

К чему приводит «бесконтрольное» назначение методов лучевой диагностики в педиатрии? (обзор литературы)

И.А. Баулин^{1,2,4}, Д.С. Логинова¹, Д.М. Коробова¹, Е.А. Ермакович¹,
И.А. Томилова², А.В. Синицына^{1,3}, Е.В. Синельникова¹

¹Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет

²Межрайонный Петроградско-Приморский противотуберкулезный диспансер № 3, Санкт-Петербург

³Противотуберкулезный диспансер № 16, Санкт-Петербург

⁴ФГБУ «НМИЦ детской травматологии и ортопедии имени Г.И. Турнера» Минздрава России, Санкт-Петербург

What are the consequences of the «uncontrolled» use of radiation diagnostic methods in pediatrics? (review)

I. Baulin^{1,2,4}, D. Loginova¹, D. Korobova¹, E. Ermakovich¹, I. Tomilova²,
A. Sinitsyna^{1,3}, E. Sinelnikova¹

¹St. Petersburg State Pediatric Medical University, St Petersburg

²Interdistrict Petrogradsko-Primorskiy Tuberculosis Dispensary N 3, St Petersburg

³Tuberculosis Dispensary N 16, St Petersburg

⁴H.Turner National Medical Research Center for Children's Orthopedics and Trauma Surgery, St Petersburg

© Коллектив авторов, 2025 г.

Резюме

В последние десятилетия наблюдается рост использования лучевых методов исследования в педиатрической практике, где ежегодно около 1/3 детей получают медицинское облучение. Часть пациентов данной категории не предъявляют жалобы на состояние здоровья и не имеют отклонений со стороны лабораторной диагностики биологических жидкостей (кровь, моча). Другая часть длительно наблюдается по поводу стабильной картины со стороны легочной ткани. Дети более чувствительны к ионизирующему излучению из-за высокой пролиферативной активности тканей. Наибольшее количество лучевых исследований связано с болезнями органов дыхания, в том числе с применением высокотехнологических методов диагностики, таких как компьютерная томография (КТ) и магнитно-резонансная томография (МРТ).

Согласно отечественным и международным исследованиям, женщины более подвержены к воздействию ионизирующего излучения, однако у детей и подростков риск возникновения радиогенных заболеваний, включая рак, значительно выше. Наиболее чувствительными к облучению являются легкие, щитовидная железа и красный костный мозг.

Радиационная безопасность предписывает контроль за использованием ионизирующего излучения. Созданные принципы нормирования призваны минимизировать дозы радиации. Действия ионизирующего излучения могут вызывать как детерминированные эффекты, возникающие при аварийных ситуациях и имеющие порог действия (с явными симптомами), так и стохастические (вероятностные), при этом даже малые дозы облучения могут влиять на вероятность их возникновения. Обострение проблемы требует

постоянного изучения рисков, связанных с применением ионизирующего излучения, особенно в контексте их влияния на здоровье детей. Необходимость строгого обоснования применения лучевых методов исследования становится ключевой для повышения безопасности пациентов.

Ключевые слова: компьютерная томография, радиационная безопасность, стохастические эффекты, детерминированные эффекты

Summary

In recent decades, there has been an increase in the use of radiological methods in pediatric practice, where approximately one-third of children receive medical radiation annually. Some patients in this category do not report health complaints and do not show deviations in laboratory diagnostics of biological fluids (blood, urine). Another group has been monitored for stable picture in lung tissue over a long period. Children are more sensitive to ionizing radiation due to the high proliferative activity of their tissues. The greatest number of radiological studies is associated with diseases of the respiratory system, including the use of high-tech diagnostic

methods such as computed tomography and magnetic resonance imaging. According to both domestic and international studies, women are more susceptible to radiation effects, however, children and adolescents have a significantly higher risk of developing radiation-related diseases, including cancer. The most sensitive organs to radiation are the lungs, thyroid gland, and red bone marrow. Radiation safety regulations require control over the use of ionizing radiation. Established principles of regulation aim to minimize radiation doses. The effects of ionizing radiation can cause both deterministic effects, which occur in emergency situations, and have an action threshold (with clear symptoms), as well as stochastic (probability-based) effects, where even small doses of radiation can change the likelihood of their occurrence. The exacerbation of this issue requires continuous study of the risks associated with the use of ionizing radiation, particularly in terms of its impact on children's health. The necessity for a thorough justification for the use of radiation-based research methods becomes key from the point of view of patients' safety.

Keywords: computed tomography, radiation safety, stochastic effects, deterministic effects

Введение

В последние десятилетия отмечается рост использования лучевых методов исследования, в том числе и в педиатрической практике. Каждый год примерно треть детского населения в Российской Федерации подвергается рентгенологическим методам исследования с целью диагностики различных заболеваний [1]. Установлено, что данная группа пациентов обладает повышенной чувствительностью к действию ионизирующего излучения из-за высокой скорости деления и обмена веществ в тканях. Следовательно, важно учитывать, что при проведении исследований определенной области, соседние органы также могут подвергаться облучению [2–5].

В структуре заболеваемости детского населения за последние 10 лет отмечается устойчивая тенденция к росту заболеваемости по таким классам заболеваний, как новообразования, болезни эндокринной и мочеполовой систем, а также травмы, отравления и другие последствия внешних причин, особенно в возрастной группе 15–17 лет [6]. Лидирующее место в структуре заболеваемости занимают болезни органов дыхания. В нашей стране заболеваемость пневмонией у детей в возрасте от 1 мес до 15 лет составляет от 4 до 17 на 1000 в год. Пик заболеваемости наблюдается у детей в возрасте 1–3 лет и составляет от 465 до 1356 на 100 тыс. населения [7]. В связи с этим отмечается рост использования методов лучевой диагностики, связанных с ис-

пользованием ионизирующего излучения [8]. Наиболее частой патологией органов дыхания, по поводу которых проводятся компьютерная томография (КТ) и рентгенография, являются пневмония и легочный туберкулез [8].

В структуре проводимых лучевых методов исследования в 2019 г. рентгенографические и ультразвуковые методы исследования составили 95,3%, а на высокотехнологические методы, такие как КТ, магнитно-резонансная томография (МРТ), радионуклидная диагностика, позитронно-эмиссионная томография (ПЭТ), приходилось 4,7%. За период 2014–2019 гг. отмечается медленный, но прогрессивный рост применения высокотехнологических методов лучевой диагностики: КТ — на 76,3%, МРТ — на 47,7%. Наиболее частыми зонами сканирования при КТ являлись области головы (30,7%), груди (23,2%), органы брюшной полости (14,9%), при МРТ — головной мозг (40,0%), спинной мозг и позвоночник (25,7%) [9].

Примерно 10% от общего числа компьютерных томографий проводится у детей и подростков в возрасте до 18 лет. В то же время в странах с наибольшим количеством выполненных КТ, таких как Германия и США, этот процент может достигать 13 и 20% соответственно [1, 10, 11].

По данным радиационно-эпидемиологических исследований, женщины в 1,4 раза более подвержены риску онкологических заболеваний, вызванных действием ионизирующего излучения, чем мужчины. В отношении детей наблюдается аналогичный эффект:

радиогенный рак щитовидной железы развивается у девочек в 2–4 раза чаще, чем у мальчиков, даже при одинаковых уровнях облучения [3, 6].

При сканировании различных анатомических областей можно выделить органы, которые подвергаются наибольшему дозовому нагружению. В случае компьютерной томографии органов грудной клетки таковыми являются легкие, щитовидная железа, молочная железа (у девочек) и пищевод. При исследовании брюшной полости наиболее высокие дозы наблюдаются для желудка, печени, толстой кишки, яичников (у девочек) и мочевого пузыря. Для КТ малого таза наибольшей дозовой нагрузке подвергаются мочевой пузырь и яичники (у девочек). В ходе КТ-исследования головы есть высокая вероятность облучения головного мозга и слюнных желез [2, 3, 11].

Стоит отметить факт совершенствования лучевых методов диагностики: переход от аналоговых аппаратов к цифровым, появление высокотехнологичных методов диагностики, таких как КТ, МРТ и др., использование оптимизированных и низкодозовых протоколов сканирования, что позволяет в целом снизить лучевую дозовую нагрузку на пациента, но не исключить ее полностью [10, 12]. Все лучевые методы исследования должны соответствовать нормам радиационной безопасности и каждое назначение определенного метода, а также их кратность должны быть строго обоснованы с соблюдением принципа потенциального вреда/пользы. Каждый клиницист должен иметь базовое представление о радиобиологических эффектах действия ионизирующей радиации [13].

Ионизирующее излучение и радиобиологические эффекты

Ионизирующее излучение представляет собой любой тип излучения, которое, вступая во взаимодействие со средой, приводит к образованию электрически заряженных частиц. Выделяют два основных типа: непосредственно и косвенно ионизирующее излучение [14]. Непосредственно ионизирующее излучение состоит из заряженных частиц, чья кинетическая энергия позволяет ионизировать значительное количество атомов. К таким частицам относятся альфа- и бета-частицы, а также нейтроны и протоны. Косвенно ионизирующее излучение, напротив, состоит из фотонов и незаряженных частиц, например, гамма-излучения и рентгеновского излучения [3].

Доза излучения, которая определяется на основании единицы массы и не учитывает тип излучения, называется поглощенной дозой и измеряется в греях (Гр). Однако каждый вид излучения обладает определенным уровнем повреждающего воздействия. Для учета этих различий вводятся коэффициенты радиационного воздействия. Учитывая эти коэффициенты, дозу называют эквивалентной, и ее измеряют в зивертах (Зв). Кроме того, существуют тканевые коэффициенты, отра-

жающие радиационную чувствительность различных тканей [15]. Воздействие эквивалентной дозы с учетом коэффициента тканевой радиочувствительности определяет эффективную дозу, которая измеряется в зивертах (Зв). В случае однократного воздействия ее называют индивидуальной, при повторных исследованиях — кумулятивной [15].

Когда ионизирующее излучение воздействует на организм, возникают определенные эффекты — радиобиологические; степень выраженности и в каком виде они проявятся, зависит как от условий радиационного воздействия, так и от состояния самого организма [14, 15]. Классифицировать данные эффекты можно по уровню формирования, локализации, срокам проявления, возможности наследования и характеру связи с дозой облучения — стохастические и детерминированные [14, 15].

Детерминированные эффекты — поражения, возникающие из-за массового повреждения значительного числа клеток в облученной ткани или организме в целом. Их появление обусловлено превышением дозового порога, вероятность и степень выраженности имеет прямую зависимость от величины дозы. Если доза облучения превышает установленные пороговые значения, детерминированный эффект проявляется с 100% вероятностью, и его тяжесть увеличивается пропорционально росту дозы. Данные эффекты могут наблюдаться при использовании ионизирующего излучения в лучевой терапии и интервенционных вмешательствах, особенно под рентгеноскопическим контролем [14]. Основные детерминированные (нестохастические) эффекты делятся на ближайшие, такие как лучевые ожоги, острые лучевые реакции, острая лучевая болезнь, и отдаленные — хроническая лучевая болезнь, лучевая катаракта и тератогенные эффекты у потомства [15, 16].

Первая теоретическая работа по оценке отдаленных последствий облучения в малых дозах была проведена в конце 50-х годов прошлого столетия советским физиком А.Д. Сахаровым, а в 1960–70-х годах радиохимик Дж. Гоффман внес свой вклад в развитие теории. К концу 1970-х годов была сформулирована линейная беспороговая гипотеза (ЛБГ), которая была официально признана Международной комиссией по радиационной защите (МКРЗ) в качестве основной научной концепции радиационной защиты [17]. В соответствии с этой концепцией вероятность проявления эффектов у людей при воздействии малых доз, особенно в условиях длительного облучения, крайне мала. Данные эффекты невозможно предсказать на основе отдельных случаев, поскольку каждый результат является случайным. Человек, получивший незначительное облучение, может заболеть, в то время как другой, получивший более высокую дозу, может остаться полностью здоровым [17].

Стохастические эффекты — это поражения, которые являются результатом повреждения одной или нескольких клеток. Отличает их от детерминированных

эффектов отсутствие дозового порога. Это приводит к тому, что даже небольшие дозы ионизирующей радиации могут оказывать влияние на частоту появления соответствующих эффектов. При достаточно высоких дозах часть облученных организмов может погибнуть до того, как у них начнут развиваться соответствующие стохастические эффекты [14]. Примерами таких стохастических эффектов на уровне целого организма являются различные виды лейкозов (в зависимости от поражения клетки-предшественницы гемопоэза), злокачественные новообразования и генетические аномалии у потомства.

Вероятность появления радиобиологических эффектов увеличивается при использовании ионизирующего излучения в медицинских целях, также стоит учитывать существование декретированных групп (эмбрионы/плоды, дети младшего возраста, лица с генетической предрасположенностью), более чувствительных к действию облучения [14, 15]. Также стоит отметить, что состояние здоровья некоторых пациентов требует длительного наблюдения в динамике, выполнения достаточного большого количества рентгенографий и/или КТ, что повышает кумулятивную дозу.

Известно, что риск стохастических эффектов обратно пропорционален возрасту пациента, следовательно, вероятность индукции злокачественных новообразований у детей и подростков после проведенных КТ выше, чем у взрослых, и величина возможного пожизненного риска выше из-за более продолжительного периода предстоящей жизни [2, 3, 5, 14].

Наиболее чувствительными при рентгенологических методах исследования являются красный костный мозг, толстая кишка, желудок, легкие, молочная железа. Умеренной чувствительностью характеризуются мочевой пузырь, пищевод, печень и щитовидная железа. Низкая радиочувствительность известна для костей, головного мозга, слюнных желез и остальных органов и тканей [2, 3].

Радиационная безопасность и ее нормативная база

Радиационная безопасность (РБ) представляет собой комплекс научно обоснованных мероприятий, направленных на защиту нынешнего и будущих поколений людей от вредного воздействия ионизирующего излучения [15]. Главная цель — сохранение здоровья населения, предотвращая негативное воздействие ионизирующего излучения путем установления и соблюдения основополагающих принципов и норм радиационной безопасности. Это касается как использования излучения в медицине, науке и других сферах, так и изучения радиобиологических эффектов, оказываемых ионизирующим излучением на живые организмы. Система радиационной защиты основывается на трех принципах: обоснование, оптимизация, нормирова-

ние. Для эффективной радиационной защиты необходимо применять все три принципа, чтобы гарантировать, что уровни облучения остаются как можно более низкими [14, 18, 19].

Регламентируется радиационная безопасность следующими нормативными документами: СанПиН 2.6.1.2523-09 «Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009)», СП 2.6.1.2612-10 «Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ-99/2010)». НРБ-99/2009 устанавливают основные пределы доз, допустимые уровни воздействия ионизирующего излучения по ограничению облучения населения, а также принципы нормирования [19]. ОСПОРБ-99/2010 устанавливают требования по защите людей от вредного радиационного воздействия при всех условиях облучения от источников ионизирующего излучения (ИИИ), на которые распространяется действие СанПиН 2.6.1.2523-09 «Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009)» [18]. Также разработаны специальные методические указания, такие как МУ 2.6.1.3387-16 «Радиационная защита детей в лучевой диагностике», которые содержат рекомендации по обеспечению радиационной защиты пациентов в возрасте до 18 лет при проведении диагностических рентгенорадиологических исследований [2, 3]. Однако с увеличением использования передовых технологий лучевой диагностики возникают определенные проблемы, например, как обеспечить оптимальную защиту во время компьютерной томографии (КТ)? Этот вопрос остается дискуссионным, особенно в контексте исследований, проводимых детям и беременным женщинам. В исследовании, проведенном Х.Р.С. Ларджава и соавт. с использованием свинцового фартука на антропоморфном фантоме, установлено, что применение дополнительных мер экранирования нецелесообразно, так как ведет к повышению дозовой нагрузки на пациента [20].

В ряде клинических рекомендаций, таких как острые миелоидные лейкозы, злокачественные новообразования костей и суставных хрящей, рак носоглотки и рак щитовидной железы имеются указания на возможный факт наличия действия ионизирующей радиации и развитие данных заболеваний [21–24].

Острые миелоидные лейкозы (ОМЛ) — это клональные опухолевые заболевания кроветворной ткани, связанные с мутацией в клетке-предшественнице гемопоэза, следствием которой становится блокирование дифференцировки и бесконтрольная пролиферация незрелых миелоидных клеток. Острый миелоидный лейкоз встречается в 20% случаев от всех острых лейкозов у детей, составляет 6% от всех опухолей детского возраста. Этиология остается, в большинстве случаев, неизвестной. Как было рассмотрено ранее, появление лейкозов является потенциально детерминированным эффектом при действии ионизирующей

радиации в крупных промышленных авариях, применении атомных бомб или других ситуациях, предусматривающих большую лучевую нагрузку, в том числе и в медицинских целях. Вследствие чего была рассмотрена роль других лейкемогенных факторов: низкие дозы радиации, химические вещества, курение, электромагнитные волны [23]. В исследованиях Бош де Басеа Гомес и соавт. была установлена взаимосвязь выполненных КТ-исследований в детском возрасте на развитие гематологического злокачественного новообразования. Результаты свидетельствуют о том, что имеется связь между кумулятивной дозой и риском всех злокачественных новообразований с избыточным относительным риском 1,96 на 100 мГр. Аналогичные оценки были получены для лимфоидных и миелоидных злокачественных новообразований. Результаты показывают, что на каждые 10 тыс. обследованных сегодня детей (средняя доза 8 мГр) ожидается, что у 1–2 человек в последующие 12 лет разовьется гематологическая злокачественная опухоль, связанная с радиационным воздействием [25].

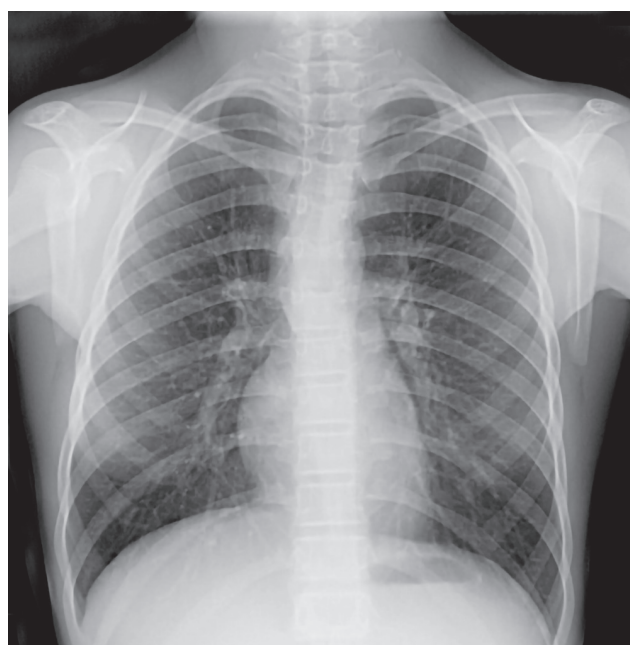
В систематическом обзоре Д.Р. Кузнецова и соавт. была установлена зависимость между КТ-исследованием головы и индукцией опухолевого роста. Первое клиническое применения КТ головы было выполнено для диагностики предполагаемого образования лобной доли в 1971 г., что послужило появлению нейрорадиологии как науки [26]. Безопасность применения КТ данной области обусловлена низкими дозовыми нагрузками и наименьшей радиочувствительностью ткани головного мозга [2, 26]. Однако педиатрические пациенты наиболее восприимчивы к действию ионизирующей радиации по сравнению с терапевтически-

ми, и пожизненный атрибутивный риск может быть в 10 раз выше у младенца, по сравнению с взрослым пациентом средних лет. Также пациенты с заболеваниями, требующими проведения контрольных исследований, получают совокупные дозы облучения, что повышает потенциальный риск развития онкологических заболеваний. Авторами данного систематического обзора были сделаны следующие выводы: имеется связь между развитием новообразований головного мозга и действием ионизирующей радиации, однако риск развития мал (один случай на 3000–10 000 исследований); минимальный риск индукции новообразований компенсируется оптимизацией протоколов исследований и уменьшением количества показаний к проведению КТ головы; при необходимости выполнения нескольких контрольных исследований кумулятивный эффект может повышать минимальный риск онкогенеза [26].

В исследовании Хан и Ким установили связь риска развития рака щитовидной железы и действия ионизирующей радиации в рамках медицинского облучения. Наибольший вклад в развитие данной патологии из рентгенологических методов вносит рентгенография в стоматологической практике и КТ области головы и органов грудной клетки. По результатам данного исследования оценка пожизненного атрибутивного риска при КТ-исследованиях головы составила 1,1 случая на 100 тыс. проведенных КТ-исследований у мальчиков и 8,7 случая на 100 тыс. у девочек; компьютерная томография грудной клетки — 2,1 случая на 100 тыс. у мальчиков и 14,1 случая на 100 тыс. у девочек [27].



а



б

Рис. 1. Рентгенография органов грудной клетки от 2017 г. (а) и от 2024 г. (б). Без патологических изменений

В клинических рекомендациях «Рак носоглотки» (2024) и «Злокачественные новообразования костей и суставных хрящей: остеосаркома, саркома Юинга» (2024) отмечается воздействие ионизирующего излучения, как фактора риска развития данных патологий [22, 23]. Однако исследований связи между риском развития заболеваний и проведением лучевых методов

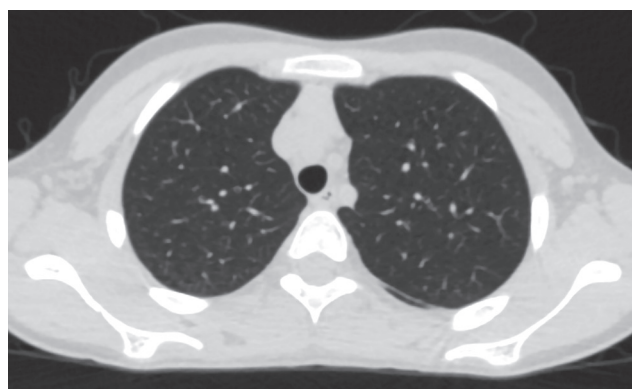
диагностики, связанных с ионизирующей радиацией, авторами найдено не было.

Клинический случай бесконтрольного назначения рентгенологических процедур

Пациентка К. 13 лет наблюдается с 2017 г. в противотуберкулезном диспансере с диагнозом:



а



г



б



д



в



е

Рис. 2. Компьютерные томограммы органов грудной клетки от апреля 2018 г. (а–в), от января 2025 г. (г–е), аксиальные срезы, легочное окно. Без патологических изменений

инфицирование МБТ с положительным результатом пробы с АТР. Привита в 2011 г. вакциной БЦЖ. В анамнезе контакт с родителями, у которых был диагностирован инфильтративный туберкулез легких в фазе распада (МБТ+), разобщенный в 2015 г. в связи со смертью родителей. С февраля 2016 г. проживает в городе Санкт-Петербурге, в удовлетворительных условиях (в отдельной квартире) с опекунами. В 2017 г. с виражом туберкулиновой пробы направлена на обследование в противотуберкулезный диспансер по месту жительства. Были проведены проба с АТР (папула 23 мм), рентгенография в одной проекции, КТ органов грудной клетки (ОГК), а также общеклинические анализы (без особенностей). По данным лучевых обследований — без патологических изменений. Жалоб не предъявляла. Был начат курс превентивного лечения туберкулеза (Изониазид 0,15 и Пиразинамид 0,37), получила 15 доз, затем курс лечения был приостановлен на 25 дней в связи с повышением уровня общего билирубина (24 мкмоль/л, в норме до 20 мкмоль/л), АЛТ (44 ед./л, в норме до 29 ед./л) и перенесенной инфекцией нижних мочевых путей. После нормализации анализов курс лечения был продолжен теми же препаратами в тех же дозировках в течение 6 мес. Переносила удовлетворительно. Из сопутствующих заболеваний — псориаз, неполная блокада правой ножки пучка Гиса, находится на диспансерном наблюдении у дерматолога и кардиолога.

За время наблюдения в противотуберкулезном диспансере с 2017 г. по настоящее время динамика туберкулиновых проб была следующая: 2017 г. — 10 мм, 2018 г. — 17 мм, 2019 г. и 2020 г. — 10 мм, 2021 г. — 11 мм, 2022 г. — 16 мм, 2023 г. — 14 мм, 2024 г. — 12 мм. Общеклинические анализы крови и мочи за весь период наблюдения (2017–2025) без патологических отклонений. Согласно клиническим рекомендациям «Туберкулез у детей» (2024) и «Латентная туберкулезная инфекция у детей» (2024), положительная реакция на туберкулиновые пробы является обоснованием применения лучевых методов диагностики [28, 29]. За весь период наблюдения было выполнено 15 рентгенологических исследований — 7 рентгенографий ОГК (0,361 мЗв), 7 КТ ОГК (16,89 мЗв), одна линейная томограмма средостения (0,323 мЗв). Кумулятивная доза за 9 лет повторных лучевых исследований составила 17,574 мЗв, что относит пациентку в «умеренную» группу радиационного риска. Стоит отметить, что по результатам проведенных лучевых исследований патологических изменений выявлено не было (рис. 1, 2), но из-за действия ионизирующего излучения повысился потенциальный риск появления острых миелоидных лейкозов, злокачественных новообразований костей и рака щитовидной железы.

Обсуждение результатов

Проблема проявлений стохастических эффектов в педиатрической практике до сих пор остается актуальной проблемой, требующей продолжения исследований в данной области. Появляются публикации, которые имеют определенные противоречия нормам радиационной безопасности, например, применении рентгенологических методов диагностики у беременных для диагностики туберкулеза [30, 31]. При использовании данных методов не представляется возможным измерить истинную поглощенную дозу плодом, в том числе математическими методами. Даже такие меры, как дополнительное экранирование (использование свинцового фартука на область живота), например, при выполнении компьютерной ангиографии при диагностике тромбоза легочной артерии, несет больше психологический комфорт. В то же время облучение эмбриона/плода осуществляется за счет отраженных лучей [32]. В исследовании, проведенном Бегано и соавт., экранирование увеличивало как эффективную дозу для пациентки на 47%, так и среднюю поглощенную дозу для плода (0,10 против 0,12 мГр; $p < 0,001$) по сравнению с исследованием, проведенным без экранирования, поскольку это влияло на автоматический контроль экспозиции [33]. Исследования, выполняемые беременным и детям, должны осуществляться по строгим клиническим показаниям и их назначения решаться посредством консилиума. Согласно Публикации 103 Международной Комиссии по радиационной защите (МКРЗ), пожизненный риск развития онкологического процесса в пренатальном периоде сопоставим с облучением, полученным в раннем детстве, что является в 3 раза выше, чем для населения в целом [34, 35]. Необходимо принимать во внимание наличие высокой радиочувствительности тканей и органов эмбриона/плода, и при возможности использовать методы диагностики без лучевой нагрузки (МРТ и УЗИ) [32, 36].

Компьютерная томография является наиболее чувствительным методом по сравнению с рентгенографией при диагностике легочного туберкулеза, в том числе у детей. Нормативно использование КТ закреплено в письме Минздрава РФ от 07.04.2017 № 15-2/10/2-2343 — О направлении клинических рекомендаций «Выявление и диагностика туберкулеза у детей, поступающих и обучающихся в образовательных организациях» и клинических рекомендаций от 2024 г. — «Латентная туберкулезная инфекция у детей», где указано, что при положительном результате пробы с аллергеном туберкулезным рекомбинантным (АТР) показано проведение данного метода [28, 29, 37]. Таким образом проба с АТР, выполняемая с 8 лет, и ее положительный результат, в том числе сомнительный,

вносят значительный вклад в рост коллективной дозы облучения из-за обязательного выполнения таким пациентам КТ легких при сомнительной пользе от примененного метода исследования [13]. В настоящее время на территории Российской Федерации проводятся исследования по упорядочиванию рентгенологических процедур в детской фтизиатрии с более узкими показаниями для применения высокотехнологичных методов [8]. Анализируя мировую литературу [38], мы пришли к согласию с тактикой рентгенологических исследований у детей при подозрении на туберкулез. На территории Российской Федерации необходимо дальнейшее упорядочивание применения высокотехнологичных методов у детей.

Для оценки пожизненного радиационного риска для здоровья применяется международная шкала риска, которая содержит эффективные дозы для детей. Так, рентгенография (в зависимости от области исследования) и флюорография относятся к группам радиационного риска «пренебрежимого» (менее 0,01 мЗв), «минимального» (0,01–0,1 мЗв) и «очень низкого» (0,1–1,0 мЗв). Компьютерная томография относится к группам «низкого» (1–10 мЗв), «умеренного» (10–30 мЗв) и «существенного» (30–100 мЗв) риска. Наибольший вклад в увеличение доз облучения обусловлен применением контрастного усиления исследования. Следует отметить, что методы лучевой диагностики не приводят к таким дозам облучения, которые создавали бы риск, превышающий уровень «существенного» (выше 100 мЗв). С учетом этих данных назначение необходимого исследования должно осуществляться с оценкой риск/польза. [2]

С учетом этих данных рентгенологические исследования должны проводиться строго по назначению

лечащего врача с обоснованием необходимости проведения, контроль за выполнением должен осуществлять врач-рентгенолог в соответствии с приказом МЗ РФ №560н от 09.07.2020 года «Об утверждении правил проведения рентгенологических исследований». При выявлении отсутствия обоснования к рентгенологическому методу врач-рентгенолог должен отказать в исследовании [39].

Клинический случай, приведенный выше, служит наглядным примером бесконтрольного использования методов лучевой диагностики у пациентов детского возраста и является не единичным примером, когда для исключения легочной патологии применяются высокотехнологичные методы лучевой диагностики в качестве скрининга при удовлетворительном соматическом состоянии организма и нормальных лабораторных показателей, биологических жидкостей, что повышает риски развития стохастических неблагоприятных эффектов в последующем. В случае необходимости проведения рентгенологического исследования рентгенологами поддерживается догма — начинать исследования надо с классической рентгенологии, принимая во внимание имеющиеся альтернативные методы, не связанные с медицинским облучением. Если метод лучевой диагностики с применением ионизирующего излучения не обоснован, следует рассмотреть целесообразность его применения. [40]. Высокотехнологичные методы используются при необходимости детализации информации, которая может повлиять на изменение тактики ведения пациента. Для сохранения здоровья детей требуется коррекция нормативной базы в части ужесточения показаний для назначений и проведения лучевых методов диагностики.

Список литературы

1. Кашеев В.В., Пряхин Е.А., Меньяло А.Н., Панин М.С., Селева Н.Г., Кашеева П.В., Иванов С.А., Каприн А.Д., Иванов В.К. Оценка радиационных рисков онкологической заболеваемости детей и подростков на основе данных протоколов сканирования при обследовании на рентгеновских компьютерных томографах. Радиация и риск 2020; 29 (2): 21–31. [Kashheev V.V., Prjahnin E.A., Menjajlo A.N., Panin M.S., Seljova N.G., Kashheeva P.V., Ivanov S.A., Kaprin A.D., Ivanov V.K. Radiation risks assessment of children cancer incidence based on computed tomography examination protocols. Radiacija i risk 2020; 29 (2): 21–31 (In Russ.)]. doi: 10.21870/0131-3878-2020-29-2-21-31.
2. Радиационная защита детей в лучевой диагностике: Методические указания. МУ 2.6.1.3387-16: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2016. 32 с. [Radiation protection of children in radiation diagnostics: Metodicheskie ukazanija. MU 2.6.1.3387-16: Federal'nyj centr gigieny i jepidemiologii Rospotrebnadzora, 2016 (In Russ.)].
3. Голиков В.Ю., Водоватов А.В., Чипига Л.А., Шацкий И.Г. Оценка радиационного риска у пациентов при проведении медицинских исследований в Российской Федерации. Радиационная гигиена 2021; 14 (3): 56–68. [Golikov V.Ju., Vodovatov A.V., Chipiga L.A., Shackij I.G. Evaluation of radiation risk for patients undergoing medical examinations in the Russian Federation. Radiacionnaja gigiena 2021; 14 (3): 56–68 (In Russ.)]. doi: 10.21514/1998-426X-2021-14-3-56-68.
4. Онищенко Г.Г., Попова А.Ю., Романович И.К., Водоватов А.В., Башкетова Н.С., Историки О.А., Чипига Л.А., Шацкий И.Г., Сарычева С.С., Библин А.М., Репин Л.В. Современные принципы обеспечения радиационной безопасности при использовании источников ионизирующего излучения в медицине. Часть 2. Радиационные риски и совершенствование системы радиационной защиты. Радиационная гигиена 2019; 12 (2): 6–24. [Onishhenko G.G., Popova A.Ju., Romanovich I.K., Vodovatov A.V., Bashketova N.S., Istoriiki O.A., Chipiga L.A., Shackij I.G., Sarycheva S.S., Biblin A.M., Repin L.V. Modern principles of the radiation protection from sources of ionizing radiation in medicine. Part 2: radiation risks and development of the system of radiation protection. Radiacionnaja gigiena 2019; 12 (2): 6–24 (In Russ.)] doi: 10.21514/1998-426X-2019-12-2-6-24.
5. Голиков В.Ю. Оценка радиационного риска, обусловленного проведением медицинских исследований в Российской Федерации.

- Федерации с учетом половозрастного состава пациентов. Радиационная гигиена 2022; 15 (1): 59–67. [Golikov V.Ju. Evaluation of the radiation risk of medical examinations in the Russian Federation taking into account the age and sex distribution of the patients. Radiacionnaja gigiena 2022; 15 (1): 59–67 (In Russ.)] doi: 10.21514/1998-426X-2022-15-1-59-67.
6. Пузырев В.Г., Водоватов А.В., Комиссаров М.И., Алешин И.Ю., Капырина Ю.Н. Анализ современных отечественных и зарубежных подходов к обеспечению радиационной защиты детей при проведении рентгенорадиологических исследований. Медицина и организация здравоохранения 2023; 8 (1): 82–92. [Puzyrev V.G., Vodovатов A.V., Komissarov M.I., Aleshin I.Ju., Kapyrina Ju.N. Analysis of the existing national and international approaches to ensuring radiation protection of children during X-ray examination. Medicina i organizacija zdravooohranenija 2023; 8 (1): 82–92 (In Russ.)]. doi: 10.56871/МНСО.2023.47.29.008.
 7. Какеева А.А., Боконбаева С.Дж., Джанабилова Г.А., Насирдинов Ф.Р. Этиологическая структура внебольничных пневмоний у детей раннего возраста. Современные проблемы науки и образования 2021; 3. [Kakeeva A.A., Bokonbaeva S.Dzh., Dzhanabilova G.A., Nasirdinov F.R. Etiological pattern of community-acquired pneumonia in children of early age. Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya 2021; 3. (In Russ.)]. doi: 10.17513/spno.30897.
 8. Петракова И.Ю., Тюрин И.Е., Губкина М.Ф., Овсянкина Е.С. Повторные КТ-исследования детей и подростков на этапах диагностики и лечения туберкулеза органов дыхания: оптимизация показаний и клиническое значение. REJR 2024; 14 (4): 57–68. [Petrakova I.Ju., Tjurin I.E., Gubkina M.F., Ovsjankina E.S. Repeated CT examinations of children and adolescents during diagnosis and treatment for pulmonary tuberculosis: optimization of indications and clinical significance. REJR 2024; 14 (4): 57–68 (In Russ.)]. doi: 10.21569/2222-7415-2024-14-4-57-68.
 9. Голубев Н.А., Огрызко Е.В., Тюрин Е.М., Шелепова Е.А., Шелехов П.В. Особенности развития службы лучевой диагностики в Российской Федерации за 2014–2019 года. Современные проблемы здравоохранения и медицинской статистики 2021; 2: 356–376. [Golubev N.A., Ogryzko E.V., Tjurina E.M., Shelepova E.A., Shelekhov P.V. Features of the development of the radiation diagnostics service in the Russian Federation for 2014–2019. Sovremennye problemy zdravooohranenija i medicinskoj statistiki 2021; 2: 356–376 (In Russ.)]. doi: 10.24412/2312-2935-2021-2-356-376.
 10. Шацкий И.Г. Оценка рисков медицинского облучения при рентгенографических исследованиях детей. Радиационная гигиена 2017; 10 (2): 31–42. [Shackij I.G. Risk assessment of medical exposure in x-ray examinations of children. Radiacionnaja gigiena 2017; 10 (2): 31–42 (In Russ.)]. doi: 10.21514/1998-426X-2017-10-2-31-42.
 11. Репин Л.В., Ахматдинов Р.Р., Библин А.М., Репин В.С. О гармонизации показателей радиационного риска для здоровья и риска от воздействия иных вредных факторов на основе оценки числа потерянных лет здоровой жизни. Анализ риска здоровью 2022; 1: 170–183. [Repin L.V., Ahmatdinov R.R., Biblin A.M., Repin V.S. On harmonization of health risk indicators caused by ionizing radiation exposure and other harmful factors based on DALY estimates. Analiz riska zdorov'ju 2022; 1: 170–183 (In Russ.)]. doi: 10.21668/health.risk/2022.1.18.
 12. Маткевич Е.И., Синицын В.Е., Зеликман М.И., Кручинин С.А., Иванов И.В. Основные направления снижения дозы облучения пациентов при компьютерной томографии. REJR 2018; 8 (3): 60–73. [Matkevich E.I., Sinicyn V.E., Zelikman M.I., Kruchinin S.A., Ivanov I.V. Main directions of reducing patient irradiation doses in computed tomography. REJR 2018; 8 (3): 60–73 (In Russ.)]. doi: 10.21569/2222-7415-2018-8-3-60-73.
 13. Синицына А.В., Андреичева Н.В., Баулин И.А., Колпина Н.Ю., Гаврилов П.В., Синельникова Е.В. Целесообразность применения компьютерной томографии у детей с положительным тестом на аллерген туберкулезный рекомбинантный. Медицинский альянс 2023; 11 (4): 142–148. [Sinicyna A.V., Andreicheva N.V., Baulin I.A., Kolpina N.Ju., Gavrilov P.V., Sinel'nikova E.V. The feasibility of ct scanning in children with a positive recombinant tuberculosis allergen test. Medicinskij al'jans 2023; 11 (4): 142–148 (In Russ.)]. doi: 10.36422/23076348-2023-11-4-142-148.
 14. Черняев А.П., Желтоножская М.В., Варзарь С.М. Радиационная безопасность: учебное пособие. М.: ООП физического факультета МГУ, 2019. [Chernjaev A.P., Zheltonozhskaja M.V., Varzar' S.M. Radiation safety: Ucheb. Posobie. Moscow: OOP fizicheskogo fakul'teta MGU, 2019 (In Russ.)].
 15. Краснов А.С., Терещенко Г.В. Клиническое значение лучевой нагрузки при исследовании детей с онкологическими заболеваниями. Вопросы гематологии/онкологии и иммунопатологии в педиатрии 2017; 16 (2): 75–79. [Krasnov A.S., Tereshhenko G.V. Clinical importance of radiation exposure from diagnostic radiological examinations in pediatric oncology patients. Voprosy gematologii/onkologii i immunopatologii v pediatrii 2017; 16 (2): 75–79 (In Russ.)]. doi: 10.24287/1726-1708-2017-16-2-75-79.
 16. Гребенюк А.Н., Легеца В.И., Евдокимов В.И., Сидоров Д.А. Радиационная медицина: учебное пособие; Всерос. центр. экстрен. и радиац. медицины им. А.М. Никифорова МЧС России. Ч. I: Основы биологического действия радиации. 2013. [Grebenuk A.N., Legeza V.I., Evdokimov V.I., Sidorov D.A. Radiation medicine: ucheb. posobie; Vseros. centr. jekstren. i radiac. mediciny im. A.M. Nikiforova MChS Rossii. St. Petersburg: Politehnika-servis, P. I: Fundamentals of the biological effect of radiation. 2013 (In Russ.)].
 17. Линге И.И., Крышев И.И. Радиоэкологическая обстановка в регионах расположения предприятий Государственной корпорации по атомной энергии «Росатом» 2021 [Linge I.I., Kryshev I.I. Radioecological situation in the regions where enterprises are located State Atomic Energy Corporation «Rosatom» 2021 (In Russ.)].
 18. Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 26.04.2010 № 40 (ред. от 16.09.2013) «Об утверждении СП 2.6.1.2612-10 «Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ-99/2010)» [Postanovlenie Glavnogo gosudarstvennogo sanitarnogo vracha RF ot 26.04.2010 № 40 (red. ot 16.09.2013) «On approval of SP 2.6.1.2612-10 «Basic sanitary rules for radiation safety (OSPORB-99/2010)» (In Russ.)].
 19. Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 07.07.2009 № 47 «Об утверждении СанПиН 2.6.1.2523-09 «Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009)» [Postanovlenie Glavnogo gosudarstvennogo sanitarnogo vracha RF ot 07.07.2009 № 47 «On approval of SanPiN 2.6.1.2523-09 «Radiation Safety Standards (NRB-99/2009)» (In Russ.)].
 20. Larjava H.R.S., Eneh C.T.M., Niiniviita H.M. To shield or not to shield: shielding may have unintended effects on patient dose in CT. Eur. Radiol. 2024; 34: 2480–2486. doi: 10.1007/s00330-023-10211-3.
 21. Клинические рекомендации «Острые миелоидные лейкозы». 2020. [Klinicheskie rekomendacii «Acute myeloid leukemia». 2020 (In Russ.)].
 22. Клинические рекомендации «Злокачественные новообразования костей и суставных хрящей: остеосаркома, саркома Юинга». 2020. [Klinicheskie rekomendacii «Malignant neoplasms of bones and articular cartilage: osteosarcoma, Ewing's sarcoma». 2020 (In Russ.)].

23. Клинические рекомендации «Рак носоглотки». 2020. [Klinicheskie rekomendacii «Nasopharyngeal cancer». 2020 (In Russ.)].
24. Клинические рекомендации «Рак щитовидной железы». 2020. [Klinicheskie rekomendacii «Thyroid cancer». 2020 (In Russ.)].
25. Bosch de Basea Gomez M., Thierry-Chef I., Harbron R. et al. Risk of hematological malignancies from CT radiation exposure in children, adolescents and young adults. *Nat. Med.* 2023; 29: 3111–3119. doi: 10.1038/s41591-023-02620-0.
26. Кузнецова Д.Р., Габдуллина Д.А., Махмудова А.Ф., Бочкина Е.В., Платонова Е.О., Жирнов Б.О., Ахметгареева Э.Э., Атангулова Л.С., Шеин Р.С., Рахимова К.И., Пакальнис В.В., Ганиева Э.Р. Риск развития опухолей головного мозга у детей, ассоциированный с проведением компьютерной томографии головы: систематический обзор литературы. Вопросы современной педиатрии 2023; 22 (1): 23–30. [Kuznecova D.R., Gabdullina D.A., Mahmudova A.F., Bochkina E.V., Platonova E.O., Zhirnov B.O., Ahmetgareeva Je.Je., Atangulova L.S., Shein R.S., Rahimova K.I., Pakal'nis V.V., Ganieva Je.R. Pediatric Brain Tumor Risk Associated with Head Computed Tomography: Systematic Review. *Voprosy sovremennoj pediatrii* 2023; 22 (1): 23–30 (In Russ.)]. doi: 10.15690/vsp.v22i1.2506.
27. Han M.A., Kim J.H. Diagnostic X-Ray Exposure and Thyroid Cancer Risk: Systematic Review and Meta-Analysis. *Thyroid.* 2018; 28 (2): 220–228. doi: 10.1089/thy.2017.0159.
28. Клинические рекомендации «Туберкулез у детей». 2024. [Klinicheskie rekomendacii «Tuberculosis in children». 2024 (In Russ.)].
29. Клинические рекомендации «Латентная туберкулезная инфекция у детей». Общество фтизиатров, Национальная ассоциация некоммерческих организаций фтизиатров «Ассоциация фтизиатров». 2024. [Klinicheskie rekomendacii «Latent tuberculosis infection in children». Obshchestvo ftiziatrov, Natsional'naya assotsiatsiya nekommercheskikh organizatsiy ftiziatrov «Assotsiatsiya ftiziatrov». 2024 (In Russ.)].
30. Старшинова А.А., Зазерская И.Е., Батракова Т.В., Грищенко А.С., Труфанов Г.Е., Кудлай Д.А. Принципы профилактики, диагностики и лечения туберкулезной инфекции у беременных: учебное пособие. 2024. [Starshinova A.A., Zazerskaja I.E., Batrakova T.V., Grishhenkov A.S., Trufanov G.E., Kudlaj D.A. Principles of prevention, diagnosis and treatment of tuberculosis infection in pregnant women: Uchebnoe posobie. 2024 (In Russ.)].
31. Медик В.А., Токмачев М.С. Статистика здоровья населения и здравоохранения: учебное пособие. 2006. [Medik V.A., Tokmachev M.S. Population and health statistics: uchebnoe posobie. 2006 (In Russ.)].
32. Павловская Е.А., Багненко С.С., Буровик И.А., Бусько Е.А., Тятков С.А., Гришко П.Ю., Берлев И.В. Показания, ограничения и возможности применения методов лучевой диагностики у беременных женщин. Медицинская визуализация 2024; 28 (2): 95–107. [Pavlovskaja E.A., Bagnenko S.S., Burovik I.A., Bus'ko E.A., Tjatk'ov S.A., Grishko P.Ju., Berlev I.V. Medical visualization in pregnancy: indications, limitations and prospects. *Medicinskaja vizualizacija* 2024; 28 (2): 95–107 (In Russ.)]. doi: 10.24835/1607-0763-1408.
33. Begano D., Söderberg M., Bolejko A. To use or not use patient shielding on pregnant women undergoing CT pulmonary angiography: a phantom study. *Radiation Protection Dosimetry* 2020; 189 (4): 458–465. doi: 10.1093/rpd/ncaa059.
34. Письмо Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека от 4.05.2010 г. № 01/6843-10-32 «О Публикации 103 МКРЗ» [Pis'mo Federal'noj sluzhby po nadzoru v sfere zashhity prav potrebitel'ej i blagopoluchija cheloveka ot 4.05.2010 № 01/6843-10-32 «About the Publication of 103 ICRP» (In Russ.)].
35. Мязин А.А. К вопросу о безопасности ультразвуковой диагностики легких у новорожденных (обзор литературы). Визуализация в медицине 2020; 2 (2): 3–7. [Mjazin A.A. On the issue of the safety of ultrasound diagnostics of the lungs in newborns (literature review). *Vizualizacija v medicine* 2020; 2 (2): 3–7 (In Russ.)].
36. Крылова А.И., Сотникова Е.А., Гольбиц А.Б. Лучевые исследования с контрастным усилением у детей. Педиатр 2016; 7 (1): 111–119. [Krylova A.I., Sotnikova E.A., Gol'bic A.B. The use of contrast media in radiology in children. *Pediatr.* 2016; 7 (1): 111–119 (In Russ.)]. doi: 10.17816/PED71111-119.
37. Письмо Минздрава РФ от 07.04.2017 № 15-2/10/2-2343 О направлении клинических рекомендаций «Выявление и диагностика туберкулеза у детей, поступающих и обучающихся в образовательных организациях» с Клиническими рекомендациями «Выявление и диагностика туберкулеза у детей, поступающих и обучающихся в образовательных организациях». Утверждены Российским обществом фтизиатров 07.03.2017 [Pis'mo Minzdrava RF ot 07.04.2017 № 15-2/10/2-2343 O napravlenii klinicheskikh rekomendacij «Detection and diagnosis of tuberculosis in children entering and studying in educational institutions» s Klinicheskimi rekomendacijami «Detection and diagnosis of tuberculosis in children entering and studying in educational institutions». Utverzhdeny Rossijskim obshhestvom ftiziatrov (In Russ.)].
38. Jaganath D., Beaudry J., Salazar-Austin N. Tuberculosis in Children. *Infect. Dis. Clin. North Am.* 2022; 36 (1): 49–71. doi: 10.1016/j.idc.2021.11.008.
39. Приказ Министерства здравоохранения СССР «Об упорядочении рентгенологических обследований» от 29.03.1990 № 129 [Prikaz Ministerstva Zdravooohranenija SSSR «On the ordering of X-ray examinations» ot 29.03.1990 № 129 (In Russ.)].
40. Оценка радиационного риска у пациентов при проведении рентгенорадиологических исследований. Методические рекомендации. Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2015. [Assessment of radiation risk in patients during X-ray radiological examinations. Metodicheskie rekomendacii. Federal'nyj centr gigieny i jepidemiologii Rospo-trebnadzora, 2015 (In Russ.)].

Поступила в редакцию 10.03.2025 г.

Сведения об авторах:

Баулин Иван Александрович — кандидат медицинских наук, доцент кафедры лучевой диагностики и биомедицинской визуализации ФП и ДПО ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет» Минздрава России; 194100, Санкт-Петербург, Литовская ул., д. 2; врач-рентгенолог, заведующий отделением лучевой диагностики СПб ГБУЗ «Межрайонный Петроградско-Приморский противотуберкулезный диспансер № 3»; 197343, Санкт-Петербург, Студенческая ул., д. 16, лит. А; врач-рентгенолог кабинета компьютерной томографии рентгеновского отделения

ФГБУ «НМИЦ детской травматологии и ортопедии имени Г.И. Турнера» Минздрава России; 196603, г. Санкт-Петербург, г. Пушкин, ул. Парковая, д. 64–68; e-mail: ivanbaulin@yandex.ru; ORCID 0000-0002-4345-1747;

Логинова Дарья Сергеевна — клинический ординатор кафедры лучевой диагностики и биомедицинской визуализации ФП и ДПО ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет» Минздрава России; 194100, Санкт-Петербург, Литовская ул., д. 2; e-mail: dsloginova@yandex.ru; ORCID 0009-0007-4185-7309;

Коробова Дарья Михайловна — клинический ординатор кафедры лучевой диагностики и биомедицинской визуализации ФП и ДПО ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет» Минздрава России; 194100, Санкт-Петербург, Литовская ул., д. 2; e-mail: koroboova@mail.ru; ORCID 0009-0009-0326-1306;

Ермакович Евгения Алексеевна — клинический ординатор кафедры лучевой диагностики и биомедицинской визуализации ФП и ДПО ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет» Минздрава России; 194100, Санкт-Петербург, Литовская ул., д. 2; e-mail: mlIntrzn@yandex.com; ORCID 0009-0002-9096-8340;

Томилова Ирина Анатольевна — заведующая диспансерным отделением № 1 СПб ГБУЗ «Межрайонный Петроградско-Приморский противотуберкулезный диспансер № 3»; 197343, Санкт-Петербург, Студенческая ул., д. 16, лит. А; e-mail: invite-irina@mail.ru; ORCID 0009-0003-9490-0324;

Синицына Анастасия Вячеславовна — кандидат медицинских наук, доцент кафедры лучевой диагностики и биомедицинской визуализации ФП и ДПО ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет» Минздрава России; 194100, Санкт-Петербург, Литовская ул., д. 2; врач-рентгенолог, заведующая отделением лучевой диагностики СПб ГБУЗ «Противотуберкулезный диспансер № 16»; 198099, Санкт-Петербург, Оборонная ул., д. 33; e-mail: asicyn@yandex.ru; ORCID 0000-0002-2724-4596;

Синельникова Елена Владимировна — доктор медицинских наук, профессор, заведующая кафедрой лучевой диагностики и биомедицинской визуализации ФП и ДПО ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет» Минздрава России; 194100, Санкт-Петербург, Литовская ул., д. 2; e-mail: sinelnikovae@gmail.com; ORCID 0000-0003-2213-3755.