Academician V.I. Kulakov Research Center of Obstetrics, Gynecology, and Perinatology, Moscow, Russia

Приведены данные литературы о применении магнитно-резонансной томографии (МРТ) для выявления патологических процессов у погибших плодов и умерших новорожденных. Показано, что выполнение посмертной МРТ позволяет провести объективный и четкий анализ патологических процессов с возможностью их документации и последующего анализа. Наиболее высокие показатели чувствительности и специфичности МРТ отмечаются при выявлении поражений головного и спинного мозга. Нередко результаты МРТ-исследования превосходят данные традиционной аутопсии. Отмечено, что посмертная МРТ не может являться альтернативой патологоанатомического вскрытия, поскольку не позволяет проводить гистологическое, микробиологическое и молекулярно-генетическое исследования образцов тканей и органов. МРТ должна использоваться как дополнение к патологоанатомическому исследованию, в том числе в качестве своеобразного гида для лучшего выявления патологии во время аутопсии.

Ключевые слова: аутопсия, магнитно-резонансная томография, плод, новорожденный.

Given the literature data on the use of magnetic resonance imaging (MRI) for the detection of pathological processes in the dead fetuses and dead newborns. It is shown that the implementation of postmortem MRI allows to an

objective and clear analysis of the pathological processes with their documentation and subsequent analysis. The highest indices of sensitivity and specificity of MRI were observed in the detection of lesions of the brain and spinal cord. Often the results of the MRI studies are superior to traditional autopsy data. It is noted that postmortem MRI cannot be the alternative for conducting autopsies, since it does not allow for histological, microbiological and molecular-genetic study of tissue samples and organs. MRI should be used as a complement to pathology examination, including as a kind of guide for better detection of pathology during autopsy.

Key words: autopsy, postmortem magnetic resonance imaging, fetus, newborn.

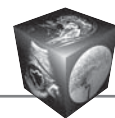
Развитие и совершенствование медицинского оборудования и методик исследования закономерно сопровождаются улучшением результатов диагностики и лечения. Однако наряду с этим снижается процент патологоанатомических вскрытий в случае летального исхода. В большей степени это относится к категории взрослых пациентов [1, 2]. Прискорбно, но во многих развитых странах также снижается и количество аутопсий мертворожден-

Для корреспонденции: Туманова Ульяна Николаевна – 117997 Москва, ул. Академика Опарина, д. 4. Научный центр акушерства, гинекологии и перинатологии им. акад. В.И. Кулакова. Тел. 8-495-438-28-92. E-mail: u.n.tumanova@gmail.com

Туманова Ульяна Николаевна – младший научный сотрудник 2-го патологоанатомического отделения ФГБУ "Научный центр акушерства, гинекологии и перинатологии им. акад. В.И. Кулакова" МЗ РФ, Москва; **Щёголев Александр Иванович** – доктор мед. наук, профессор, заведующий 2-м патологоанатомическим отделением ФГБУ "Научный центр акушерства, гинекологии и перинатологии им. акад. В.И. Кулакова" МЗ РФ, Москва.

Contact: Tumanova Ulyana Nikolaevna – 4, Akademik Oparin str., Moscow, Russian Federation, 117997. Academician V.I. Kulakov Research Center of Obstetrics, Gynecology, and Perinatology. Phone: +7-495-438-28-92, E-mail: u.n.tumanova@gmail.com

Tumanova Ulyana Nikolaevna – junior researcher of Morbid Anatomy Department Two of Academician V.I. Kulakov Research Center of Obstetrics, Gynecology, and Perinatology, Moscow; **Shchegolev Aleksandr Ivanovich** – doct. of med. sci., professor, Head of Morbid Anatomy Department Two of Academician V.I. Kulakov Research Center of Obstetrics, Gynecology, and Perinatology, Moscow.



ных и умерших новорожденных. Так, в США и Великобритании их доля составляет порядка 12 и 15% соответственно [2, 3]. Снижение количества аутопсийных исследований, несомненно, отражается на уменьшении и качестве информации о причинах нарушения беременности и гибели новорожденных, а также рекомендациях по планированию будущей беременности.

В связи с этим возрастает роль неинвазивных методов исследования, в частности посмертной лучевой диагностики. Действительно, последние годы характеризуются прогрессирующим увеличением числа посмертных лучевых исследований. Наибольшее их количество проведено в странах Европы. При этом посмертная радиография выполняется примерно в 80% наблюдений, посмертная КТ – в 50%, посмертная МРТ – в 38% [4].

Однако традиционная рентгенография в большинстве случаев была нерентабельна и имела низкие показатели диагностической эффективности, в связи с чем ее проведение рекомендуется лишь в определенных ситуациях: для выявления и уточнения выраженной скелетной дисплазии, оценки ядер окостенения, определения размеров костей в качестве показателей срока гестации [5].

Основными достоинствами посмертной КТ являются малое время исследования и возможность получения четких изображений костных структур, в том числе путем 3D-реконструкций [6, 7]. Данный метод более эффективен по сравнению с рентгенографией для анализа ядер окостенения и начальных этапов развития молочных зубов [8]. Кроме того, посмертная КТ позволяет визуализировать ряд смертельных осложнений, в частности внутримозговое и субарахноидальное кровоизлияние, расслоение и разрыв аорты [9, 10].

Цель исследования

Анализ возможностей посмертной МРТ в оценке патологических процессов и определении их роли в танатогенезе плодов и новорожденных.

Результаты первой попытки применения МРТ для исследования трупов были опубликованы в 1990 г. [11]. На основании сравнительного анализа 6 трупов (3 мертворожденных, 1 новорожденно-го и 2 тел взрослых пациентов) авторы сделали заключение, что эффективность МРТ сравнима с обычным аутопсийным исследованием в отношении выраженной патологии головного мозга, а также органов грудной и брюшной полости и превосходила ее при обнаружении воздуха и жидкости в полостях тела.

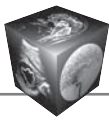
Одним из первых исследований, посвященных возможностям посмертной МРТ тел плодов, явля-

ется работа M.D. Roberts и соавт. [12]. На основании изучения 20 тел плодов авторы провели сравнительный анализ интенсивностей МРТ-сигнала в T1- и T2-режимах для различных органов и показали возможность МРТ-исследования для анализа формирующихся органов плодов с 14 нед гестации. Кроме того, были установлены МРТ-особенности сигнала интактных и фиксированных в формалине плодов. При этом практически все исследователи были едины во мнении, что наиболее высокие показатели чувствительности и специфичности МРТ отмечаются при выявлении поражений головного и спинного мозга.

Так, J.A.S. Brookes и соавт. в результате анализа 20 плодов и мертворожденных в 8 наблюдениях установили полное совпадение данных МРТ с результатами аутопсийного исследования [13]. В 8 случаях во время вскрытия было выявлено несколько больше патологических процессов по сравнению с МРТ. Однако у 4 плодов посмертная МРТ предоставила больше информации, чем было отмечено во время аутопсии. В 2 наблюдениях речь шла о поражении головного мозга: венрикуломегалии и двустороннем внутрижелудочковом кровоизлиянии. Кроме того, в результате МРТ в отличие от вскрытия были также выявлены гидроторакс при левосторонней диафрагмальной грыже.

По данным [14], диагноз венрикуломегалии во время посмертной МРТ был установлен примерно в половине наблюдений плодов, у которых она была выявлена в процессе последующего вскрытия.

Исследование P.D. Griffiths и соавт. было посвящено сравнительному анализу данных посмертной МРТ и результатов аутопсийного исследования головного мозга 40 плодов и мертворожденных [15]. К сожалению, в 8 наблюдениях морфологическое изучение осталось незаконченным из-за выраженных явлений аутолиза. В 28 из 32 наблюдений имелось полное совпадение результатов МРТ и морфологического исследования: в 11 случаях диагностировано нормальное строение и в 17 – патологические изменения. В результате МРТ были выявлены: венрикуломегалия (в 4 наблюдениях), миеломенингоцеле в сочетании с мальформацией Хиари (Chiari) 2 (4), мальформация Денди–Уокера (Dandy–Walker) (3), голопроэнцефалия (2), диастематомиелия (1), гипоксически-ишемическое поражение (1), а также разрыв артериовенозной мальформации (1) и кровоизлияние в зародышевый матрикс (1). Более того, в 4 наблюдениях в результате МРТ были выявлены изменения, отсутствующие в патологоанатомиче-



ских заключениях: парietальное энцефалоцеле с дисплазией коры лобной доли, вентрикуломегалия со стенозом силвиева водопровода, мальформация Денди–Уокера (Dandy–Walker) и кольцецефалия.

Важным достоинством посмертной МРТ считается возможность определять миграцию нейронов, а также формирование борозд и извилин, в том числе нормальное, что позволяет дифференцировать их с нарушениями формирования коркового вещества головного мозга [16]. На МРТ-сканах в T2-режиме кора больших полушарий головного мозга плода выглядит в виде узкой полоски гипointенсивного сигнала по сравнению с белым веществом. Аналогичные характеристики имеет и зародышевый матрикс по сравнению с желудочками мозга.

Именно благодаря посмертной МРТ P.D. Griffiths и соавт. установили роль задней черепной ямки в развитии аномалии Хиари (Chiari) в наблюдениях *spina bifida* [17]. Авторы показали, что увеличение размеров задней черепной ямки происходит раньше и в большей степени, чем мозжечка. В связи с этим внутриутробное выявление подобного несоответствия следует трактовать как нормальный этап развития головного мозга, а не гипоплазию мозжечка плода. E.H. Whitby и соавт. также отмечают, что толщина коры при посмертной МРТ всего тела плода меньше, чем при внутриутробном МРТ исследовании плода, в частности 1–2 мм по сравнению с 3–5 мм при сроке гестации 34 нед [16].

При МРТ достаточно хорошо выявляются и внутримозговые гематомы, хотя небольшие участки кровоизлияний могут маскироваться признаками сопутствующего отека головного мозга. При этом МРТ позволяет определить и давность кровоизлияния по степени преобразования гемоглобина в гемосидерин [18], что имеет особое значение при судебно-медицинском исследовании.

Говоря о возможностях посмертной МРТ в выявлении патологии головного мозга, следует добавить, что именно факт вскрытия полости черепа с последующим микроскопическим исследованием ткани головного мозга является основным мотивом для отказа в проведении патологоанатомического вскрытия. Полноценное морфологическое исследование ткани головного мозга плодов и умерших новорожденных возможно лишь после достаточно продолжительной (нередко в течение 2–3 нед) фиксации его в формалине. Исследование спинного мозга также является наиболее трудным во время аутопсии из-за его малых размеров и возможности повреждений при извлечении из костномозгового канала.

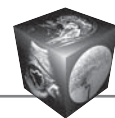
В то же время МРТ позволяет провести подробное исследование головного мозга без извлечения из полости черепа, равно как и спинного мозга – из спинномозгового канала, в ненарушенном состоянии [19]. При этом пороки развития центральной нервной системы являются одной из наиболее частых врожденных аномалий, составляя примерно 1 на 100 новорожденных, в случаях самопроизвольных аборт их частота еще больше [20]. Более того, пороки развития головного мозга являются причиной гибели примерно в 20% наблюдений от всех врожденных аномалий.

Существенным моментом является то, что проведение посмертной МРТ позволяет выявить признаки нарушения строения и повреждения ткани головного мозга даже в тех случаях, когда морфологическое его исследование было невозможно из-за явлений аутолиза. При этом достаточно хорошо выявляются очаговые поражения гипоксически-ишемической природы и диффузный отек головного мозга. Более того, по мнению некоторых авторов [21], возможности посмертной МРТ превосходят потенциал традиционного морфологического исследования головного и спинного мозга при анализе врожденных пороков развития и поражений центральной нервной системы плода и новорожденного.

В отношении МРТ-визуализации патологии сердца данные литературы неоднозначны. В ряде работ приводятся данные о достаточно низкой эффективности выявления поражений сердца. Так, M.E. Alderliesten и соавт. провели сопоставление результатов посмертной МРТ с данными аутопсийного исследования 26 погибших плодов. В 5 наблюдениях во время вскрытия были выявлены аномалии развития сердца (коарктация аорты, дефекты межжелудочковой и межпредсердной перегородки), которые не визуализировались при МРТ [22].

A.C. Breeze и соавт. проанализировали результаты сравнительного изучения 44 плодов, погибших на сроках гестации 16–40 нед [23]. В 4 наблюдениях во время аутопсии были выявлены врожденные пороки сердца, которые не визуализировались во время посмертной МРТ (коарктация аорты, дефекты межпредсердной и межжелудочковой перегородки). Однако в литературе имеется описание тяжелого комбинированного порока сердца (общего артериального ствола типа II в сочетании с дефектом межжелудочковой перегородки), установленного как при посмертной 1,5 Тл МРТ, так и аутопсии тела плода, погибшего на сроке 23 нед гестации [24].

Для справки: патологические изменения сердца отмечаются примерно в 35% вскрытых тел по-



гибших плодов [25], при этом только половина из них выявляется антенатально во время УЗИ беременных женщин [26]. Нарушения строения сердца встречаются и в 10% аутопсий внезапной детской смерти [26, 27]. В 84% таких случаев они расценивались в качестве первоначальной причины смерти [28], хотя прижизненно выявлялись лишь в 40% наблюдений [27].

Использование современных аппаратов и последующей методики обработки изображений позволило существенно улучшить выявляемость поражений сердца. Так, на основании проведенных исследований А.М. Taylor и соавт. приходят к заключению, что наиболее хорошие результаты (более высокая разрешающая способность) по выявлению патологии сердца достигаются при использовании высокоразрешающей МРТ с построением 3D-реконструкций, наименьшие показатели эффективности отмечаются при анализе изображений в T1-взвешенном режиме [29].

После выполнения 3D-реконструкций сердца при посмертной МРТ 400 плодов и погибших детей было сделано лишь два ложноотрицательных заключения в отношении врожденных аномалий сердца по сравнению с аутопсийными данными [30]. Речь шла о тетрадах Фалло у плодов со сроком гестации менее 24 нед. Наряду с этим при МРТ не был диагностирован небольшой дефект межжелудочковой перегородки. В 13 наблюдениях имелись ложноположительные заключения о структурных нарушениях сердца. Один из них касался сложного врожденного порока – трехпредсердного сердца. В остальных случаях отмечались дефекты межжелудочковой или межпредсердной перегородки, коарктация аорты, стеноз устья аорты и частичное нарушение венозного оттока. Примечательно, что все эти ошибочные заключения были сделаны на аппарате 1,5 Тл при изучении тел плодов, погибших преимущественно на сроках менее 24 нед гестации [31]. То есть диагностическая эффективность МРТ зависела от размеров плода, а соответственно его возраста.

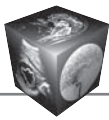
При этом использование аппарата 3 Тл позволило улучшить выявление патологических процессов, в том числе аномалий развития сердца. Так, I. Sandaite и соавт. оценили диагностические возможности 3 Тл посмертной МРТ для выявления пороков развития сердца у 24 плодов, погибших на сроках гестации 13–34 нед. В итоге МРТ позволила выявить сочетанные пороки сердца в 12 (92,3%) из 13 наблюдений, изолированные пороки сердца – в 6 (54,5%) из 11 и мальформации створок – в 7 (64%) из 11. Тем не менее в одном наблюдении сочетанного порока сердца у 15-недельного плода при МРТ была визуализи-

рована лишь декстрапозиция аорты, а во время вскрытия дополнительно были выявлены полный атриовентрикулярный канал и дефект межжелудочковой перегородки с аортой-наездником (overriding aorta). В 4 же наблюдениях не были диагностированы изолированные пороки сердца: дефекты межжелудочковой и межпредсердной перегородок, дисплазия створок клапанов аорты и легочной артерии, дисплазия трехстворчатого клапана. На основании проведенных сопоставлений авторы сделали заключение, что посмертная 3 Тл МРТ является достаточно эффективной для выявления аномалий развития сердца у плодов начиная с 16 нед гестации. При этом авторы предостерегают о существенных трудностях оценки внутрисердечных перегородок, в частности межпредсердной, из-за явлений мацерации и образования посмертных сгустков крови при увеличении времени внутриутробной гибели плода [32].

Еще более лучшие результаты в отношении врожденных аномалий развития сердца были продемонстрированы при использовании 9,4 Тл МРТ [33]. Использование такого оборудования позволило визуализировать не только локализацию сердца и нарушения его четырех полостей (с чувствительностью 66,7% и специфичностью 80,0%), но и патологию впадающих и отходящих кровеносных сосудов (с чувствительностью 75,0% и специфичностью 100,0%) у плодов, погибших на сроках гестации от 11 до 20 нед.

S. Thayyil и соавт. также показали более лучшие результаты 9,4 Тл МРТ – выявления патологии у плодов на сроках гестации 11–22 нед по сравнению с 1,5 Тл МРТ. Выполнение 9,4 Тл МРТ позволило визуализировать все изменения, выявленные во время аутопсийного исследования, а 1,5 Тл МРТ – лишь в 14 из 18 наблюдений [34].

Проведение посмертной МРТ позволяет достаточно четко выявить аномалии строения сердца, особенно при исследовании тел умерших детей, новорожденных или плодов со сроком гестации более 24 нед. Но данный метод не способен, к сожалению, визуализировать изменения миокарда при его воспалении. Действительно, по данным аутопсийного исследования тел 90 детей, умерших в возрасте 1–16 лет, в 8 наблюдениях в качестве первоначальной причины смерти был установлен миокардит, отсутствующий во всех заключениях посмертной МРТ [31]. Справедливости ради необходимо уточнить, что диагностика миокардита возможна лишь при тщательном микроскопическом исследовании препаратов ткани сердца. То есть в таких случаях необходимо взятие нескольких кусочков сердца для последующего гистологического исследования, что может быть



выполнено путем миниинвазивной лапароскопии или при помощи биопсийных игл.

Вместе с тем, по мнению M.E. Alderliesten и соавт., четкое определение комбинированного или сочетанного порока сердца, а также малых дефектов внутрисердечных перегородок во время посмертной МРТ является очень сложной задачей [22].

Характеризуя состояние сердечно-сосудистой системы, следует добавить, что проведение посмертной МРТ позволяет получить объективную характеристику прижизненного состояния крови и ее посмертного перераспределения [35]. Так, особенности седиментации крови в полостях сердца и просвете крупных сосудов, а также локализация внутренних трупных пятен могут использоваться для дифференциальной диагностики прижизненных и посмертных изменений. Особое значение это имеет при судебно-медицинском исследовании трупа, в частности для оценки изменений положения тела после смерти, поиске внутренних ранений и кровотечений [36, 37]. Различия в интенсивности T2-сигнала позволяют дифференцировать тромбы от посмертных сгустков крови. В свою очередь строение посмертных сгустков и свертков крови в определенной мере отражает особенности танатогенеза (быстрая или медленная смерть) [38, 39]. Справедливости ради надо отметить, что посмертные МРТ-исследования перераспределения крови проведены в основном у взрослых пациентов.

Посмертная МРТ показала лучшую эффективность по сравнению с аутопсией и в отношении выявления ряда посмертных изменений: скопления жидкости в полости перикарда и плевральной полости, внутрисердечных скоплений воздуха и сгустков крови. Наблюдающееся незначительное увеличение толщины стенок сердца также следует относить к группе посмертных изменений, а не к проявлению гипертрофии миокарда.

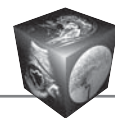
Наличие признаков воздуха в полостях сердца чаще всего трактуется как обычное посмертное изменение, хотя точные причины происхождения и клиническое значение внутрисердечного воздуха или газа, к сожалению, до конца не выяснены. В отсутствие процессов трупного гниения и разложения объем внутрисердечного воздуха, как правило, такой маленький, что он может выявляться лишь после введения внутрисосудистых контрастных препаратов или при КТ-исследовании, превосходящем в этом плане возможности нативной МРТ.

Несмотря на то что для выявления патологии легких целесообразней применять КТ, в литературе имеются работы, посвященные возможностям

МРТ. Так, во время посмертной МРТ наличие гиперинтенсивного сигнала в сегментах легкого отражало заполнение их амниотической жидкостью, что было подтверждено результатами гистологического исследования [24]. Тем не менее на основании изучения 30 плодов A.C. Breeze и соавт. установили, что показатели чувствительности и специфичности визуализации поражений легких составляют 2,5 и 87% соответственно [40].

Самое объемное исследование, включающее 400 наблюдений, провели O.J. Arthurs и соавт., в результате которого показатели чувствительности и специфичности посмертной МРТ составили 45 и 61% при исследовании тел погибших плодов и 30 и 97% – тел умерших новорожденных и детей соответственно [41].

Наиболее эффективной посмертная МРТ оказалась при выявлении гидроторакса и гипоплазии легких, где показатели чувствительности составляли 100 и 60% соответственно. В результате проведенных МРТ – морфологических сопоставлений авторы установили, что самый высокий процент совпадений наблюдается при исследовании тел детей, а наиболее худшие результаты – при изучении плодов на сроке гестации до 24 нед. Так, при посмертной МРТ тел погибших плодов в 23 (69,7%) из 33 наблюдений не были выявлены патологические процессы, отмеченные при последующей аутопсии. Основную долю (15 наблюдений) составили инфекционные поражения легких, гипоплазия легких – 4 случая, трахеопищеводный свищ – 2. Кроме того, в результате посмертной МРТ было установлено 5 ложноположительных заключений: в 3 наблюдениях – гипоплазия легкого и в 2 – гидроторакс. При анализе тел плодов, погибших на сроке гестации более 24 нед, в 9 наблюдениях во время МРТ не были диагностированы также инфекционные поражения легких и в 1 случае мацерированного плода – гипоплазия легкого. Ложноположительные заключения были сделаны в 9 наблюдениях: 4 – гидроторакса, 3 – гипоплазии легкого и 2 – очаговых поражений легкого. При посмертной МРТ тел умерших новорожденных и детей в возрасте до 16 лет не были правильно идентифицированы 34 (54,8%) патологии, в том числе 18 инфекционных поражений, 8 легочных кровотечений, 3 гидроторакса, 2 пищеводно-трахеальных свища и по 1 гипоплазии легкого, болезни гиалиновых мембран и легочной артериальной гипертензии. Вместе с тем было установлено 24 ложноположительных заключения, включая инфекционные поражения (18), гипоплазию легкого (2), очаговое поражение легкого (2), гидроторакс (1) и расширение пищевода (1) [41].



Характеризуя трудности МРТ в выявлении инфекционных поражений легкого, следует добавить, что посмертная лучевая диагностика пневмонии вообще очень затруднена за счет развивающихся процессов посмертного перераспределения крови и аутолиза. В связи с этим N.J. Sebire и соавт. предлагают проводить чрескожное или эндоскопическое взятие ткани легкого для последующего гистологического исследования [42].

Весьма информативным показателем морфофункционального состояния легких и соответственно степени легочной недостаточности является, на наш взгляд, определяемый в процессе МРТ так называемый легочно-грудной индекс Нюта [43].

Говоря о возможностях посмертной МРТ для выявления патологии легких, следует, видимо, остановиться на проблеме дифференциальной диагностики случаев мертворождения и смерти новорожденного после рождения. Наиболее остро данный вопрос стоит во время судебно-медицинской экспертизы. Основным способом определения живорождения во время аутопсийного исследования является проведение так называемых жизненных проб (легочной и желудочно-кишечной пробы). Пробы считаются положительными, если легкие и желудочно-кишечный комплекс плавают за счет наличия в них воздуха, свидетельствуя о том, что ребенок родился живым и дышал.

В связи с этим J.L. Barber и соавт. провели оценку аэрации легких при посмертной МРТ в 19 наблюдениях тел умерших новорожденных и 23 мертворожденных. Оказалось, что признак аэрации легких являлся достаточно эффективным показателем для дифференциальной диагностики мертворожденных и погибших после рождения, имея 89,5% чувствительность и 95,6% специфичность. При этом сами авторы отметили наличие ложноположительных и ложноотрицательных результатов, вследствие чего совпадение заключений посмертного МРТ-исследования и данных аутопсии составило 92,9% [44].

Почки, имеющие нормальное строение, характеризуются сигналом низкой интенсивности в области коркового вещества и высокой интенсивности в мозговом слое при T2-режиме. В связи с этим аномалии развития почек, особенно с кистозными изменениями, выявляются практически во всех случаях МРТ-исследования [45]. Однако точная верификация вида кистозного поражения почек, в том числе формы мультикистозной почечной дисплазии, возможна лишь при морфологическом изучении ткани органа.

В связи с этим на основании систематического анализа 6 предыдущих исследований S. Thayuil и соавт. приходят к заключению, что чувствитель-

ность и специфичность посмертной МРТ для выявления патологии почек составляют 73 и 99% соответственно [46].

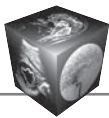
Вместе с тем диагностическая эффективность посмертной МРТ зависела главным образом от объекта исследования (плод или ребенок) [47]. Так, у плодов, погибших ранее 24 нед гестации, были установлены обструктивная уропатия, агенезия и дисплазия почки, кистозная болезнь почек. При этом не были выявлены дисплазия почки и кровоизлияния в надпочечник, а также сделаны ложноположительные заключения (расширение почечных лоханок и кровоизлияние в надпочечник).

У плодов, погибших после 24 нед гестации, были определены почечная дисплазия, кровоизлияния в надпочечник и спленомегалия. При этом не были диагностированы урогенитальный свищ, тромбоз почечной вены и кровоизлияние в надпочечник, а также сделаны ложноположительные заключения о кровоизлияниях в надпочечник и аспленизме. В группе умерших новорожденных и детей были верифицированы почечная дисплазия, обструктивная уропатия и кровоизлияния в надпочечник. Однако не были диагностированы острые некрозы коры почек и выявленное при микроскопическом исследовании кровоизлияние в надпочечник. Ложноположительные заключения касались почечной дисплазии и скопления жидкости в забрюшинном пространстве [47].

Частота выявления патологии кишечника, как и вообще органов брюшной полости, во время посмертной МРТ в первую очередь также зависит от срока гестации погибшего плода или возраста умершего ребенка. Наиболее высокие показатели ее чувствительности (77,1%) и специфичности (95,1%) отмечали при исследовании плодов гестационным возрастом не более 24 нед по сравнению с более зрелыми плодами, новорожденными и детьми [47].

Так, использование посмертной МРТ позволило выявить у плодов, погибших до 24 нед гестации, ряд патологических процессов в брюшной полости, в том числе гастрошизис, атрезию кишечника, транспозицию органов и подкапсульные гематомы печени. Однако не были диагностированы мальротация кишечника и дивертикул Меккеля, а также агенезия кишечника и подкапсулярная гематома печени. Кроме того, имелись и ложноположительные заключения: транспозиция органов и мальротация кишечника у 15-недельного плода и признаки водянки у 18-недельного плода [47].

При анализе тел плодов, погибших на сроке гестации более 24 нед, были выявлены отсутствие органов брюшной полости, гастрошизис, обструкция кишечника, гепатомегалия, крестцово-копчи-



ковая тератома. Одновременно не были диагностированы атрезия двенадцатиперстной кишки и дивертикул Меккеля, а также было сделано несколько ложноположительных заключений (обструкции/расширения петель кишечника и признаки незавершенного поворота кишечника). При посмертной МРТ тел умерших детей были верифицированы атрезия, мальротация петель кишечника, заворот кишки и некротический энтероколит. Тем не менее не были диагностированы наблюдения острого некроза ткани печени, а также сделаны ложноотрицательные заключения дилатации кишечника, инфаркта кишки, обструкции прямой кишки и дефекта передней брюшной стенки [46]. Весьма эффективным оказалось использование посмертной МРТ для анализа содержимого омфалоцеле [48].

Усредненные показатели диагностической точности посмертной МРТ для выявления патологии кишечника, рассчитанные на основании 6 предыдущих исследований, составили 60% для чувствительности и 98% для специфичности [46].

Характеризуя возможности посмертной МРТ для выявления патологии у погибших плодов, необходимо остановиться на процессах мацерации. Развитие процессов мацерации значительно затрудняет проведение традиционного аутопсийного исследования, в то же время выраженность этих процессов достаточно четко отражает давность внутриутробной гибели. Поэтому определение давности наступления смерти приобретает особое значение при исследовании тела мертворожденного.

По данным литературы, интенсивность сигнала в ткани печени и легких при посмертной МРТ в T2-режиме коррелирует с морфологическими показателями выраженности мацерации [49]. При этом МРТ-показатели не зависели от длительности времени, прошедшего с момента рождения до исследования в случае хранения трупа при низкой температуре, но имели обратную зависимость со сроком гестации. Нами также были изучены возможности посмертной МРТ для оценки выраженности мацерации и времени наступления внутриутробной гибели плода, в результате чего выявлены прямые положительные корреляции рассчитанного МРТ-показателя мацерированности и данных аутопсии. Наиболее высокие значения показателей корреляции установлены для ткани легких ($r = 0,99$, $p = 0,004$), бедренной мышцы ($r = 0,95$, $p = 0,003$) и головного мозга ($r = 0,94$, $p = 0,015$) [50].

Важным этапом каждого патологоанатомического вскрытия является определение размеров и массы внутренних органов. Подобные характеристики необходимы в первую очередь для выяв-

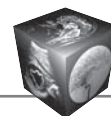
ления процессов задержки роста плода, а также диагностики гипоплазии органов, в частности легкого. Согласно данным литературы, в результате посмертной МРТ возможно достаточно четкое определение не только размеров, но массы органов [51].

Так, на основании исследования тел 30 плодов (на сроках гестации 14–42 нед), 5 умерших новорожденных и 30 детей (в возрасте от 1 мес до 16 лет) S. Thayuil и соавт. показали высокую (0,98–0,99) корреляцию между объемом (массой) внутренних органов, оцененным при посмертной МРТ, и их массой, полученной во время аутопсии. Несколько худшие значения отмечались в наблюдениях плодов массой менее 300 г или менее 20 нед гестации [52].

Для определения объемов печени, селезенки, сердца, тимуса, легких, почек и надпочечников авторы использовали полуавтоматический метод выделения, основанный на контрастности изображений, полученных в T2-взвешенном режиме. Выделение контуров щитовидной и поджелудочной желез осуществляли в ручном режиме на T1-взвешенных изображениях. На основании проведенных сопоставлений авторами дополнительно были установлены и значения плотности внутренних органов: печени (1,01), селезенки (1,03), сердца (0,98), тимуса (1,1), почек (1,05) и надпочечников (0,87). При этом легкие плода (1,05) имели меньшую плотность, чем в наблюдениях детей (0,9).

Поскольку эффективность посмертной МРТ-диагностики в определенной мере зависит от вида аппарата и используемых параметров, то мы солидарны с мнением С. Votino и соавт. о необходимости разработки специальных протоколов исследования, учитывающих тип используемого оборудования, а также режимы и программы сканирования [53]. Действительно, А.М. Taylor и соавт. пришли к выводу о необходимости использования отдельных протоколов при анализе погибших плодов и тел умерших детей [31]. А.С. Breeze и соавт. рекомендуют различные параметры для исследования головы и туловища [23].

Заключая анализ возможностей посмертной МРТ, следует добавить, что основными положительными моментами такого исследования считаются отсутствие необходимости учета полученной дозы радиологического воздействия с возможностью многократного исследования, неподвижность тела, исключающую ряд артефактов, а также придание необходимого положения конечностей и всего тела для лучшей визуализации патологических процессов, что особенно важно при проведении судебно-медицинской экспертизы трупа [19, 54].



Заключение

Вышеприведенные данные убедительно свидетельствуют, что выполнение посмертной МРТ тел погибших плодов и умерших новорожденных позволяет провести объективный и четкий анализ патологических процессов с возможностью их документации и последующего анализа. Результаты исследования нередко превосходят данные традиционной аутопсии, занимая при этом существенно меньший промежуток времени. Однако посмертная МРТ не может являться, на наш взгляд, альтернативой патологоанатомического вскрытия, поскольку не позволяет проводить гистологическое, микробиологическое и молекулярно-генетическое исследование образцов тканей и органов. Поэтому метод МРТ должен использоваться как дополнение к патологоанатомическому исследованию, в том числе в качестве своеобразного гида для лучшего выявления патологии во время аутопсии.

Список литературы / References

1. Мишнев О.Д., Кравченко Э.В., Трусов О.А., Щеголев А.И. Показатели работы патологоанатомической службы взрослой сети лечебно-профилактических учреждений Министерства здравоохранения и социального развития Российской Федерации в 2000–2004 гг. М., 2004. 100 с.
Mishnev O.D., Kravchenko E.V., Trusov O.A., Shchyogolev A.I. Indicators of pathological services of adult medical institutions network of Ministry of Health and Social Development of Russia in 2000–2004. Moscow, 2004. 100 p. (In Russian)
2. Shojania K.G., Burton E.C. The vanishing nonforensic autopsy. *New Engl. J. Med.* 2008; 358: 873–875.
3. Sieswerda-Hoogendoorn T., van Rijn R.R. Current techniques in postmortem imaging with specific attention to paediatric applications. *Pediatr. Radiol.* 2010; 40: 141–152.
4. Arthurs O.J., van Rijn R.R., Sebire N.J. Current status of paediatric post-mortem imaging: an ESPR questionnaire-based survey. *Pediatr. Radiol.* 2014; 44: 244–251.
5. Olsen O.E. Radiography following perinatal death: a review. *Acta Radiol.* 2006; 47: 91–99.
6. Myers J.C., Okoye M.I., Kiple D. et al. Three-dimensional (3-D) imaging in post-mortem examinations: elucidation and identification of cranial and facial fractures in victims of homicide utilizing 3-D computerized imaging reconstruction techniques. *Int. J. Legal. Med.* 1999; 113: 33–37.
7. Туманова У.Н., Федосеева В.К., Ляпин В.М. и др. Посмертная компьютерная томография мертворожденных с костной патологией. *Медицинская визуализация.* 2013; 5: 110–120.
Tumanova U.N., Fedoseeva V.K., Liapin V.M. et al. Computed Tomography of Stillborn with Bone Pathology. *Meditinskaya vizualizatsiya.* 2013; 5: 110–120 (In Russian)
8. Sakurai T., Michiue T., Ishikawa T. et al. Postmortem CT investigation of skeletal and dental maturation of the fetuses and newborn infants: a serial case study. *Forensic Sci. Med. Pathol.* 2012; 8: 351–357.
9. Hamano J., Shiotani S., Yamazaki K. et al. Postmortem computed tomographic (PMCT) demonstration of fatal hemoptysis by pulmonary tuberculosis – radiological-pathological correlation in a case of rupture of Rasmussen's aneurysm. *Radiat. Med.* 2004; 22: 120–122.
10. Tumanova U.N., Fedoseeva V.K., Liapin V.M. et al. Opportunities postmortem multislice computer tomography. *Pathology. J. Royal Coll. Pathol. Australia.* 2014; 46 (S. 2): 77.
11. Ros P.R., Li K.C., Vo P. et al. Preautopsy magnetic resonance imaging: initial experience. *Magn. Reson. Imaging.* 1990; 8: 303–308.
12. Roberts M.D., Lange R.C., McCarthy S.M. Fetal anatomy with magnetic resonance imaging. *Magn. Reson. Imaging.* 1995; 13: 645–649.
13. Brookes J.A.S., Hall-Craggs M.A., Sams V.R., Lees W.R. Non-invasive perinatal necropsy by magnetic resonance imaging. *Lancet.* 1996; 348: 1139–1141.
14. Sebire N.J., Miller S., Jacques T.S. et al. Post-mortem apparent resolution of fetal ventriculomegaly: evidence from magnetic resonance imaging. *Prenat. Diagn.* 2013; 33: 360–364.
15. Griffiths P.D., Variend D., Evans M. et al. Postmortem MR imaging of the fetal and stillborn central nervous system. *Am. J. Neuroradiol.* 2003; 24: 22–27.
16. Whitby E.H., Paley M.N., Cohen M., Griffiths P.D. Post-mortem fetal MRI: What do we learn from it? *Europ. J. Radiol.* 2006; 57: 250–255.
17. Griffiths P.D., Wilkinson I.D., Variend S. et al. Differential growth rates of the cerebellum and posterior fossa assessed by post-mortem magnetic resonance imaging of the fetus: implications for the pathogenesis of the Chiari 2 deformity. *Acta Radiol.* 2004; 45: 236–242.
18. Jackowski C., Schweitzer W., Thali M. et al. Virtopsy: postmortem imaging of the human heart in situ using MSCT and MRI. *Forensic. Sci. Int.* 2005; 149: 11–23.
19. Коков Л.С., Кинле А.Ф., Синицын В.Е., Филимонов Б.А. Возможности компьютерной и магнитно-резонансной томографии в судебно-медицинской экспертизе механической травмы и скоропостижной смерти (обзор литературы). *Журнал им. Н.В. Склифосовского. Неотложная медицинская помощь.* 2015; 2: 16–26.
Kokov L.S., Kinle A.F., Sinityn V.Y., Filimonov B.A. Possibilities of computed tomography and magnetic resonance imaging in forensic medical examination of mechanical trauma and sudden death (a literature review). *Zhurnal im. N.V. Sklifosovskogo. Neotlozhnaya meditsinskaya pomoshch.* 2015; 2: 16–26. (In Russian)
20. Pinar H., Tatevosyants N., Singer D.B. Central nervous system malformations in a perinatal/neonatal autopsy series. *Pediatr. Dev. Pathol.* 1998; 1: 42–48.
21. Huisman T.A. Magnetic resonance imaging: an alternative to autopsy in neonatal death? *Semin. Neonatol.* 2004; 9: 347–353.
22. Alderliesten M.E., Peringa J., van der Hulst V.P.M. et al. Perinatal mortality: clinical value of postmortem magnetic resonance imaging compared with autopsy in routine obstetric practice. *Br. J. Obstet. Gynaecol.* 2003; 110: 378–382.
23. Breeze A.C., Jessop F.A., Set P.A. et al. Minimally-invasive fetal autopsy using magnetic resonance imaging and percutaneous organ biopsies: clinical value and comparison to conventional autopsy. *Ultrasound. Obstet. Gynecol.* 2011; 37: 317–323.
24. Mühler M.R., Rake A., Schwabe M. et al. Truncus arteriosus communis in a midtrimester fetus: comparison of prenatal ultrasound and MRI with postmortem MRI and autopsy. *Eur. Radiol.* 2004; 14: 2120–2124.



25. Grant E.K., Evans M.J. Cardiac findings in fetal and pediatric autopsies: a five-year retrospective review. *Pediatr. Dev. Pathol.* 2009; 12: 103–110.
26. Dancea A., Cote A., Rohlicek C. et al. Cardiac pathology in sudden unexpected infant death. *J. Pediatr.* 2002; 141: 336–342.
27. Tegnander E., Williams W., Johansen O.J. et al. Prenatal detection of heart defects in a non-selected population of 30,149 fetuses – detection rates and outcome. *Ultrasound Obstet. Gynecol.* 2006; 27: 252–265.
28. Byard R.W. Unexpected infant death: occult cardiac disease and sudden infant death syndrome – how much of an overlap is there? *J. Pediatr.* 2002; 141: 303–305.
29. Taylor A.M., Arthurs O.J., Sebire N.J. Postmortem cardiac imaging in fetuses and children. *Pediatr. Radiol.* 2015; 45: 549–555.
30. Thayyil S., Sebire N.J., Chitty L.S. et al. Post-mortem MRI versus conventional autopsy in fetuses and children: a prospective validation study. *Lancet.* 2013; 382: 223–233.
31. Taylor A.M., Sebire N.J., Ashworth M.T. et al. Postmortem Cardiovascular Magnetic Resonance Imaging in Fetuses and Children: A Masked Comparison Study With Conventional Autopsy. *Circulation.* 2014; 129: 1937–1944.
32. Sandaite I., Dymarkowski S., De Catte L. et al. Fetal heart pathology on postmortem 3-T magnetic resonance imaging. *Prenat. Diagn.* 2014; 34: 223–229.
33. Votino C., Jani J., Verhoye M. et al. Postmortem examination of human fetal hearts at or below 20 weeks' gestation: a comparison of high-field MRI at 9.4T with lower-field MRI magnets and stereomicroscopic autopsy. *Ultrasound Obstet. Gynecol.* 2012; 40: 437–444.
34. Thayyil S., Cleary J.O., Sebire N.J. et al. Post-mortem examination of human fetuses: a comparison of whole-body high-field MRI at 9.4T with conventional MRI and invasive autopsy. *Lancet.* 2009; 374: 467–475.
35. Jackowski C., Thali M., Aghayev E. et al. Postmortem imaging of blood and its characteristics using MSCT and MRI. *Int. J. Legal. Med.* 2006; 120: 233–240.
36. Roberts I.S., Benbow E.W., Bisset R. et al. Accuracy of magnetic resonance imaging in determining cause of sudden death in adults: comparison with conventional autopsy. *Histopathology.* 2003; 42: 424–430.
37. Jackowski C., Thali M., Aghayev E. et al. Postmortem imaging of blood and its characteristics using MSCT and MRI. *Int. J. Legal. Med.* 2006; 120: 233–240.
38. Barkhausen J., Hunold P., Eggebrecht H. et al. Detection and characterization of intracardiac thrombi on MR imaging. *Am. J. Roentgenol.* 2002; 179: 1539–1544.
39. Imaizumi T., Chiba M., Honma T., Niwa J. Detection of hemosiderin deposition by T2*-weighted MRI after subarachnoid hemorrhage. *Stroke.* 2003; 34: 1693–1698.
40. Breeze A.C., Cross J.J., Hackett G.A. et al. Use of a confidence scale in reporting postmortem fetal magnetic resonance imaging. *Ultrasound Obstet. Gynecol.* 2006; 28: 918–924.
41. Arthurs O.J., Thayyil S., Olsen O.E. et al. Diagnostic accuracy of post-mortem MRI for thoracic abnormalities in fetuses and children. *Eur. Radiol.* 2014; 24: 2876–2884.
42. Sebire N.J., Weber M.A., Thayyil S. et al. Minimally invasive perinatal autopsies using magnetic resonance imaging and endoscopic postmortem examination ("keyhole autopsy"): feasibility and initial experience. *J. Matern. Fetal. Neonatal. Med.* 2012; 25: 513–518.
43. Туманова У.Н., Быченко В.Г., Ляпин В.М. и др. Врожденная диафрагмальная грыжа у новорожденного: МРТ – патоморфологические сопоставления. *Медицинская визуализация.* 2014; 8: 72–83.
44. Tumanova U.N., Vychenko V.G., Liapin V.M. et al. Congenital diaphragmatic hernia in a newborn: MRI – pathomorphological comparisons. *Meditsinskaya vizualizatsiya.* 2014; 8: 72–83 (In Russian).
45. Barber J.L., Sebire N.J., Chitty L.S. et al. Lung aeration on post-mortem magnetic resonance imaging is a useful marker of live birth versus stillbirth. *Int. J. Legal. Med.* 2015; 129: 531–536.
46. Woodward P.J., Sohaey R., Sams V.R., Brookes J.A.S. Postmortem magnetic resonance imaging as an adjunct to perinatal autopsy for renal-tract abnormalities. *Arch. Dis. Child. Fetal. Neonatal.* 2007; 92: F215–F218.
47. Thayyil S., Chandrasekaran M., Chitty L.S. et al. Diagnostic accuracy of post-mortem magnetic resonance imaging in fetuses, children and adults: a systematic review. *Eur. J. Radiol.* 2010; 75: e142–e148.
48. Arthurs O.J., Thayyil S., Owens C.M. et al. Diagnostic accuracy of post mortem MRI for abdominal abnormalities in fetuses and children. *Eur. J. Radiol.* 2015; 84: 474–481.
49. Федосеева В.К., Туманова У.Н., Ляпин В.М. и др. Посмертная лучевая диагностика мертворожденных и умерших новорожденных. *Невский радиологический форум-2014; Под ред. А.Ю.Васильева. СПб.: ЭЛБИ-СПб., 2014: 304–305.*
50. Fedoseeva V.K., Tumanova U.N., Lyapin V.M. et al. Postmortem radiology of stillbirths and newborns. *Neveskijradiologicheskij forum – 2014. Ed. A.Ju. Vasilev. SPb.: JeLBI-SPb, 2014: 304–305 (In Russian).*
51. Lally P.J., Arthurs O., Addison S. et al. Estimating maceration severity using whole body magnetic resonance T2 relaxometry. *Arch. Dis. Child. Fetal. Neonatal.* 2014; 99 (Suppl. 1): A92–A93.
52. Tumanova U., Lyapin V., Voevodin S. et al. Postmortem MRI to determine the time of intrauterine fetal death. *Virchows Arch.* 2015; 467 (S. 1): 27.
53. Votino C., Verhoye M., Segers V. et al. Fetal organ weight estimation by postmortem high-field magnetic resonance imaging before 20 weeks' gestation. *Ultrasound Obstet. Gynecol.* 2012; 39: 673–678.
54. Thayyil S., Schievano S., Robertson N.J. et al. A semi-automated method for non-invasive internal organ weight estimation by post-mortem magnetic resonance imaging in fetuses, newborns and children. *Eur. J. Radiol.* 2009; 72: 321–326.
55. Votino C., Jani J., Verhoye M. et al. Postmortem examination of human fetal hearts at or below 20 weeks' gestation: a comparison of high-field MRI at 9.4 T with lower-field MRI magnets and stereomicroscopic autopsy. *Ultrasound Obstet. Gynecol.* 2012; 40: 437–444.
56. Щеголев А.И., Туманова У.Н. Роль магнитно-резонансной томографии в определении танатогенеза. *Криминалистика: прошлое, настоящее, будущее: достижения и перспективы развития. М.: Академия Следственного комитета Российской Федерации, 2014: 369–372.*
57. Shchyogolev A.I., Tumanova U.N. Role of magnetic resonance imaging in tanatogenesis determining. *Criminalistics: past, present, future – achievements and prospects of development. Moscow: Academy of the Investigative Committee of the Russian Federation, 2014: 369–372. (In Russian).*