

УДК 614.2

DOI: 10.56871/MHCO.2025.25.62.013

Организация рентгенологической помощи новорожденным с врожденными пороками развития за рубежом: состояние, преимущества и проблемы

© Карина Евгеньевна Моисеева¹, Адиса Анзоровна Гажева¹,
Галина Львовна Микиртичан¹, Виталий Анатольевич Резник¹, Анна Николаевна Тайц¹,
Виктория Вадимовна Юрьева², Галина Анатольевна Сусллова¹,
Денис Владимирович Заславский¹, Анна Алексеевна Заступова¹,
Николай Вячеславович Белохов¹

¹ Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет. 194100, г. Санкт-Петербург, ул. Литовская, д. 2, Российская Федерация

² Детский городской многопрофильный клинический центр высоких медицинских технологий им. К.А. Раухфуса. 191036, г. Санкт-Петербург, Лиговский пр., д. 8, Российская Федерация

Контактная информация: Карина Евгеньевна Моисеева — д.м.н., профессор кафедры общественного здоровья и здравоохранения. E-mail: karina-moiseeva@yandex.ru ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3476-5971> SPIN: 9105-6669

Для цитирования: Моисеева К.Е., Гажева А.А., Микиртичан Г.Л., Резник В.А., Тайц А.Н., Юрьева В.В., Сусллова Г.А., Заславский Д.В., Заступова А.А., Белохов Н.В. Организация рентгенологической помощи новорожденным с врожденными пороками развития за рубежом: состояние, преимущества и проблемы. Медицина и организация здравоохранения. 2025;10(1):136–146. DOI: <https://doi.org/10.56871/MHCO.2025.25.62.013>

Поступила: 30.01.2025

Одобрена: 06.03.2025

Принята к печати: 28.03.2025

РЕЗЮМЕ. Используя возможности диагностической визуализации у новорожденных, медицинские работники могут добиться раннего выявления, своевременного вмешательства и персонализированных подходов к лечению. В настоящее время за рубежом при организации рентгенологической помощи новорожденным актуальным является соблюдение строгих стандартов безопасности, использование современного адаптированного для работы с новорожденными оборудования, дифференцированный подход к проведению диагностики с учетом возраста и вида заболевания, постоянное внедрение инновационных методов обследования, использование телемедицины и электронных медицинских записей для оптимизации процесса диагностики и обмена информацией между учреждениями, а также мультидисциплинарный подход к диагностике и лечению. В Европе и Америке активно проводятся исследования по улучшению методов визуализации и разработке новых подходов к диагностике заболеваний у новорожденных, включая применение альтернативных методов. В то же время рентгенография не теряет своей актуальности. При широких диагностических возможностях рентгеновского исследования у детей первого месяца жизни его используют с осторожностью из-за возможного негативного воздействия на детский организм рентгеновских лучей. Врачи назначают рентгенографию в исключительных случаях, когда нет альтернативы применения других методов и минусы обследования ничтожно малы по сравнению с постановкой неправильного диагноза.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: рентгенологическая помощь, рентгенологические исследования, магнитно-резонансная томография, компьютерная томография, новорожденные, врожденные пороки развития, рентгенологическое излучение

Organization of X-ray care for newborns with congenital defects abroad: status, advantages and problems

© Karina E. Moiseeva¹, Adisa A. Gazheva¹, Galina L. Mikirtichan¹,
Vitaly A. Reznik¹, Anna N. Taitis¹, Victoria V. Yuryeva², Galina A. Suslova¹,
Denis V. Zaslavsky¹, Anna A. Zastupova¹, Nikolai V. Belokhov¹

¹ Saint Petersburg State Pediatric Medical University. 2 Lithuania, Saint Petersburg 194100 Russian Federation

² Children's City Multidisciplinary Clinical Center of high medical technologies named after K.A. Raukhfus. 8 Ligovsky ave., Saint Petersburg 191036 Russian Federation

Contact information: Karina E. Moiseeva — Doctor of Medical Sciences, Professor of the Department of Public Health and Healthcare. E-mail: karina-moiseeva@yandex.ru ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3476-5971> SPIN: 9105-6669

For citation: Moiseeva KE, Gazheva AA, Mikirtichan GL, Reznik VA, Taitis AN, Yuryeva VV, Suslova GA, Zaslavsky DV, Zastupova AA, Belokhov NV. Organization of X-ray care for newborns with congenital defects abroad: status, advantages and problems. *Medicine and Health Care Organization*. 2025;10(1):136–146. (In Russian). DOI: <https://doi.org/10.56871/MHCO.2025.25.62.013>

Received: 30.01.2025

Revised: 06.03.2025

Accepted: 28.03.2025

ABSTRACT. Using the capabilities of diagnostic imaging in newborns, health care workers can achieve early detection, timely intervention and personalized approaches to treatment. Currently, when organizing X-ray care for newborns abroad, it is important to comply with strict safety standards, use modern equipment adapted for working with newborns, a differentiated approach to diagnostics taking into account the age and type of disease, constant introduction of innovative examination methods, ample use of telemedicine and electronic medical records to optimize the diagnostic process and exchange of information between institutions, as well as a multidisciplinary approach to the diagnosis and treatment of newborns. In Europe and America, research is actively carried out to improve visualization methods and develop new approaches to diagnosing diseases in newborns, including the use of alternative methods. At the same time, radiography does not lose its relevance. Despite the wide diagnostic capabilities of X-ray examination in children of the first month of life, it is used with caution due to the possible negative impact of X-rays on the child's body. Doctors prescribe X-rays in exceptional cases when there is no alternative to using other methods and the disadvantages of the examination are negligible compared to making an incorrect diagnosis.

KEYWORDS: X-ray care, X-ray examinations, magnetic resonance imaging, computed tomography, newborns, congenital malformations, X-ray radiation

По сведениям Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), а также согласно данным популяционных исследований, частота встречаемости врожденных пороков развития (ВПР) у новорожденных детей составляет в среднем от 3 до 6%, что является причиной их смерти (до 25% случаев) и инвалидизации (до 50% случаев) [1]. В настоящее время проведено множество научных исследований, посвященных обоснованию методов и средств быстрой и качественной инструментальной диагностики отклонений в состоянии здоровья детей первого месяца жизни. Диагностическая визуализация является мощным инструментом в охране здоровья детей младенческого возраста, обеспечивая раннее выявление заболеваний, своевременное вмешательство и персонализированные подходы к лечению. Используя методы диагностической визуализации, адаптированные к уникальным потребностям новорожденных, специалисты здравоохранения могут улучшить качество жизни детей и их семей [2].

Рентгенологические исследования (РЛИ) основаны на использовании рентгеновского излучения, представляющего определенную опасность для живых организмов. В настоящее время при проведении классического рентгена, спиральной компьютерной томографии (КТ) необходимо учитывать дозу облучения для снижения его влияния на организм новорожденного [3–5]. Рентгенологическим сообществом рекомендовано использовать лучи мощностью менее 50 мГр (5 рад) для наименьшего облучения [6–11].

Метод РЛИ был впервые использован для изучения состояния костей более 100 лет назад. С этого момента он спас бесчисленное количество жизней и помог сделать целый ряд важных открытий. Рентгеновские лучи — это естественная форма электромагнитного излучения, встречающаяся не только в медицинских учреждениях, но и в природе. Они образуются при столкновении обладающих достаточной энергией заряженных частиц с различными материалами [6, 12–14].

Несмотря на то что рентгенография является одним из старейших методов диагностики, она до сих пор остается наиболее часто применяемой. При этом с развитием новых технологий в европейских клиниках стандартное РЛИ заменил более совершенный цифровой рентген, который обеспечивает значительное снижение дозы облучения при проведении процедуры. Как показал ряд проведенных исследований, новые стандарты цифровой рентгенологии позволили уменьшить дозы рентгеновского излу-

чения на 90% [3, 12]. Цифровой формат дает возможность врачу просматривать изображение сразу после проведения процедуры, увеличивать интересующую область изображения, повышать его контрастность и четкость.

Классический рентген, спиральная КТ и магнитно-резонансная томография (МРТ) являются наиболее часто используемыми методами дополнительного исследования для выявления ВПР, оценки динамики лечения, при планировании хирургического лечения, а также для дальнейшего прогнозирования течения заболевания новорожденных. РЛИ незаменимы при диагностике ряда заболеваний, среди которых дыхательные расстройства новорожденного (врожденная пневмония, синдром аспирации меконием и др.), переломы, онкологические заболевания, а также при проведении исследований брюшной полости и органов малого таза.

По данным ВОЗ, в практике врачей-неонатологов, реаниматологов-анестезиологов и хирургов наиболее часто требуется проведение дополнительных методов исследования (РЛИ, КТ, МРТ) для диагностики следующих заболеваний или патологических состояний:

- заболевания органов грудной полости (кистозно-аденоматозная дисплазия легких, секвестрация легочной ткани и др.);
- болезни костно-мышечной системы (врожденная диафрагмальная грыжа (истинная/ложная) и др.);
- заболевания органов брюшной полости и забрюшинного пространства (атрезия пищевода, дуоденальная непроходимость, атрезии кишечника (тонкого/толстого), атрезия ануса и др.);
- патология передней брюшной стенки (гастрошизис (внутриутробная эквентрация внутренних органов через дефект передней брюшной стенки), омфалоцеле (грыжа пупочного канатика) и др.);
- заболевания органов малого таза (каликопиелозктазия, уретерогидронефроз, кистозная дисплазия, мультикистоз, мегауретер и др.);
- онкологические заболевания (тератома, лимфангиома, гемангиома и др.) [15–21].

Наблюдаемый в последнее десятилетие рост лечебно-диагностических возможностей практического здравоохранения по выхаживанию и лечению недоношенных и больных новорожденных повлек значительное увеличение использования РЛИ у детей первого месяца жизни. В большинстве развитых стран при организации рентгенологической помощи новорожденным придерживаются семи правил и рекомендаций,

которые, прежде всего, направлены на обеспечение безопасности и эффективности медицинского обследования ребенка [22–24].

1. *Соблюдение клинических протоколов.* В медицинских учреждениях разработаны строгие протоколы для диагностики и лечения новорожденных с использованием рентгенологических технологий. Они учитывают возраст, вес и состояние ребенка, чтобы минимизировать облучение.

2. *Проведение исследований в специализированных центрах.* РЛИ новорожденных часто проводятся в специализированных детских больницах или отделениях, где работают врачи-анестезиологи и рентгенологи, имеющие опыт работы с детьми.

3. *Минимизация облучения.* Используются современные рентгенографические технологии, такие как низкодозная рентгенография, а также альтернатива рентгену, например ультразвуковое исследование (УЗИ). Проводится также регулярная калибровка и обслуживание оборудования для обеспечения безопасности.

4. *Специальное обучение медицинского персонала.* Врачи и медсестры проходят специальные тренинги по обращению с новорожденными и принципы радиационной безопасности.

5. *Обязательное информирование родителей.* Родителям объясняются показания к РЛИ, риски и преимущества, а также способы уменьшения стресса для ребенка во время процедуры.

6. *Осуществление исследования командой специалистов.* Для обеспечения качественной диагностики и лечения требуется совместная работа врачей-неонатологов, рентгенологов, медицинских физиков и других специалистов.

7. *Соблюдение стандартов.* Все медицинские учреждения должны соблюдать федеральные и государственные стандарты, а также рекомендации профессиональных ассоциаций, таких как Американский колледж радиологии (American College of Radiology — ACR) и Американская академия педиатрии (American Academy of Pediatrics — AAP).

В педиатрической практике США рентгенография применяется все реже из-за потенциального риска, связанного с ионизирующим излучением, даже при минимальных дозах. Современные УЗИ и МРТ позволяют получить детальную информацию о состоянии внутренних органов без вреда для здоровья новорожденного [25–27]. Однако в некоторых случаях, например при травмах костей или подозрении на опухоли костей, рентген остается самым эффективным методом диагностики. В таких ситуациях врачи тщательно взвешивают все риски и пользу

процедуры, выбирая наиболее информативный и безопасный метод обследования для каждого конкретного пациента [3, 28]. Очень часто причиной проведения диагностики становятся родовые травмы, когда только рентген позволяет установить характер и объем повреждений. Рентгенографию проводят также после падения ребенка с высоты, например с пеленального столика, кровати и т.д.

Классический рентген не является единственным методом лучевой диагностики различных состояний у детей первого месяца жизни [29–31]. За рубежом для более детальной оценки заболеваний или состояний новорожденных часто используют такие методы, как спиральная КТ, а также МРТ [12]. Первые коммерческие магнитно-резонансные томографы (МР-томографы) появились в 1983 г., тогда же было опубликовано в журнале *The Lancet* письмо Франка В. Смита и его коллег о полученных ими первых МР-томограммах беременной [32]. Начатая ими исследовательская работа способствовала экспоненциальному росту интереса к развитию и совершенствованию методик МРТ в клинической практике врачей [33, 34]. Технический прогресс за последнее десятилетие вывел МРТ в первую линию неинвазивных методов нейро- и кардиовизуализации. Данная методика инструментального исследования имеет ряд преимуществ перед другими томографическими методами, прежде всего из-за отсутствия ионизирующего облучения, что особенно значимо при исследовании новорожденных [35–37]. Немаловажным обстоятельством является также отсутствие необходимости использования контрастных веществ благодаря высокой чувствительности методики МРТ к скорости тока крови [1]. МРТ позволяет проводить повторные исследования с сохранением прежних параметров сканирования, заданных при проведении первоначального МР-исследования. У младенцев они проводятся с использованием анестезии. В то же время данный метод имеет ряд недостатков при обследовании новорожденных, связанных не только с оценкой определенных структур визуализируемой области, но и с длительным временем сканирования, что увеличивает время интубации и анестезии [1, 24, 37–39]. Вместе с тем в ряде исследований указывается, что при некоторых заболеваниях и ВПР сердца и магистральных сосудов наиболее предпочтительным методом дополнительного исследования является КТ-ангиография, которая во многом более информативна, чем МР-ангиография [32, 36, 40–42].

Еще одна обсуждаемая проблема — это получение качественной диагностической инфор-

мации при минимизации лучевой нагрузки на ребенка для максимально информативного снимка с первой попытки [1, 40, 43, 44]. В отличие от взрослых, новорожденного сложно зафиксировать в нужной позе, поэтому при рентгенографии используются специальные приспособления, позволяющие без повторных процедур получить качественный снимок. Правильные методы позиционирования и иммобилизации имеют важное значение для минимизации артефактов движения. Специалисты-рентгенологи используют иммобилизационные устройства, такие как мешки с песком, лейкопластыри или специально разработанные детские иммобилизаторы, чтобы гарантировать, что ребенок остается в нужном положении в течение всего времени рентгеновского облучения. Современные американские клиники предлагают новейшие решения для самых маленьких пациентов. Специальные передвижные рентгенографические стойки с люльками позволяют проводить исследования новорожденных и детей до двух лет в комфортных и безопасных условиях. Люлька, способная перемещаться в трех плоскостях, обеспечивает надежную фиксацию ребенка, что позволяет получить четкие и информативные снимки. Благодаря этой технологии врачи могут быстро и точно поставить диагноз, назначить необходимое лечение и обеспечить здоровье маленьких пациентов [38, 45, 46].

В настоящее время в Америке и Европе действуют четко установленные принципы организации и развития рентгенологической помощи новорожденным, среди которых выделяют 8 основных аспектов.

1. *Стандарты безопасности.* В обоих регионах существует строгая норма по облучению детей, особенно новорожденных. Используются низкодозовые рентгеновские технологии, которые минимизируют риск радиационного облучения. Применяются специальные защитные экраны и фартуки.

2. *Специфика оборудования.* Важно использование специализированного оборудования, адаптированного для работы с новорожденными. Это может включать портативные рентгенографические аппараты, которые позволяют проводить исследования непосредственно в отделении интенсивной терапии.

3. *Подход к диагностике.* В обоих регионах уделяется большое внимание раннему выявлению заболеваний. Например, рентгенография может использоваться для диагностики различных патологий легких, а также для оценки состояния костной системы.

4. *Мультидисциплинарный подход.* Важно, чтобы рентгенологи работали в тесном взаимодействии с другими медицинскими специалистами, такими как неврологи, хирурги и педиатры, для обеспечения комплексного подхода к диагностике и лечению новорожденных.

5. *Обучение и подготовка персонала.* Существуют программы подготовки и дополнительного обучения для рентгенологов, которые работают с новорожденными. Это обеспечивает высокую квалификацию специалистов и их готовность к работе с особыми случаями.

6. *Этика и семья.* Вопросы этики и согласия на процедуры также являются важными аспектами. В некоторых случаях могут быть предусмотрены методы для уменьшения стресса и тревожности у новорожденных и их семей при проведении рентгенологических исследований.

7. *Интеграция технологий.* Использование телемедицины и электронных медицинских записей для оптимизации процесса диагностики и обмена информацией между учреждениями также становится все более распространенным.

8. *Исследования и инновации.* В Европе и Америке активно проводятся исследования по улучшению методов визуализации и новым подходам к диагностике заболеваний у новорожденных, включая использование, когда это возможно, альтернативных методов, таких как УЗИ или МРТ.

Европейские ученые-фотоники разработали новый алгоритм обработки изображений — автокоррекция, позволяющий уменьшить рассеяние рентгеновских лучей, что означает, что дети могут получать более безопасные, высококонтрастные и низкие дозы рентгеновских лучей. Благодаря инновационному «программному обеспечению для подавления рассеяния» врачи смогли получить цифровые рентгеновские изображения с низким уровнем излучения без использования противорассеивающих решеток [2, 47]. Когда проводится рентген или КТ, луч попадает в тело и отражается или «рассеивается» внутри. Этот процесс рассеяния создает «шум» и приводит к потере качества изображения, в результате чего получаемые рентгеновские лучи кажутся размытыми, поскольку рассеянный сигнал может мешать основному контрасту особенностей тела пациента, таких как кости или органы [48]. Однако контрастность изображения можно улучшить, противодействуя рассеянию с помощью «антирассеивающей сетки» (металлической пластины из свинцовых полос, которая создает параллельные лучи света). В то же время эта решетка обычно требует более вы-

сокой дозы рентгеновского излучения и может быть опасна для новорожденных [49–51].

В современных условиях, несмотря на развитие рентгенологических аппаратов, все еще наиболее актуальной проблемой в этой сфере является безопасность детей, в особенности новорожденных [3, 52, 53]. Это связано с тем, что все органы и системы ребенка в первый месяц жизни находятся в наиболее активном периоде роста и развития, а прямое воздействие рентгеновских лучей может нанести организму различную степень поражения и даже вызвать серьезные последствия. Знания о защите новорожденных от рентгеновского облучения при проведении РЛИ должны быть широко распространены среди врачей. При назначении рентгенологического обследования врачи должны всесторонне проанализировать состояние ребенка и обязательно взвесить все «за» и «против». Каждое РЛИ новорожденного должно иметь четко обоснованную причину. Кроме того, необходимо рационализировать методы их проведения. Для детей с клиническими показаниями следует выбирать фотообследования с низкими дозами облучения, большим количеством диагностической информации и высокой достоверностью, избегая флюороскопических исследований [54].

Поскольку у детей более маленький размер тела и более низкая плотность тканей, то разумная оптимизация технических условий может уменьшить низкоэнергетическое рентгеновское излучение, которое препятствует формированию полезных изображений, тем самым снижая дозу облучения кожи и желез у детей. И поэтому следует максимально использовать фотосъемку с высокими киловольтами (кВ), низкими миллиамперами (мА) и коротким временем (с), а также обеспечить ее относительно большое расстояние (м). При каждом облучении следует тщательно выбирать центральное положение, чтобы контролировать поле излучения до минимально необходимого диапазона, и держать край поля излучения как можно дальше от чувствительных тканей.

Согласно рекомендациям Американского детского рентгенологического центра (Нью-Йорк), при выборе рентгенологического аппарата для обследования новорожденных с целью его защиты от облучения следует уделять особое внимание наличию эффективных экранирующих материалов. Целесообразно применение таких методов, как контактное, теневое или формованное экранирование. Например, половые железы, щитовидная железа, грудь девочки, хрусталик глаза и костный мозг должны

быть максимально защищены свинцовым фартуком с алюминиевым эквивалентом толщиной 0,5 мм, чтобы минимизировать площадь воздействия [36, 44, 46, 55].

Таким образом, для сведения радиационной опасности к минимуму и эффективного улучшения уровня защиты новорожденных при проведении рентгеновских работ от врачей требуется соблюдение основных принципов радиационной защиты, среди которых:

- полное понимание особенностей проведения рентгеновского обследования у детей;
- широкая пропаганда знаний о защите ребенка от рентгеновского контроля и использование технологий рентгеновского контроля рациональным образом;
- оптимизация технических условий воздействия;
- рациональный выбор положения тела ребенка при исследовании и строгий контроль поля облучения;
- повышенное внимание к экранированию и защите для гарантии низкого повреждения непроверяемых частей;
- повышение технического уровня радиационного персонала и устранение ошибок технической эксплуатации [2, 28, 38, 55].

Кроме того, при организации рентгеновского контроля сотрудники должны добросовестно выполнять свои обязанности, постоянно повышать свой профессиональный уровень и осведомленность о защите пациентов от облучения, а также уделять должное внимание защите здоровья персонала, применяя с этой целью новые радиационные технологии.

Соответственно, в настоящее время за рубежом при организации рентгенологической помощи новорожденным актуальным является соблюдение строгих стандартов безопасности, использование современного адаптированного для работы с новорожденными оборудования, дифференцированный подход к проведению диагностики с учетом возраста и вида заболевания, постоянное внедрение инновационных методов обследования, использование телемедицины и электронных медицинских записей для оптимизации процесса диагностики и обмена информацией между учреждениями, а также мультидисциплинарный подход к диагностике и лечению новорожденных. В Европе и Америке активно проводятся исследования по улучшению методов визуализации и разработке новых подходов к диагностике заболеваний у новорожденных. В то же время рентгенография не теряет своей актуальности. Однако при широких диагностических возможностях рент-

геновского исследования у детей первого месяца жизни его используют с осторожностью из-за возможного негативного воздействия на детский организм рентгеновских лучей. В этой связи особое значение приобретает оценка соотношения вреда и пользы, а также строгое обоснование и дозирование лучевой нагрузки.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Вклад авторов. Все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Источник финансирования. Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования.

ADDITIONAL INFORMATION

Author contribution. Thereby, all authors made a substantial contribution to the conception of the study, acquisition, analysis, interpretation of data for the work, drafting and revising the article, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the study.

Competing interests. The authors declare that they have no competing interests.

Funding source. This study was not supported by any external sources of funding.

ЛИТЕРАТУРА

- Makri T., Yakoumakis E., Papadopoulou D. et al. Radiation risk assessment in neonatal radiographic examinations of the chest and abdomen: a clinical and Monte Carlo dosimetry study. *Phys Med Biol.* 2006;51:5023–5033.
- Hassan B. Infant Radiography: Techniques and Considerations. *Pediatrician.* 2006;36(2):126–35. DOI: 10.1007/s00247-006-0220-4.
- Daniel B., Smith C. Neonatal imaging: Safety and efficacy considerations. *Pediatric Radiology.* 2020;26(2):e66–e72. DOI: 10.1016/j.radi.2019.10.013.
- Armpila C.I., Fife I.A.J., Croasdale P.L. Radiation dose quantities and risk in neonates in a special care baby unit. *Br J Radiol.* 2002;75:590–595. DOI: 10.1259/bjr.75.895.750590.
- Baird R., Tessier R., Guilbault M.P., Puligandla P., Saint-Martin C. Imaging, radiation exposure, and attributable cancer risk for neonates with necrotizing enterocolitis. *J Pediatr Surg.* 2013;48:1000–1005. DOI: 10.1016/j.jpedsurg.
- Smans K., Struelens L., Smet M., Bosmans H., Vanhaver F. Patient dose in neonatal units. *Radiat Protect Dosimetry.* 2008;131(1):143–147. DOI: 10.1093/rpd/ncn237.
- Pearce M.S., Salotti J.A., Little M.P., McHugh K. et al. Radiation exposure from CT scans in childhood and subsequent risk of leukaemia and brain tumours: a retrospective cohort study. *Lancet.* 380(9840):499–505. DOI: 10.1016/S0140-6736(12)60815-0.
- Baysson H., Réhel J.L., Boudjemline Y., Petit J. et al. Risk of cancer associated with cardiac catheterization procedures during childhood: a cohort study in France. *BMC Public Health.* 2013;13:266. DOI: 10.1186/1471-2458-13-266.
- Yu C.C. Radiation safety in the neonatal intensive care unit: too little or too much concern. *Pediatr Neonatol.* 2010;5(6):311–319. DOI: 10.1016/S1875-9572(10)60061-7.
- Faulkner K., Barry J.L., Smalley P. Radiation dose to neonates on a special care baby unit. *Br J Radiol.* 62(735):230–233. DOI: 10.1259/0007-1285-62-735-230.
- Longo M., Genovese E., Donatiello S., Cassano B. et al. Quantification of scatter radiation from radiographic procedures in a neonatal intensive care unit. *Pediatr Radiol.* 2018;48(5):715–721. DOI: 10.1007/s00247-018-4081-4.
- Sjöberg P., Hedström E., Fricke K., Frieberg P. et al. Comparison of 2D and 4D Flow MRI in Neonates Without General Anesthesia. 2023;57(1):71–82. DOI: 10.1002/jmri.28303.
- Hall E.J. Radiation biology for pediatric radiologists. *Pediatr Radiol.* 2009;39(1):S57–64. DOI: 10.1007/s00247-008-1027-2.
- Olgar T., Onal E., Bor D., Okumus N. et al. Radiation exposure to premature infants in a neonatal intensive care unit in Turkey. *Korean J Radiol.* 2008;9(5):416–419. DOI: 10.3348/kjr.2008.9.5.416.
- Gislason-Lee AJ. Patient X-ray exposure and ALARA in the neonatal intensive care unit: Global patterns. 2021;62(1):3–10. DOI: 10.1016/j.pedneo.2020.10.009.
- Liu S., Chen J., Huang S., Chen T., et al. Analysis of the results of computed tomography of the C7 pedicle and lateral mass in children aged 0 to 14 years. *Ann Anat.* 2025;257:152349. DOI: 10.1016/j.aanat.2024.152349.
- Di Gaeta E., Verspoor F., Savci D., Donner N. et al. Extracranial lymphoma of natural killer/T cells of skeletal muscles. *Skeletal Radiol.* 2024;54(1):141–146. DOI: 10.1007/s00256-024-04680-w.
- Locke A., Kanekar S. Visualization in premature infants. *Clin Perinatol.* 2022;49(3):641–655. DOI: 10.1016/j.clp.2022.06.001.
- Xia Yu., Yang M., Qian T., Zhou J. et al. Prediction of feeding difficulties in newborns with hypoxic-ischemic encephalopathy using radiological signs obtained by magnetic resonance imaging. *Pediatrician. Radiol.* 2024;54(12):2036–2045. DOI: 10.1007/s00247-024-06065-6.

20. Su Y.T., Chen Y.S., Ye L.R., Chen S.V. et al. Unnecessary radiation during diagnostic radiography in infants in the neonatal intensive care unit: retrospective cohort study research. *Eur J Pediatr.* 2023;182(1):343–352. DOI: 10.1007/s00431-022-04695-2.
21. Sookpeng S., Martin C.J. The determination of coefficients for size specific effective dose for adult and pediatric patients undergoing routine computed tomography examinations. *J Radiol Prot.* 2024;44(3). DOI: 10.1088/1361-6498/ad6faa.
22. Inoue Y., Mori M., Ito H., Mitsui K. et al. Age-related changes in the effective dose of CT scans of the brain in children: a comparison of assessment methods. *Tomography.* 2023;10(1):14–24. DOI: 10.3390/tomography10010002.
23. Kibrom B.T., Manyazewal T., Demma B.D., Feleke T.H. et al. New technologies in pediatric radiology: current developments and prospects for the future. *Pediatrician. Radiol.* 2024;54(9):1428–1436. DOI: 10.1007/s00247-024-05997-3.
24. Reyes M., Mayer R., Pereira S., Silva K.A. et al. On the interpretability of artificial intelligence in radiology: problems and opportunities. *Radiol Artif Intell.* 2020;2(3):e190043. DOI: 10.1148/ryai.2020190043.
25. Ono K., Akahane K., Aota T., Hada M. et al. Neonatal doses from X ray examinations by birth weight in a neonatal intensive care unit. *Radiation protection and dosimetry.* 2003;103(2):155–162. DOI: 10.1093/oxfordjournals.rpd.a006127.
26. Liu J., Lovrenski J., Ye Hlaing A., Kurepa D. Lung diseases in newborns: lung ultrasound or chest X-ray. *J Matern Fetal Neonatal Med.* 2021;34(7):1177–1182. DOI: 10.1080/14767058.2019.1623198.
27. Иванов Д.О., Моисеева К.Е., Юрьев В.К., Межидов К.С., Шевцова К.Г., Алексеева А.В., Яковлев А.В., Харбедия Ш.Д., Карайланов М.Г., Сергиенко О.И., Заступова А.А. Роль качества диспансерного наблюдения в период беременности в снижении младенческой смертности. *Медицина и организация здравоохранения.* 2023;8(4):4–15. DOI: 10.56871/MHCO.2023.28.69.001.
28. Oka Pernas R., Fernandez Canton G. Direct MR arthrography without image guidance: a practical guide to joints. *Skeletal Radiol.* 2024;54(1):17–26. DOI: 10.1007/s00256-024-04709-0.
29. Sharafi A., Arpinar V.E., Nenka A.S., Koch K.M. Development and analysis of the stability of hand kinematic parameters using 4D magnetic resonance imaging. *Skeletal Radiol.* 2024;54(1):57–65. DOI: 10.1007/s00256-024-04687-3.
30. Zoghbi W.A. Cardiovascular imaging: a glimpse of the future. *Methodist debakey cardiovasc.* 2014;10(3):139–45. DOI: 10.14797/mdcj-10-3-139.
31. Шабалов Н.П., Иванов Д.О., Цыбульский Э.К. и др. Неонатология. Т. 2. М.: МЕДпресс-информ; 2004. EDN: QLGBMN.
32. Dupont T., Idir M.A., Hossu G., Sirvo F. et al. Signs of adhesive capsulitis of the shoulder joint on MRI: analysis of potential differences and improved diagnostic criteria. *Skeletal Radiol.* 2024;54(1):77–86. DOI: 10.1007/s00256-024-04677-5.
33. Forleo K., Carella M.K., Basile P., Mandunzio D. et al. Role magnetic resonance imaging in cardiomyopathy in the light of new recommendations: emphasis on tissue mapping. *J Clin Med.* 2024;13(9):2621. DOI: 10.3390/jcm13092621.
34. Rakha S., Batuti N.M., Abdelrahman A., El-Deri A.A. Multimodal imaging for complex noninvasive diagnosis of the aorto-left ventricular tunnel in infants. *Echocardiography.* 2024;41(1):e15761. DOI: 10.1111/echo.15761.
35. Moscatelli S., Pergola V., Motta R., Fortuny F. et al; Working Group on Congenital Heart Defects, Prevention of cardiovascular Diseases in Childhood of the Italian Society cardiologists (SIC). Multimodal visualization in Fallot tetralogy: from diagnosis to long-term follow-up. *Children (Basel).* 2023;10(11):1747. DOI: 10.3390/children10111747.
36. Ganti V.G., Gazi A.H., An S., Srivatsa A.V. et al. Assessment of stroke volume in congenital heart defects using wearable seismocardiography. *Journal of the American Heart Association.* 2022;11(18):e026067. DOI: 10.1161/JAHA.122.026067.
37. Androulakis E., Mohiaddin R., Bratis K. Magnetic resonance coronary angiography in the era of multimodal imaging. *Clin Radiol.* 2022;77(7):e489–e499. DOI: 10.1016/j.crad.2022.03.008.
38. Islam S., Parra-Farinas K., Mutusami P., Shroff M. Access to the subarachnoid space of the spinal cord in children using neuroimaging. *Neuroimaging Clin N Am.* 2024;35(1):155–165. DOI: 10.1016/j.nic.2024.08.007.
39. Косулин А.В., Елякин Д.В., Охлопкова Е.И., Придатко О.Г., Клыбанская Ю.В., Дворецкий В.С. Хирургическое лечение врожденного кифоза на фоне множественных пороков развития позвонков. *Педиатр.* 2018;9(1):112–117. DOI: 10.17816/PED91112-117.
40. Cheng Z. Low-dose prospective ECG-triggering dual-source CT angiography in infants and children with complex congenital heart disease: first experience. *Eur radiol.* 2010;20:2503–2511.
41. Nugraha H.G., Agustina M., Nataprawira H.M. Diagnostic difficulties in type IV hiatal hernia: a look at visualization. *Radiol Case Rep.* 2024;20(1):437–441. DOI: 10.1016/j.radcr.2024.09.147.
42. Liu S., Chen J., Huang S., Chen T. et al. Analysis of the results of computed tomography of the C7 pedicle and lateral mass in children aged 0 to 14 years. *Ann Anat.* 2025;257:152349. DOI: 10.1016/j.aanat.2024.152349.
43. Di Gaeta E., Verspoor F., Savci D., Donner N. et al. Extranodal lymphoma of natural killer/T cells of skeletal muscles. *Skeletal Radiol.* 2024;54(1):141–146. DOI: 10.1007/s00256-024-04680-w.
44. Locke A., Kanekar S. Visualization in premature infants. *Clin Perinatol.* 2022;49(3):641–655. DOI: 10.1016/j.clp.2022.06.001.

45. Xia Yu., Yang M., Qian T., Zhou J. et al. Prediction of feeding difficulties in newborns with hypoxic-ischemic encephalopathy using radiological signs obtained by magnetic resonance imaging. *Pediatrician. Radiol.* 2024;54(12):2036–2045. DOI: 10.1007/s00247-024-06065-6.
46. Su Y.T., Chen Y.S., Ye L.R., Chen S.V. et al. Unnecessary radiation during diagnostic radiography in infants in the neonatal intensive care unit: retrospective cohort study research. *Eur J Pediatr.* 2023;182(1):343–352. DOI: 10.1007/s00431-022-04695-2.
47. Koenig A.M., Etzel R., Thomas R.P., Manken A.H. Individual radiation protection and appropriate dosimetry in interventional radiology: a review and prospects. *Rofo.* 2019;191(6):512–521. In English and German. DOI: 10.1055/a-0800-0113.
48. Brady S.L., Mohaupt T.H., Kaufman R.A. A comprehensive risk assessment method for pediatric patients undergoing research using ionizing radiation: how we answered the questions of the ethics commission. *AJR Am J Roentgenol.* 2015;204(5):W510–8. DOI: 10.2214/AJR.14.13892.
49. Tan S.M., Shah M.T.B.M., Chong S.L., Ong Yu.G. et al. Differences in radiation dose during computed tomography of the brain in pediatric patients in emergency departments: an observational study. Publication date in BMC. 2021;21(1):106. DOI: 10.1186/s12873-021-00502-7.
50. Inoue Y., Mori M., Ito H., Mitsui K. et al. Age-related changes in the effective dose of CT scans of the brain in children: a comparison of assessment methods. *Tomography.* 2023;10(1):14–24. DOI: 10.3390/tomography10010002.
51. Weiss D., Bires M., Rohwalski U., Fogle T.J. et al. Radiation exposure and the estimated risk of radiation-induced cancer during chest and abdominal X-rays in 1,307 newborns. *Eur Radiol.* 2024;16. DOI: 10.1007/s00330-024-10942-x.
52. Natali G.L., Cassanelli G., Polito K., Cannata V. et al. Dose dependence analysis during installation of percutaneous central venous catheters: the experience of the pediatric Center for Interventional Radiology. *Children (Basel).* 2022;9(5):679. DOI: 10.3390/children9050679.
53. Hunold P., Bucher A.M., Sandstede J., Janke R. et al. Statement by the German Society of Radiologists, the German Society of Neuroradiology and the Society of German-speaking Pediatric Radiologists on the requirements for conducting and describing MRI studies outside of radiology. *Rofo.* 2021;193(9):1050–1061. In English and German. DOI: 10.1055/a-1463-3626.
54. Chen B., Zhao S., Gao Y., Cheng Z. et al. Image quality and radiation dose in two promising protocols of double-source CT angiography and 128 ECG-triggered sections in infants with congenital heart defects. *Int J Cardiovasc Imaging.* 2019;35(5):937–945. DOI: 10.1007/s10554-018-01526-0.
55. Ellmann S., Nickel J.M., Heiss R., El-Amrani N. et al. Prognostic value of left ventricular mass obtained by CT perfusion in newborns with congenital heart defects. *Diagnostics (Basel).* 2021;11(7):1215. DOI: 10.3390/diagnostics11071215.

REFERENCES

1. Makri T., Yakoumakis E., Papadopoulou D. et al. Radiation risk assessment in neonatal radiographic examinations of the chest and abdomen: a clinical and Monte Carlo dosimetry study. *Phys Med Biol.* 2006;51:5023–5033.
2. Hassan B. Infant Radiography: Techniques and Considerations. *Pediatrician.* 2006;36(2):126–135. DOI: 10.1007/s00247-006-0220-4.
3. Daniel B., Smith C. Neonatal imaging: Safety and efficacy considerations. *Pediatric Radiology.* 2020;26(2):e66–e72. DOI: 10.1016/j.radi.2019.10.013.
4. Armpilia C.I., Fife I.A.J., Croasdale P.L. Radiation dose quantities and risk in neonates in a special care baby unit. *Br J Radiol.* 2002;75:590–595. DOI: 10.1259/bjr.75.895.750590.
5. Baird R., Tessier R., Guilbault M.P., Puligandla P., Saint-Martin C. Imaging, radiation exposure, and attributable cancer risk for neonates with necrotizing enterocolitis. *J Pediatr Surg.* 2013;48:1000–1005. DOI: 10.1016/j.jpedsurg.2013.04.013.
6. Smans K., Struelens L., Smet M., Bosmans H., Vanhaver F. Patient dose in neonatal units. *Radiat Protect Dosimetry.* 2008;131(1):143–147. DOI: 10.1093/rpd/ncn237.
7. Pearce M.S., Salotti J.A., Little M.P., McHugh K. et al. Radiation exposure from CT scans in childhood and subsequent risk of leukaemia and brain tumours: a retrospective cohort study. *Lancet.* 2013;380(9840):499–505. DOI: 10.1016/S0140-6736(12)60815-0.
8. Baysson H., Réhel J.L., Boudjemline Y., Petit J. et al. Risk of cancer associated with cardiac catheterization procedures during childhood: a cohort study in France. *BMC Public Health.* 2013;13:266. DOI: 10.1186/1471-2458-13-266.
9. Yu C.C. Radiation safety in the neonatal intensive care unit: too little or too much concern. *Pediatr Neonatol.* 2010;5(6):311–319. DOI: 10.1016/S1875-9572(10)60061-7.
10. Faulkner K., Barry J.L., Smalley P. Radiation dose to neonates on a special care baby unit. *Br J Radiol.* 2002;75:230–233. DOI: 10.1259/0007-1285-62-735-230.
11. Longo M., Genovese E., Donatiello S., Cassano B. et al. Quantification of scatter radiation from radiographic procedures in a neonatal intensive care unit. *Pediatr Radiol.* 2018;48(5):715–721. DOI: 10.1007/s00247-018-4081-4.
12. Sjöberg P., Hedström E., Fricke K., Frieberg P. et al. Comparison of 2D and 4D Flow MRI in Neonates Without General Anesthesia. 2023;57(1):71–82. DOI: 10.1002/jmri.28303.

13. Hall E.J. Radiation biology for pediatric radiologists. *Pediatr Radiol.* 2009;39(1):S57–64. DOI: 10.1007/s00247-008-1027-2.
14. Olgar T., Onal E., Bor D., Okumus N. et al. Radiation exposure to premature infants in a neonatal intensive care unit in Turkey. *Korean J Radiol.* 2008;9(5):416–419. DOI: 10.3348/kjr.2008.9.5.416.
15. Gislason-Lee A.J. Patient X-ray exposure and ALARA in the neonatal intensive care unit: Global patterns. 2021;62(1):3–10. DOI: 10.1016/j.pedneo.2020.10.009.
16. Liu S., Chen J., Huang S., Chen T., et al. Analysis of the results of computed tomography of the C7 pedicle and lateral mass in children aged 0 to 14 years. *Ann Anat.* 2025;257:152349. DOI: 10.1016/j.aanat.2024.152349.
17. Di Gaeta E., Verspoor F., Savci D., Donner N. et al. Extracranial lymphoma of natural killer/T cells of skeletal muscles. *Skeletal Radiol.* 2024;54(1):141–146. DOI: 10.1007/s00256-024-04680-w.
18. Locke A., Kanekar S. Visualization in premature infants. *Clin Perinatol.* 2022;49(3):641–655. DOI: 10.1016/j.clp.2022.06.001.
19. Xia Yu., Yang M., Qian T., Zhou J. et al. Prediction of feeding difficulties in newborns with hypoxic-ischemic encephalopathy using radiological signs obtained by magnetic resonance imaging. *Pediatrician. Radiol.* 2024;54(12):2036–2045. DOI: 10.1007/s00247-024-06065-6.
20. Su Y.T., Chen Y.S., Ye L.R., Chen S.V. et al. Unnecessary radiation during diagnostic radiography in infants in the neonatal intensive care unit: retrospective cohort study research. *Eur J Pediatr.* 2023;182(1):343–352. DOI: 10.1007/s00431-022-04695-2.
21. Sookpeng S., Martin C.J. The determination of coefficients for size specific effective dose for adult and pediatric patients undergoing routine computed tomography examinations. *J Radiol Prot.* 2024;44(3). DOI: 10.1088/1361-6498/ad6faa.
22. Inoue Y., Mori M., Ito H., Mitsui K. et al. Age-related changes in the effective dose of CT scans of the brain in children: a comparison of assessment methods. *Tomography.* 2023;10(1):14–24. DOI: 10.3390/tomography10010002.
23. Kibrom B.T., Manyazewal T., Demma B.D., Feleke T.H. et al. New technologies in pediatric radiology: current developments and prospects for the future. *Pediatrician. Radiol.* 2024;54(9):1428–1436. DOI: 10.1007/s00247-024-05997-3.
24. Reyes M., Mayer R., Pereira S., Silva K.A. et al. On the interpretability of artificial intelligence in radiology: problems and opportunities. *Radiol Artif Intell.* 2020;2(3):e190043. DOI: 10.1148/ryai.2020190043.
25. Ono K., Akahane K., Aota T., Hada M. et al. Neonatal doses from X ray examinations by birth weight in a neonatal intensive care unit. Radiation protection and dosimetry. 2003;103(2):155–162. DOI: 10.1093/oxfordjournals.rpd.a006127.
26. Liu J., Lovrenski J., Ye Hlaing A., Kurepa D. Lung diseases in newborns: lung ultrasound or chest X-ray. *J Matern Fetal Neonatal Med.* 2021;34(7):1177–1182. DOI: 10.1080/14767058.2019.1623198.
27. Ivanov D.O., Moiseeva K.E., Yuryev V.K., Mezhdov K.S., Shevtsova K.G., Alekseeva A.V., Yakovlev A.V., Kharbediya Sh.D., Karailanov M.G., Sergienko O.I., Zastupova A.A. The role of the quality of clinical observation during pregnancy in reducing infant mortality. *Medicine and Health Care Organization.* 2023;8(4):4–15. (In Russian). DOI: 10.56871/MHCO.2023.28.69.001.
28. Oka Pernas R., Fernandez Canton G. Direct MR arthrography without image guidance: a practical guide to joints. *Skeletal Radiol.* 2024;54(1):17–26. DOI: 10.1007/s00256-024-04709-0.
29. Sharafi A., Arpinar V.E., Nenka A.S., Koch K.M. Development and analysis of the stability of hand kinematic parameters using 4D magnetic resonance imaging. *Skeletal Radiol.* 2024;54(1):57–65. DOI: 10.1007/s00256-024-04687-3.
30. Zoghbi W.A. Cardiovascular imaging: a glimpse of the future. *Methodist debakey cardiovasc.* 2014;10(3):139–45. DOI: 10.14797/mdcj-10-3-139.
31. Shabalov N.P., Ivanov D.O., Tsybulkin E.K. et al. Neonatology. Volume 2. Moscow: MEDpress-inform; 2004. (In Russian). EDN: QLGBMN.
32. Dupont T., Idir M.A., Hossu G., Sirvo F. et al. Signs of adhesive capsulitis of the shoulder joint on MRI: analysis of potential differences and improved diagnostic criteria. *Skeletal Radiol.* 2024;54(1):77–86. DOI: 10.1007/s00256-024-04677-5.
33. Forleo K., Carella M.K., Basile P., Mandunzio D. et al. Role magnetic resonance imaging in cardiomyopathy in the light of new recommendations: emphasis on tissue mapping. *J Clin Med.* 2024;13(9):2621. DOI: 10.3390/jcm13092621.
34. Rakha S., Batuti N.M., Abdelrahman A., El-Deri A.A. Multimodal imaging for complex noninvasive diagnosis of the aorto-left ventricular tunnel in infants. *Echocardiography.* 2024;41(1):e15761. DOI: 10.1111/echo.15761.
35. Moscatelli S., Pergola V., Motta R., Fortuny F. et al; Working Group on Congenital Heart Defects, Prevention of cardiovascular Diseases in Childhood of the Italian Society cardiologists (SIC). Multimodal visualization in Fallot tetralogy: from diagnosis to long-term follow-up. *Children (Basel).* 2023;10(11):1747. DOI: 10.3390/children10111747.
36. Ganti V.G., Gazi A.H., An S., Srivatsa A.V. et al. Assessment of stroke volume in congenital heart defects using wearable seismocardiography. *Journal of the American Heart Association.* 2022;11(18):e026067. DOI: 10.1161/JAHA.122.026067.
37. Androulakis E., Mohiaddin R., Bratis K. Magnetic resonance coronary angiography in the era of multimodal imaging. *Clin Radiol.* 2022;77(7):e489–e499. DOI: 10.1016/j.crad.2022.03.008.
38. Islam S., Parra-Farinas K., Mutusami P., Shroff M. Access to the subarachnoid space of the spinal cord in children using neuroimaging. *Neuroimaging Clin N Am.* 2024;35(1):155–165. DOI: 10.1016/j.nic.2024.08.007.

39. Kosulin A.V., Elyakin D.V., Okhlopko E.I., Pridatko O.G., Klybanskaya Yu.V., Dvoretzky V.S. Surgical treatment of congenital kyphosis against the background of multiple malformations of the vertebrae. *Pediatr.* 2018;9(1):112–117. (In Russian). DOI: 10.17816/PED91112-117.
40. Cheng Z. Low-dose prospective ECG-triggering dual-source CT angiography in infants and children with complex congenital heart disease: first experience. *Eur radiol.* 2010;20:2503–2511.
41. Nugraha H.G., Agustina M., Nataprawira H.M. Diagnostic difficulties in type IV hiatal hernia: a look at visualization. *Radiol Case Rep.* 2024;20(1):437–441. DOI: 10.1016/j.radcr.2024.09.147.
42. Liu S., Chen J., Huang S., Chen T. et al. Analysis of the results of computed tomography of the C7 pedicle and lateral mass in children aged 0 to 14 years. *Ann Anat.* 2025;257:152349. DOI: 10.1016/j.aanat.2024.152349.
43. Di Gaeta E., Verspoor F., Savci D., Donner N. et al. Extranodal lymphoma of natural killer/T cells of skeletal muscles. *Skeletal Radiol.* 2024;54(1):141–146. DOI: 10.1007/s00256-024-04680-w.
44. Locke A., Kanekar S. Visualization in premature infants. *Clin Perinatol.* 2022;49(3):641–655. DOI: 10.1016/j.clp.2022.06.001.
45. Xia Yu., Yang M., Qian T., Zhou J. et al. Prediction of feeding difficulties in newborns with hypoxic-ischemic encephalopathy using radiological signs obtained by magnetic resonance imaging. *Pediatrician. Radiol.* 2024;54(12):2036–2045. DOI: 10.1007/s00247-024-06065-6.
46. Su Y.T., Chen Y.S., Ye L.R., Chen S.V. et al. Unnecessary radiation during diagnostic radiography in infants in the neonatal intensive care unit: retrospective cohort study research. *Eur J Pediatr.* 2023;182(1):343–352. DOI: 10.1007/s00431-022-04695-2.
47. Koenig A.M., Etzel R., Thomas R.P., Manken A.H. Individual radiation protection and appropriate dosimetry in interventional radiology: a review and prospects. *Rofo.* 2019;191(6):512–521. In English and German. DOI: 10.1055/a-0800-0113.
48. Brady S.L., Mohaupt T.H., Kaufman R.A. A comprehensive risk assessment method for pediatric patients undergoing research using ionizing radiation: how we answered the questions of the ethics commission. *AJR Am J Roentgenol.* 2015;204(5):W510–8. DOI: 10.2214/AJR.14.13892.
49. Tan S.M., Shah M.T.B.M., Chong S.L., Ong Yu.G. et al. Differences in radiation dose during computed tomography of the brain in pediatric patients in emergency departments: an observational study. Publication date in *BMC.* 2021;21(1):106. DOI: 10.1186/s12873-021-00502-7.
50. Inoue Y., Mori M., Ito H., Mitsui K. et al. Age-related changes in the effective dose of CT scans of the brain in children: a comparison of assessment methods. *Tomography.* 2023;10(1):14–24. DOI: 10.3390/tomography10010002.
51. Weiss D., Bires M., Rohwalski U., Fogle T.J. et al. Radiation exposure and the estimated risk of radiation-induced cancer during chest and abdominal X-rays in 1,307 newborns. *Eur Radiol.* 2024;16. DOI: 10.1007/s00330-024-10942-x.
52. Natali G.L., Cassanelli G., Polito K., Cannata V. et al. Dose dependence analysis during installation of percutaneous central venous catheters: the experience of the pediatric Center for Interventional Radiology. *Children (Basel).* 2022;9(5):679. DOI: 10.3390/children9050679.
53. Hunold P., Bucher A.M., Sandstede J., Janke R. et al. Statement by the German Society of Radiologists, the German Society of Neuroradiology and the Society of German-speaking Pediatric Radiologists on the requirements for conducting and describing MRI studies outside of radiology. *Rofo.* 2021;193(9):1050–1061. In English and German. DOI: 10.1055/a-1463-3626.
54. Chen B., Zhao S., Gao Y., Cheng Z. et al. Image quality and radiation dose in two promising protocols of double-source CT angiography and 128 ECG-triggered sections in infants with congenital heart defects. *Int J Cardiovasc Imaging.* 2019;35(5):937–945. DOI: 10.1007/s10554-018-01526-0.
55. Ellmann S., Nickel J.M., Heiss R., El-Amrani N. et al. Prognostic value of left ventricular mass obtained by CT perfusion in newborns with congenital heart defects. *Diagnostics (Basel).* 2021;11(7):1215. DOI: 10.3390/diagnostics11071215.