Государственное санитарно-эпидемиологическое нормирование Российской Федерации

2.6.1. ГИГИЕНА. РАДИАЦИОННАЯ ГИГИЕНА. ИОНИЗИРУЮЩЕЕ ИЗЛУЧЕНИЕ, РАДИАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Радиационная защита детей в лучевой диагностике

Методические указания
МУ 2.6.1.3387—16

Издание официальное

Москва • 2016

gost.e-ecolog.ru

Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека

2.6.1. ГИГИЕНА. РАДИАЦИОННАЯ ГИГИЕНА. ИОНИЗИРУЮЩЕЕ ИЗЛУЧЕНИЕ, РАДИАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Радиационная защита детей в лучевой диагностике

Методические указания
МУ 2.6.1.3387—16

ББК 51.26
Р15

Р15 **Радиационная** защита детей в лучевой диагностике: Методические указания.—М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2016.—32 с.

ISBN 978—5—7508—1532—6

1. Разработаны Федеральным бюджетным учреждением науки «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт радиационной гигиены имени профессора П. В. Рамзаева» (С. А. Кальницкий – руководитель разработки, М. И. Балонов, А. В. Водоватов, И. А. Звонова, С. С. Сарычева, Л. А. Чипига, И. Г. Шацкий).

2. Рекомендованы к утверждению Комиссией по государственному санитарно-эпидемиологическому нормированию Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека (протокол от 20 мая 2016 г. № 1).

3. Утверждены Руководителем Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации А. Ю. Поповой 26 июля 2016 г.

ББК 51.26

Ответственный за выпуск Н. В. Митрохина
Редакторы К. В. Шмат, Л. С. Кучурова
Компьютерная верстка Е. В. Ломановой

Подписано в печать 30.12.16

Формат 60x90/16 Печ. л. 2,0
Тираж 125 экз. Заказ 89

Федеральная служба по надзору
в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека
127994, Москва, Вадковский пер., д. 18, стр. 5, 7

Оригинал-макет подготовлен к печати и тиражирован
отделением издательского обеспечения отдела научно-методического обеспечения
Федерального центра гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора
117105, Москва, Варшавское ш., 19а
Реализация печатных изданий, тел./факс: 8 (495) 952-50-89

© Роспотребнадзор, 2016
© Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2016

Содержание

Сокращения, используемые в тексте 4
I. Область применения 5
II. Общие положения 6
2.1. Особенности медицинского облучения детей 6
2.2. Определение дозы медицинского облучения детей 7
III. Общие методы радиационной защиты детей 8
3.1. Обоснование лучевой диагностики 8
3.2. Оптимизация проведения рентгенорадиологического исследования и радиационной защиты пациентов 10
3.3. Организационные и технические методы радиационной защиты 12
IV. Специальные методы радиационной защиты детей 14
4.1. Рентгенографические исследования 14
4.2. Рентгеноскопические исследования 15
4.3. Рентгеновская компьютерная томография 17
4.4. Интервенционные рентгенологические исследования 19
4.5. Радионуклидная диагностика 21
Приложение 1. Рентгенорадиологические исследования детей и радиационный риск 24
Приложение 2. Влияние параметров проведения рентгенографических процедур на дозу у детей и качество изображения 25
Приложение 3. Влияние параметров проведения рентгеновской компьютерной томографии на эффективную дозу у пациентов и диагностическую информацию 26
Приложение 4. Средние значения вводимой активности радиофармпрепарата и эффективной дозы у детей при некоторых радионуклидных исследованиях 27
Приложение 5. Термины и определения 28
Приложение 6. Нормативные ссылки 31
Приложение 7. Библиография 32

Сокращения, используемые в тексте

АКЭ – автоматический контроль экспозиции
DLP – произведение дозы на длину
CTDI – компьютерно-томографический индекс дозы
ИИ – ионизирующее излучение
ИРЛИ – интервенционные рентгенологические исследования
МО – медицинская организация
МРТ – магнитно-резонансная томография
МР – методические рекомендации
МУ – методические указания
ОФЭКТ – однофотонный эмиссионный компьютерный томограф
ПДП – произведение дозы на площадь
ПЭТ – позитронно-эмиссионная томография
РКТ – рентгеновская компьютерная томография
РДУ – референтный диагностический уровень
РНД – радионуклидная диагностика
РРИ – рентгенорадиологическое исследование
РФП – радиофармпрепарат
СЦГ – сцинтиграфия
ЭКГ – электрокардиография

УТВЕРЖДАЮ
Руководитель Федеральной службы
по надзору в сфере защиты прав
потребителей и благополучия человека,
Главный государственный санитарный
врач Российской Федерации
А. Ю. Попова
26 июля 2016 г.

2.6.1. ГИГИЕНА. РАДИАЦИОННАЯ ГИГИЕНА. ИОНИЗИРУЮЩЕЕ ИЗЛУЧЕНИЕ, РАДИАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Радиационная защита детей в лучевой диагностике

Методические указания МУ 2.6.1.3387—16

I. Область применения

1.1. Настоящие методические указания (далее – Указания) разработаны в соответствии с требованиями СП 2.6.1.2523—09 «Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009)» (зарегистрированы в Минюсте РФ 14 августа 2009 г. № 14534), СП 2.6.1.2612—10 «Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ-99/2010)» (зарегистрированы в Минюсте РФ 11 августа 2010 г. № 18115), СанПиН 2.6.1.1192—03 «Гигиенические требования к устройству, эксплуатации рентгеновских кабинетов, аппаратов и проведению рентгенологических исследований» (зарегистрированы в Минюсте РФ 19 марта 2003 г. № 4282) и МУ 2.6.1.1892—04 «Гигиенические требования по обеспечению радиационной безопасности при проведении радионуклидной диагностики с помощью радиофармпрепаратов».

1.2. Указания содержат инструкции по обеспечению радиационной защиты пациентов детского и подросткового возраста (до 18 лет) при проведении диагностических рентгенорадиологических исследований (РРИ). В подготовке Указаний использованы рекомендации международных организаций – Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), Международной комиссии по радиологической защите (МКРЗ), Между-

народного агентства по атомной энергии (МАГАТЭ), документов Европейской Комиссии по вопросам радиационной защиты в медицине.

1.3. Указания распространяются на основные виды лучевой диагностики в педиатрии: рентгенографию и рентгеноскопию; РКТ и ИРЛИ, а также на РНД. Указания не распространяются на лучевую терапию.

1.4. Указания предназначены для органов и организаций Роспотребнадзора в субъектах Российской Федерации, специалистов медицинских организаций, ответственных за назначение и проведение диагностических РРИ у детей, а также для организаций, производящих и обслуживающих оборудование для рентгеновской и радионуклидной диагностики.

II. Общие положения

2.1. Особенности медицинского облучения детей

2.1.1. При проведении РРИ у детей необходимо учитывать анатомические и физиологические особенности организма ребенка, различия в радиочувствительности отдельных органов, тканей и организма в целом у детей в разные возрастные периоды. Высокая пролиферативная и метаболическая активность тканей детей младшего возраста обусловливает их наибольшую чувствительность в отношении индукции радиогенного рака, которая при облучении всего тела в 2—3 раза выше, чем у взрослых 20—60 лет. У детей старшего возраста радиочувствительность выше, чем у взрослых, в 1,5—2 раза.

2.1.2. Органы и ткани у детей имеют другие массу и пропорции и распределены в теле иначе, чем у взрослых. У детей младшего возраста органы расположены близко друг к другу, поэтому их труднее исключить из первичного пучка рентгеновского излучения и защитить от рассеянного излучения.

2.1.3. Метаболизм РФП в организме детей протекает быстрее, чем у взрослых, а накопление РФП в органах меньшей массы формирует более высокие дозы, что необходимо учитывать при проведении радионуклидных диагностических исследований у детей.

2.1.4. Согласно данным радиационно-эпидемиологических исследований женщины в целом в 1,4 раза чувствительнее мужчин в отношении онкологических последствий облучения радиацией. У детей такой эффект известен в отношении радиогенного рака щитовидной железы, который при равной дозе развивается у девочек в 2—4 раза чаще, чем у мальчиков.

2.1.5. Большинство радиационно-индуцированных новообразований проявляется по прошествии минимального латентного периода после облучения, составляющего от 2 до 10 лет для разных видов рака. Поэтому в связи с большей ожидаемой продолжительностью жизни дети имеют больше шансов дожить до развития радиационно-индуцированных новообразований, вызванных РРИ, проведенными в детском возрасте.

2.1.6. Особенностью проведения РРИ у детей является необходимость помощи и поддержки родителей (или других лиц) во время обследования ребенка. Эта помощь должна быть организована с учетом радиационной защиты как ребенка, так и взрослого, для которого в этом случае существует ограничение годовой эффективной дозы в 5 мЗв.

2.1.7. Из-за существенных различий массы тела для оптимизации проведения медицинского исследования следует применять различные протоколы для детей разных возрастных групп, использовать различное оборудование и методики исследования.

2.1.8. В последние годы происходит активное внедрение в медицинскую практику новой аппаратуры и методик, значительно расширяющих возможности лучевой диагностики, но одновременно и увеличивающих дозу у пациентов. При применении новых радиодиагностических методов дети за время одного исследования могут получать дозы значительно более высокие, чем взрослые, что требует специальных приемов планирования и осуществления РРИ у детей.

2.2. Определение дозы медицинского облучения детей

2.2.1. Степень радиационного воздействия диагностической лучевой процедуры на пациента оценивается значением эффективной дозы (мЗв). Эффективная доза – это величина, используемая как мера риска возникновения отдаленных стохастических последствий облучения всего тела человека или отдельных органов и тканей с учетом их радиочувствительности.

2.2.2. Поскольку дети в своем развитии от новорождённых до подростков претерпевают большой диапазон изменений всех анатомических и физиологических параметров организма, для целей дозиметрии и радиационной защиты Международная комиссия по радиологической защите разделила детский контингент на пять возрастных групп, каждая из которых представлена референтным возрастом, ростом и массой тела ребенка (табл. 1).

Таблица 1

Возрастные характеристики пациентов

Референтный возраст	Диапазон возраста, лет	Референтный рост, см	Референтная масса тела, кг
Новорождённый (3 мес.)	0—меньше 1	51	3,5
1 год	1—меньше 2	76	10
5 лет	2—меньше 7	109	19
10 лет	7—меньше 12	138	32
15 лет М/Ж	12—меньше 17	167/161	56/53
Взрослый М/Ж	17 и старше	176/163	73/60

Для данных референтных возрастных групп определяют эквивалентные и эффективные дозы медицинского облучения в целях радиационной защиты.

2.2.3. Эффективные дозы внешнего облучения рентгеновским излучением для шести референтных групп детей и взрослых вычисляют согласно МУ 2.6.1.2944—11 «Контроль эффективных доз облучения пациентов при проведении медицинских рентгенологических исследований». Исходными данными служат физические параметры пучка рентгеновского излучения и параметры проведения диагностического исследования.

2.2.4. Эффективные дозы внутреннего облучения вычисляют для четырех референтных групп детей (группы новорождённых и 1 год объединены) и взрослых согласно МУ 2.6.1.3151—13 «Оценка и учет эффективных доз у пациентов при проведении радионуклидных диагностических исследований». Исходными данными служат активность введенного радионуклида и химическая форма радиофармпрепарата.

III. Общие методы радиационной защиты детей

3.1. Обоснование лучевой диагностики

3.1.1. Проведение диагностических РРИ у детей обосновывают с учетом следующих положений:

– имеются клинические показания для диагностики;

– выбрано РРИ, результаты которого могут повлиять на ход лечения пациента;

– планируемое РРИ не повторяет недавно проведенных исследований;

– врачу-рентгенологу (радиологу) предоставлены данные, необходимые для проведения исследования;

– выбран наиболее щадящий в отношении облучения детей метод исследования;

– рассмотрены альтернативные (нерадиационные) методы диагностики.

3.1.2. В современной медицине используют трехуровневый подход к обоснованию назначения РРИ:

1) **на первом уровне** принимается, что надлежащее применение РРИ в медицине приносит больше пользы, чем вреда;

2) **второй уровень** рассмотрен в клинических стандартах лечения, где даны рекомендации по применению определенных РРИ при установленных или предполагаемых диагнозах заболеваний;

3) **третий уровень** обоснования относится к конкретному пациенту с его анамнезом, физиологическими особенностями, историей предыдущих радиационных и нерадиационных диагностических исследований.

3.1.3. Применение РРИ у детей должно быть тщательно обосновано с точки зрения сравнения диагностической пользы и радиационного риска возможных отдаленных последствий (онкологических заболеваний). Методические рекомендации МР 2.6.1.0098—15 «Оценка радиационного риска у пациентов при проведении рентгенорадиологических исследований» (далее МР 2.6.1.0098—15) содержат информацию для лечащих врачей и рентгенологов (радиологов) по этому вопросу. Уровни риска, соответствующие наиболее распространенным детским РРИ, приведены в прилож. 1.

3.1.4. Радиационные риски, связанные с диагностическим применением ИИ, в большинстве случаев незначительны по сравнению с риском для здоровья ребенка-пациента вследствие неполучения необходимой диагностической информации. Однако имеется ряд РРИ, при использовании которых радиационным риском не следует пренебрегать.

3.1.5. Для классификации пожизненного радиационного риска для здоровья пациента, связанного с применением РРИ, используется международная шкала риска и примерно соответствующая эффективная доза у детей (табл. 2).

Таблица 2

Шкала радиационного риска и эффективная доза у детей от РРИ

Категория риска	Риск (отн. ед.)	Разъяснение риска	Эффективная доза у детей, мЗв
Пренебрежимый	$< 10^{-6}$	менее 1 случая на миллион человек	< 0,01
Минимальный	10^{-6}—10^{-5}	от 1 до 10 случаев на миллион человек	0,01—0,1
Очень низкий	10^{-5}—10^{-4}	от 1 до 10 случаев на сто тысяч человек	0,1—1,0
Низкий	10^{-4}—10^{-3}	от 1 до 10 случаев на десять тысяч человек	1—10
Умеренный	10^{-3}—$3 \cdot 10^{-3}$	от 1 до 3 случаев на тысячу человек	10—30
Существенный	$3 \cdot 10^{-3}$—10^{-2}	от 3 до 10 случаев на тысячу человек	30—100

Лучевая диагностика не создает таких доз у пациента, которые обусловливают риск, бóльший чем «существенный».

3.1.6. При выборе РРИ с учетом радиационного риска от его применения следует рассматривать состояние здоровья ребенка-пациента. Для пациентов, находящихся в тяжелом состоянии, безусловными критериями выбора являются информативность и оперативность метода диагностики. Для пациентов, находящихся в удовлетворительном состоянии, предпочтителен выбор метода лучевой диагностики с меньшим уровнем радиационного риска или метода без применения ИИ.

3.1.7. Врач-рентгенолог (радиолог) отвечает за проведение исследования и за радиационную защиту ребенка-пациента и других лиц, вовлеченных в проведение исследования: он/она выбирает методику РРИ, отвечающую клинической задаче, поставленной лечащим врачом, и оценивает возможности имеющейся аппаратуры для решения поставленной задачи. Рентгенолог (радиолог) оценивает обоснованность назначения процедуры и может отказать в ее выполнении, если: а) сочтет направление необоснованным; б) сочтет нецелесообразным ее выполнение на имеющейся аппаратуре; в) предложит для диагностики другой метод или другую аппаратуру.

3.1.8. Необходимо стремиться к уменьшению облучения детей-пациентов за счет как исключения необоснованных назначений РРИ, так и их необоснованных повторений. Врач-рентгенолог (радиолог) должен следить за суммарной дозой, которую получит ребенок, понимая, что каждая лучевая процедура увеличивает риск отдаленных последствий для здоровья (прилож. 1 и МР 2.6.1.0098—15). Запрещается проведение повторных исследований для получения дубликатов изображения.

3.1.9. Диагностические исследования, проведенные в амбулаторно-поликлинических условиях, не следует дублировать в условиях стационара. Повторные исследования проводят при изменении течения болезни или при появлении нового заболевания, а также для получения расширенной информации о состоянии здоровья пациента.

3.2. Оптимизация проведения рентгенорадиологического исследования и радиационной защиты пациентов

3.2.1. Целью оптимизации проведения РРИ и радиационной защиты детей-пациентов является получение качественной диагностической информации при минимально достижимой лучевой нагрузке на детский организм. Оптимизация является основным инструментом снижения уровня медицинского облучения пациентов, включая детей.

3.2.2. Оптимизация проведения РРИ и радиационной защиты детей-пациентов достигается путем обеспечения высокого качества проведения РРИ в сочетании с применением РДУ и мероприятий по снижению дозы у пациентов.

3.2.3. Проведение РРИ должно быть оптимизировано следующими средствами, включающими обеспечение качества:

– использование современной диагностической аппаратуры и методик, специализированных для исследования детей;

– контроль соответствия проводимых РРИ обоснованиям второго уровня;

– наличие регламентирующих инструкций и регистрации РРИ, включая данные клинической дозиметрии;

– контроль эксплуатационных параметров диагностического оборудования;

– повышение профессиональной квалификации персонала;

– мероприятия по устранению выявленных нарушений;

– контроль соблюдения и регулярный пересмотр программы обеспечения качества.

3.2.4. Радиационная защита детей-пациентов должна быть оптимизирована следующими средствами:

– выбор с помощью РДУ оптимального режима проведения РРИ как компромисс между хорошим качеством изображения или другой диагностической информации и низкими дозами у детей-пациентов;

– использование средств защиты, подходящих для исследования ребенка данного возраста;

– определение и регистрация дозы, получаемой детьми-пациентами;

– обучение и повышение квалификации персонала в вопросах радиационной безопасности.

3.2.5. Важным методом оптимизации радиационной защиты пациентов, в том числе детей, является применение РДУ для отдельных РРИ и возрастных групп пациентов. Референтные диагностические уровни служат средством для оценки того, не является ли уровень облучения пациента неоправданно большим или малым (в отношении стохастических эффектов) для рассматриваемого РРИ.

3.2.6. Референтные диагностические уровни устанавливают на национальном или региональном уровне органы здравоохранения или профессиональные общества рентгенологов/радиологов во взаимодействии с органами надзора с учетом местной медицинской практики и характеристик доступного оборудования. Для этого собирают в МО и анализируют значения дозиметрической величины, связанной с дозой и

радиационным риском для пациента. Такой величиной при стандартных условиях проведения рентгеновского исследования может быть:

– эффективная доза или произведение дозы на площадь пучка излучения или входная доза на поверхности тела – в общей рентгенологии;

– значение *DLP* и *CTDI* – в компьютерной томографии;

– дозировка вводимой активности РФП – в радионуклидной диагностике.

3.2.7. Из распределения числа диагностических установок по значениям выбранной дозиметрической величины определяют ее референтный уровень, обычно равный 75%-му квантилю. Установленное значение РДУ доводят до сведения всех МО, проводящих данное РРИ, с тем, чтобы специалисты, проводящие исследование, проверили, укладываются ли характеристики их установки в диапазон «хорошей практики», т. е. меньше 75%-го квантиля. В случае, если они превышают РДУ, необходимо принять технические или организационные меры для уменьшения дозы у пациента.

3.2.8. Превышение РДУ при исследовании конкретных пациентов не обязательно является нарушением требований радиационной защиты. Однако неоднократные и существенные превышения РДУ могут указывать на наличие существенных недостатков, требующих коррекции. Детальные рекомендации по применению концепции РДУ приведены в МР 2.6.1.0066—12 «Применение референтных диагностических уровней для оптимизации радиационной защиты пациента в рентгенологических исследованиях общего назначения» и МР 2.6.1.0097—15 «Оптимизация радиационной защиты пациентов в интервенционной радиологии».

3.2.9. Оптимизация радиационной защиты не всегда влечет за собой снижение дозы у детей-пациентов, так как приоритетом является получение надежной диагностической информации.

3.3. Организационные и технические методы радиационной защиты

3.3.1. В детские медицинские организации должны поставляться современные рентгеновские аппараты с низкой лучевой нагрузкой, соответствующие требованиям нормативных правовых документов и обеспечивающие проведение РРИ по специализированным, адаптированным для детей, протоколам.

3.3.2. Протоколы проведения РРИ детей должны учитывать возрастные особенности пациентов, их антропометрические характеристики, специфику заболеваний, особенности оборудования и требования к персоналу.

3.3.3. В рентгенологических исследованиях следует использовать средства индивидуальной защиты, соответствующие возрастным размерам ребенка и специфике проводимого исследования. Необходимо применять специальные средства защиты хрусталика глаза, щитовидной и молочной желез, а также гонад детей.

3.3.4. В радионуклидной диагностике уменьшение дозировки вводимой активности РФП в соответствии с массой тела до уровней, не снижающих качество получаемой диагностической информации, является действенным инструментом уменьшения дозы у детей-пациентов.

3.3.5. Иммобилизация (сохранение неподвижности) ребенка во время диагностического исследования является важным условием для получения качественного изображения при проведении РРИ. Это позволит избежать повторного исследования и тем самым снизить дозу. Неподвижности добиваются разными способами с учетом специфики проводимого исследования: использование фиксирующих приспособлений и седативных средств для младшего возраста, отвлечение (например, показ мультфильмов) и т. п.

3.3.6. Во многих случаях при проведении РРИ у детей требуется помощь и поддержка родителей или их законных представителей (немедицинского персонала) во время исследования ребенка. Помогающие взрослые должны быть обеспечены средствами индивидуальной защиты, подробно проинструктированы о поведении во время исследования ребенка. Исследование должно быть организовано таким образом, чтобы была обеспечена радиационная защита пациента и помогающих лиц. Запрещается использовать в качестве помощников при проведении РРИ беременных женщин.

3.3.7. Следует объяснять детям-пациентам, их родителям или законным представителям, помогающим в проведении исследования, условия проведения РРИ, информировать их о необходимой подготовке к нему и о поведении во время исследования. Правильный психологический настрой ребенка и помогающего ему взрослого – одно из условий качественного исследования.

3.3.8. Запрещается привлекать детей в качестве добровольцев для участия в медико-биологических исследованиях с использованием ионизирующего излучения.

3.3.9. Медицинское облучение пациентов, в том числе и детей, не нормируется, поскольку нормирование может помешать получению адекватной диагностической информации или проведению лечения. Основными принципами радиационной защиты пациентов являются: а) обоснование необходимости проведения процедуры; б) оптимизация

ее исполнения с целью получения необходимой диагностической информации в условиях наилучшей достижимой радиационной защиты пациента.

IV. Специальные методы радиационной защиты детей

4.1. Рентгенографические исследования

4.1.1. При обслуживании одного и того же рентгеновского аппарата разными операторами (рентгенолаборантами) следует использовать единые унифицированные протоколы РРИ. Не допускается использование различных протоколов или изменение протоколов в соответствии с предпочтением лечащего врача или врача-рентгенолога.

4.1.2. Рентгенорадиологическое исследование следует выполнять с использованием малого фокуса при наличии такой возможности. Это позволит значительно повысить качество изображения за счет снижения геометрической нерезкости.

4.1.3. Большинство современных рентгеновских аппаратов (как аналоговых, так и цифровых) работают с АКЭ. При проведении рентгенографических исследований с использованием АКЭ следует позиционировать пациента таким образом, чтобы обеспечивать полное перекрытие активных датчиков АКЭ. В противном случае снимок будет непригоден для диагностики. При исследовании детей младших возрастных групп использовать АКЭ не следует.

4.1.4. Время экспозиции при исследовании детей должно быть сведено к минимуму в связи с тем, что детям сложно выполнять требования оператора (задерживать дыхание и пр.) и длительно находиться в одном положении. Увеличение времени экспозиции приводит к получению непригодного для чтения снимка в связи с артефактами движения и геометрической нерезкостью.

4.1.5. При выборе подходящего значения анодного напряжения следует учитывать особенности детской анатомии. У детей младшего возраста кости еще не окончательно сформированы (кальцифицированы), поэтому контраст между костями и мягкими тканями значительно ниже, чем у взрослых. Только использование низкого напряжения (50—70 кВ) позволит обеспечить надлежащее качество изображения. Для рентгенографии детей-пациентов следует избегать напряжения выше 80—90 кВ.

4.1.6. При определении параметров проведения исследования необходимо обеспечивать оптимальное соотношение между анодным напряжением и экспозицией. При этом следует придерживаться правила 15 %: увеличение анодного напряжения на 15 % будет оказывать такой

же эффект на плотность почернения пленки, как и увеличение экспозиции в 2 раза (и наоборот, уменьшение напряжения на 15 % окажет эффект уменьшения экспозиции вдвое). При использовании этого правила повышение напряжения с параллельным снижением экспозиции позволит снизить дозу у пациента.

4.1.7. Необходимо проводить программную постобработку полученного цифрового изображения, изменяя динамический диапазон (соответственно изменяя контраст) и накладывая различные фильтры (изменяя пространственное разрешение и четкость изображения). Это позволяет улучшать качество изображения и выполнять исследования пациентов на низкодозовых режимах без потери клинической ценности снимка.

4.1.8. Уменьшение входной дозы (в определенных пределах) на цифровом приемнике изображения не будет существенно ухудшать качество изображения. В связи с этим ограничение дозы на приемнике изображения является одним из основных инструментов оптимизации защиты пациента в цифровой рентгенографии.

4.1.9. Фильтрация прямого пучка рентгеновского излучения с использованием сменных фильтров должна подбираться в зависимости от проекции, в которой проводится рентгенография пациента:

– при съемке в обратной (передне-задней) или боковой проекции должна использоваться максимальная фильтрация;

– при съемке в прямой (задне-передней) проекции должна использоваться минимальная фильтрация. Увеличение фильтрации приводит к возрастанию времени экспозиции и незначительно ухудшает качество изображения за счет увеличения шума.

4.1.10. Использование растров приводит к значительному увеличению дозы у пациентов. Оно необходимо в том случае, когда толщина исследуемой анатомической области превышает 10 см и используется анодное напряжение выше 60 кВ. Отказ от использования растра позволяет значительно снизить дозу у пациентов (до 2—3 раз). Это возможно при исследовании органов грудной клетки и конечностей, а также детей младших возрастных категорий.

4.1.11. Влияние параметров проведения рентгенографических процедур на дозу у пациентов и качество изображения для аналоговых и цифровых рентгеновских аппаратов приведено в прилож. 2.

4.2. Рентгеноскопические исследования

4.2.1. При проведении рентгеноскопических исследований детей необходимо регистрировать следующие дозовые параметры: произведе-

ние дозы на площадь (измеряется); значение эффективной дозы (рассчитывается).

4.2.2. Рентгеноскопические исследования детей следует проводить в режиме импульсной рентгеноскопии. Оптимальными являются следующие значения частоты кадров в секунду: 30 кадров в секунду – для кардиологических интервенционных исследований; 15 кадров в секунду – для некардиологических интервенционных исследований; 1—4 кадра в секунду – для общих рентгеноскопических исследований (желудочно-кишечный тракт, мочевой пузырь). Дозовая нагрузка пациентов в таком режиме снижается пропорционально уменьшению числа кадров в секунду.

4.2.3. При проведении детских рентгеноскопических исследований с введением контраста значения анодного напряжения не должны превышать 80 кВ при использовании йодсодержащих контрастных средств и 100 кВ при использовании барийсодержащих контрастных средств. Для новорождённых и грудных детей следует проводить исследования при напряжении 40—60 кВ. Для крупных подростков допустимо проводить исследования при напряжении 110—120 кВ.

4.2.4. При проведении общих рентгеноскопических исследований детей применяют бóльшую толщину фильтров по сравнению с рентгенографическими исследованиями, чтобы снизить входную дозу. Используют комбинацию алюминиевых и медных фильтров, эквивалентную 2,5 мм Al + 0,1—0,2 мм Cu.

4.2.5. Для записи изображения следует использовать функцию задержки последнего кадра (для цифровых аппаратов). Следует стремиться сохранять изображения, полученные в данном режиме, и использовать их в качестве альтернативы обычным рентгеновским снимкам при условии достаточного качества изображения. Доза пациента при этом будет ниже по сравнению с обычным рентгеновским снимком.

4.2.6. При проведении исследований детей младших возрастных групп или органов тела, требующих высокой детализации, следует использовать наименьшее рабочее поле приемника аппарата (цифровое увеличение). В остальных случаях следует использовать большие рабочие поля в сочетании с соответствующей коллимацией поля излучения. Необходимо иметь в виду, что уменьшение рабочего поля приемника и последующее цифровое увеличение изображения на мониторе позволяет увеличить пространственное разрешение и четкость изображения, но сопровождается значительным увеличением дозы пациента.

4.2.7. Все рентгеноскопические исследования анатомических областей с толщиной более 10 см должны проводиться с использованием

отсеивающего растра. При этом увеличение дозы у пациента (до 60 %) будет компенсироваться значительным улучшением качества изображения за счет снижения шума.

4.2.8. Запрещается позиционировать пациента перед исследованием в режиме рентгеноскопии даже с использованием минимального количества кадров.

4.3. Рентгеновская компьютерная томография

4.3.1. Одним из наиболее информативных, но и высокодозовых видов РРИ является РКТ, и поэтому важно тщательное обоснование данного вида исследований у детей. Общие инструкции по обоснованию РРИ даны в разделе 3.1 Указаний.

4.3.2. Дополнительно при выборе между РКТ и МРТ для детей-пациентов необходимо учитывать тяжесть предполагаемого заболевания, продолжительность обследования, побочные эффекты анестезии и контраста, размеры и состояние пациента. Состояние мягких тканей, нервной системы или костного мозга наиболее информативно оценивается с помощью МРТ. От злокачественного заболевания потенциальный ущерб здоровью выше, чем радиационный риск от РКТ, и поэтому проведение РКТ-исследования может быть обоснованно.

4.3.3. Медицинский физик или инженер должен разработать низкодозовые протоколы исследований детей-пациентов на компьютерном томографе и согласовать их с врачом-рентгенологом. Протоколы должны быть подготовлены на все проводимые виды исследований для каждой возрастной группы пациентов.

4.3.4. При проведении РКТ-исследования следует использовать формирующий пучок фильтр (*bowtie filter*) и ширину пучка (*FOV*) в соответствии с размером ребенка-пациента и обследуемой областью тела.

4.3.5. При разработке новых протоколов РКТ-исследования необходимо учитывать, что снижение шума на изображении связано с увеличением дозы, и необходимо находить оптимальные параметры исследований для каждой возрастной группы пациентов.

4.3.6. При разработке протоколов РКТ-исследований детей необходимо использовать ряд технических и организационных методических приемов (см. также прилож. 3).

4.3.6.1. *Общие указания*:

– снижать напряжение и использовать значение мА · с в соответствии с массой пациента. Следует иметь в виду, что применение для детей стандартных параметров исследования для взрослых пациентов приводит как к плохому качеству изображения, так и к высокой дозе;

– снижать при сканировании головы 0—5-летнего ребенка экспозицию в 2,5 раза по сравнению с протоколом взрослого; при исследовании туловища необходимо снижать экспозицию для новорождённых в 4—5 раз;

– использовать автоматическую модуляцию силы тока по X, Y и Z осям;

– использовать максимально возможную коллимацию в соответствии с особенностями диагноза и аппарата, ограничивая зону сканирования интересующей областью исследования;

– использовать наименьшее доступное время ротации трубки для снижения артефактов и неточностей, а также для ускорения сканирования;

– использовать спиральное сканирование с питч-фактором более 1 (например, 1,5) для ускорения сканирования. Следует иметь в виду, что при включенной функции модуляции силы тока величина экспозиции увеличится;

– избегать при сканировании смежных областей с использованием различных протоколов значительного их перекрытия.

4.3.6.2. *Указания при многофазных исследованиях с введением контрастного вещества*:

– минимизировать число сканирований. Для обследования детей обычно достаточно однофазного сканирования. Нативная и отсроченные фазы редко дают дополнительную информацию в случае обследования детей, но могут удвоить или утроить дозовую нагрузку;

– использовать для отдельных фаз более короткие длины сканирования;

– использовать большее значение питч-фактора и меньшее значение экспозиции для нативных или отсроченных фаз для ускорения сканирования и снижения дозы ребенка-пациента (кроме случаев, когда нужно высокое качество изображения);

– заменять РКТ-исследование с отслеживанием болюса стандартной задержкой сканирования (кроме случаев, когда критична временная привязка).

4.3.6.3. *Указания при кардиологических исследованиях*:

– применять ЭКГ-модуляцию, адаптируя ее под частоту сердцебиения пациента, используя соответствующие фазы сердечного ритма для максимального усиления, мА · с;

– использовать, если позволяет оборудование, специальный протокол, обеспечивающий синхронизацию с ЭКГ и двухтрубочный или пошаговый режим сканирования (для пациентов с медленным и стабиль-

ным сердцебиением: 45—70), что позволит снизить дозу пациента в 4—6 раз;

– использовать 3-D режим сканирования, что позволит избежать артефактов и неточностей;

– использовать небольшие значения напряжения (80—100 кВ) в кардиологических протоколах, что снизит дозу и повысит контраст сосудов;

– использовать для реконструкции изображения итерационный метод, позволяющий получить хорошее качество изображения при низкодозовом исследовании.

4.4. Интервенционные рентгенологические исследования

4.4.1. Интервенционные рентгенологические исследования детей характеризуются сложностью и длительностью проведения и связаны с высокими уровнями облучения детей-пациентов. Поэтому ИРЛИ требуют индивидуального обоснования и тщательного планирования. Общие инструкции по обоснованию РРИ даны в разделе 3.1 Указаний.

4.4.2. При обосновании ИРЛИ 3-го уровня (для конкретного пациента) необходимо учитывать историю предыдущих ИРЛИ, проведенных в течение последних месяцев. Дополнительное облучение той же области тела, где уже проводили ИРЛИ, может привести к превышению дозового порога детерминированных эффектов и развитию радиационного поражения кожи и подкожных тканей.

4.4.3. Интервенционные рентгенологические исследования должны проводиться опытными специалистами с высокой квалификацией в области детской рентгенохирургии, прошедшими обучение по вопросам радиационной защиты в медицине. Сложные ИРЛИ должны быть предварительно спланированы, чтобы исключить необоснованное облучение, вызванное ошибочной или повторной рентгеновской съемкой.

4.4.4. Интервенционные рентгенологические исследования детей-пациентов проводятся на специальных детских ангиографических рентгеновских аппаратах с детектором излучения малого размера (менее 30 см в диаметре). Данные аппараты должны быть оснащены современными системами снижения дозы (импульсная рентгеноскопия, дополнительная фильтрация, функция задержки последнего кадра и пр.) и проходными ионизационными камерами – измерителями ПДП, позволяющими в реальном времени измерять уровень облучения пациентов.

4.4.5. Генератор рентгенодиагностического аппарата для ИРЛИ должен обеспечивать большой динамический диапазон анодного тока и необходимый уровень радиационного выхода. Экспозиция при соответствующем напряжении должна быть минимально возможной, а время

облучения (выдержка) – соответствовать толщине объекта. Для этого следует использовать три фокальных пятна: для боковой проекции, для пространственного и спектрального профиля пучка.

4.4.6. Методики проведения ИРЛИ должны исключать развитие детерминированных лучевых эффектов в тканях детей-пациентов в месте входа пучка рентгеновского излучения в тело. В случае возможности проведения исследования под контролем нерадиационного способа визуализации ему следует отдавать предпочтение.

4.4.7. Для снижения уровня облучения детей при ИРЛИ следует использовать также следующие меры:

– позиционировать и коллимировать аппарат при выключенном режиме рентгеноскопии, кратковременно нажимая на педаль для проверки положения;

– коллимировать пучок излучения в строгом соответствии с размерами исследуемой области (но не путем цифрового увеличения);

– работать в режиме низкой мощности дозы излучения;

– располагать рентгеновскую трубку как можно дальше от пациента (минимальное расстояние составляет 38 см), а приемник изображения – как можно ближе к пациенту;

– уменьшать в режиме рентгенографии частоту съемки (количество кадров в секунду) до минимально возможного уровня;

– использовать вместо серийной рентгеносъемки функцию «задержка последнего кадра» или производить запись в режиме рентгеноскопии;

– менять угол наклона рентгеновской трубки в ходе исследования при длительных процедурах, чтобы снизить облучение кожи пациента и уменьшить область перекрытия полей;

– не использовать режим цифрового увеличения (уменьшение рабочего поля в два раза приводит к увеличению мощности дозы в четыре раза);

– удалять отсеивающую решетку при исследовании пациентов с весом менее 20 кг;

– ограничивать использование косых наклонных проекций;

– избегать попадания рук рентгенохирурга в прямой пучок, так как это увеличивает исходящую мощность дозы и уровень облучения ребенка.

4.4.8. При исследовании новорождённых и детей младшего возраста приемник изображения может полностью перекрывать тело пациента. В такой ситуации важна точность коллимации на исследуемой области тела для эффективности ИРЛИ и снижения дозы.

4.4.9. Исследования сосудов сердца у детей проводят с большей, по сравнению с исследованиями взрослых, частотой рентгеносъемки. Учащенное сердцебиение детей требует скорости съемки до 30 кадров в секунду, что приводит к увеличению дозы.

4.4.10. Необходимо регистрировать следующие измеренные дозиметрические характеристики облучения пациента: ПДП, время рентгеноскопии и число сделанных снимков. Данные параметры характеризуют методику исследования и используются при установлении комплексного РДУ (МР 2.6.1.0097—15).

4.4.11. Для оптимизации защиты пациентов используют МР 2.6.1.0097—15 «Оптимизация радиационной защиты пациентов в интервенционной радиологии». Для установления и использования РДУ у детей при ИРЛИ следует учитывать большой разброс в параметрах их проведения и разделять детей на возрастные группы.

4.4.12. При превышении в ходе проведения ИРЛИ контрольных значений ПДП, приведенных в МУ 2.6.1.2944—11 и МР 2.6.1.0097—15, существует значительная вероятность возникновения детерминированных эффектов в коже пациента. Поэтому по завершении исследования следует:

– зарегистрировать дозиметрические параметры облучения пациента;

– сообщить пациенту и его лечащему врачу о возможных лучевых реакциях на коже;

– наблюдать за состоянием кожи пациента в течение 2 недель и, при необходимости, применять терапевтические меры;

– указать в истории болезни пациента, что в данном исследовании контрольное значение ПДП было превышено, особенно если планируется повторное исследование.

4.5. Радионуклидная диагностика

4.5.1. Радионуклидное исследование детей проводят по показаниям, определенным национальными стандартами диагностики и лечения, по обоснованному направлению лечащего врача после того, как исчерпаны возможности нерадиационных методов диагностики, сопоставлены польза и радиационный риск планируемого исследования и получено информированное согласие родителей ребенка.

4.5.2. Основным инструментом управления дозой в детской радионуклидной диагностике является выбор адекватной вводимой активности, которая для детей должна быть меньшей, чем для взрослых. Согласно МУ 2.6.1.3151—13 «Контроль доз облучения у пациентов при

проведении радионуклидных диагностических медицинских исследований» значение вводимой активности РФП уменьшают пропорционально массе тела. На рисунке показана зависимость значения понижающего множителя от массы тела пациента, которую следует использовать при определении активности РФП, вводимой детям.

4.5.3. Зависимость дозировки вводимой детям активности РФП от массы тела корректируют с учетом технических возможностей используемой аппаратуры. Необоснованное завышение вводимой активности РФП, как и уменьшение ее ниже уровня, необходимого для получения качественного изображения распределения РФП в изучаемых органах, недопустимы.

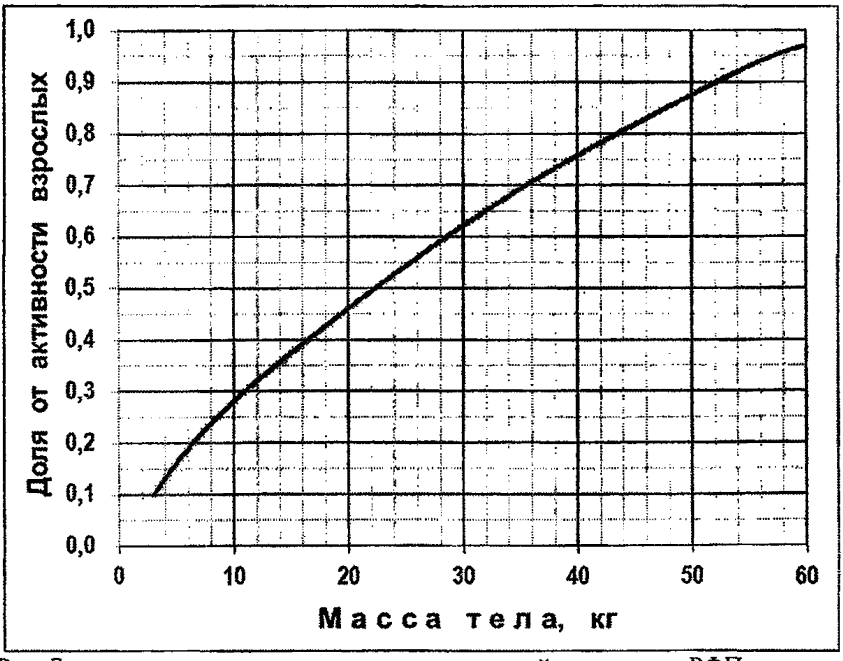


Рис. Зависимость множителя снижения вводимой активности РФП от массы тела пациента. За единицу принято значение вводимой активности РФП для «стандартных» взрослых пациентов

4.5.4. При выборе активности РФП, вводимой детям разного возраста, необходимо стремиться к достижению статистики счета, достаточной для получения высококачественного диагностического изображения. Средние значения активностей, применяемые в России для радионуклидной диагностики у детей, и соответствующие эффективные дозы приведены в прилож. 4.

4.5.5. Для проведения РНД у детей выбирают РФП, формирующий наименьшую дозу из всех возможных препаратов, используемых для данной цели, при условии получения качественной диагностической информации. Согласно классификации риска в п. 3.1.5 Указаний, дозы при РНД детей, как правило, не выходят за пределы «низкого» риска.

4.5.6. При проведении РНД у детей на аппаратах, совмещенных с РКТ, следует использовать низкодозовый протокол РКТ-сканирования, необходимый для анатомической привязки очагов накопления РФП. При ПЭТ/КТ-исследованиях используют рентгеновское сканирование только для коррекции на аттенюацию. В этом случае при создании РКТ-протокола следует выключить модуляцию силы тока и выбрать оптимальные параметры исследования для разных возрастных групп пациентов. Использование диагностического режима РКТ в гибридных аппаратах при РНД-исследовании приводит к существенному увеличению дозы у детей (в 1,5—3 раза) при некоторых видах исследований.

4.5.7. Уменьшение вводимой активности РФП сопровождается увеличением времени сбора информации, и в этом случае необходимо обеспечить сохранение неподвижности ребенком в течение времени сканирования. Для закрепления неподвижного положения ребенка используют дополнительную фиксацию. Для маленьких детей в отдельных случаях используют седативные средства.

4.5.8. После проведения РРИ детям следует пить много жидкости для ускоренного выведения РФП. У младенцев и детей младшего возраста это сопровождается частой заменой памперсов, одежды и белья. Необходимо разработать процедуру их сбора и хранения для выдержки на распад перед утилизацией как нерадиоактивных отходов или перед сдачей в прачечную. Медицинский персонал и сопровождающие ребенка лица должны быть проинформированы о гигиенических мерах радиационной безопасности и выполнять их в течение времени, указанного врачом-радиологом или медицинским физиком.

Приложение 1
(обязательное)

Рентгенорадиологические исследования детей и радиационный риск

Радиационный риск, отн. ед.	Эффективная доза, мЗв	Общая рентгенология	Рентгеновская компьютерная томография	Интервенционные исследования	Рентгеновская стоматология	Радионуклидная диагностика
Пренебрежимый ($< 10^{-6}$)	< 0,01	Рентгенография: конечности			Отдельные снимки, боковая краниограмма, цефалостат	
Минимальный (10^{-6}—10^{-5})	0,01—0,1	Рентгенография: череп, грудная клетка, шейные позвонки Флюорография (цифровая)			Панорамные исследования	Ренография
Очень низкий (10^{-5}—10^{-4})	0,1—1,0	Рентгенография: грудные и поясничные позвонки, таз, брюшная полость Флюорография (пленочная)		Диагностические ИРЛИ	Компьютерная томография	СЦГ: почки
Низкий (10^{-4}—10^{-3})	1—10	Рентгеноскопия: грудная клетка, желудок, кишечник	РКТ: череп, грудная клетка, брюшная полость, таз	Терапевтические ИРЛИ		СЦГ: сердце, печень, скелет; СЦГ и сканирование: щитовидная железа; СЦГ, ПЭТ: все тело; ПЭТ: голова; ПЭТ/КТ: голова
Умеренный (10^{-3}—$3 \cdot 10^{-3}$)	10—30		Многозонные исследования; многофазные исследования с введением контраста грудной клетки			ОФЭКТ/КТ: скелет; ПЭТ/КТ: все тело, миокард
Существенный ($3 \cdot 10^{-3}$—10^{-2})	30—100		Многофазные исследования с введением контраста брюшной полости, таза			

Приложение 2
(справочное)

Влияние параметров проведения рентгенографических процедур на дозу у детей и качество изображения

Параметр		Влияние на качество изображения с увеличением параметра		Влияние на дозу пациента с увеличением параметра
		аналоговое изображение	цифровое изображение	
Сила тока, мА		Повышение плотности почернения пленки	Не влияет. Возможно потемнение при высоких значениях мАс	Доза увеличивается пропорционально увеличению силы тока
		Повышение пространственного разрешения		
Время экспозиции, с		Появление дефектов изображения, уменьшение разрешающей способности при съемке органов с внутренним автоматизмом		Доза увеличивается пропорционально увеличению времени экспозиции
Анодное напряжение, кВ	без АКЭ*	Снижение контрастности. Повышение плотности почернения пленки	Снижение контрастности	Доза увеличивается пропорционально увеличению напряжения
	с АКЭ			Доза значительно снижается за счет уменьшения времени экспозиции
Коллимация (уменьшение размеров поля облучения)		Повышение контрастности Повышение пространственного разрешения		Доза значительно снижается за счет ограничения облучения органов, не попадающих в поле облучения
Расстояние источник-приемник (РИП)		Снижение геометрических искажений		Доза снижается
Использование отсеивающей решетки (растра)		Снижение шума		Доза значительно увеличивается
Толщина фильтрации		Незначительное увеличение шума		Входная доза значительно снижается
* Автоматический контроль экспозиции				

Приложение 3
(справочное)

Влияние параметров проведения рентгеновской компьютерной томографии на эффективную дозу у пациентов и диагностическую информацию

Параметр РКТ-исследования		Качество изображения	Доза пациента
Длина сканирования (ДС)		С увеличением ДС улучшается анатомический обзор	Доза увеличивается пропорционально ДС
Произведение силы тока на время сканирования, мА · с	Время ротации трубки, с	Увеличение времени ротации трубки может привести к появлению артефактов и неточностей	Доза увеличивается пропорционально, мА · с
	Сила тока, мА	Увеличение силы тока снижает шум изображения и улучшает разрешение для низкоконтрастных объектов	
Напряжение, кВ	без автоматической модуляции, мА	Увеличение напряжения снижает контрастность (рекомендуется снижать напряжение для худых пациентов и увеличивать для полных)	Увеличение напряжения увеличивает дозу на полных пациентов
	с автоматической модуляцией, мА		Снижение напряжения уменьшает дозу на худых пациентов
Питч-фактор	без автоматической модуляции, мА	Увеличение питч-фактора приводит к более шумному изображению и увеличению артефактов спирального сканирования	Увеличение питч-фактора приводит к снижению дозы
	с автоматической модуляцией, мА	Увеличение питч-фактора при включенной модуляции, мА · с, не влияет на уровень шума, но может привести к артефактам спирального сканирования	При включенной модуляции, мА · с, доза может не снизиться при увеличении питч-фактора
Коллимация		При уменьшении коллимации получается более детализированная информация	Уменьшение коллимации может привести к увеличению дозы

Приложение 4
(справочное)

Средние значения вводимой активности радиофармпрепарата и эффективной дозы[1] для детей при некоторых радионуклидных исследованиях

Исследуемый орган или область тела*	РФП	Активности (МБк) и эффективные дозы (мЗв) для детей различных референтных возрастных групп (лет)							
		0–меньше 2		2—меньше 7		7—меньше 12		12—меньше 17	
		активность, МБк	E, мЗв	активность, МБк	E, мЗв	активность, МБк	E, мЗв	активность, МБк	E, мЗв
Брюшная полость	99mTc-пертехнетат	65	5	85	3,5	95	2,5	110-	2
Все тело	123I-МИБГ	70	5	110	4	140	4	160	3
	99mTc-технетрил	50	3	130	4	250	4,5	450	5,4
	18F-ФДГ	100	10	150	8	200	7	220	6
Головной мозг	11C метионин	50	2	300	8	480	8	700	8
	18F-ФДГ	65	6	80	4	120	4	170	5
Легкие	99mTc-макротех	40	2,5	60	2	70	2	100	2
Печень	99mTc-бромезида	40	4	50	2	70	2	70	1,5
	99mTc-технефит	40	2	50	1,5	85	1,5	100	1
Почки	123I-гиппуран	10	0,3	30	1	40	1	70	1
	99mTc-пентатех	25	0,4	35	0,3	45	0,4	100	0,5
	99mTc-технемаг	20	0,4	40	0,6	70	0,6	70	0,6
	99mTc-технемек	60	2	70	1,6	90	1,4	110	1,3
Сердце	99mTc-технетрил	150	8	210	6	350	6	360	4
Скелет	99mTc-пирфотех	70	2	150	2	180	2	250	2
	99mTc-технефор	70	2	100	1,5	190	2	290	2
ЩЖ	123I-йодид натрия	–	–	25	19	30	11	85	20
	99mTc-пертехнетат	60	5	80	3	90	2,5	70	1,2

* Под исследуемым органом подразумевается вся система организма, к которой этот орган принадлежит, например, для печени – это вся гепатобилярная система, для почек – мочевыводящая система

[1] Эффективные дозы E рассчитаны по МУ 2.6.1.3151—13 «Оценка и учет эффективных доз у пациентов при проведении радионуклидных диагностических исследований».

Приложение 5
(справочное)

Термины и определения

Входная доза (ВД) – доза на поверхности тела пациента во время проведения рентгеновской процедуры в центре пучка излучения с учетом обратного рассеивания. Единица измерения – мГр.

Доза поглощенная средняя в органе или ткани (Т), DT – поглощенная доза ионизирующего излучения, усредненная по всему объему органа или ткани Т. В единицах СИ поглощенная доза измеряется в Дж · $кг^{-1}$ и имеет специальное название «грей» (Гр).

Доза эффективная (ЭД) – величина, используемая как мера риска возникновения отдаленных последствий облучения всего тела человека и отдельных его органов и тканей с учетом их радиочувствительности. Единица измерения – мЗв.

Защита радиационная – комплекс мероприятий, направленный на защиту человека от ионизирующего излучения, а также изыскание способов ослабления вредного действия ионизирующего излучения.

Компьютерно-томографический индекс дозы (CTDI) – интеграл профиля дозы за один оборот рентгеновской трубки, нормализованный к ширине рентгеновского луча. Служит мерой поглощенной дозы излучения за один оборот рентгеновской трубки. Является единственным непосредственно измеряемым дозиметрическим параметром при КТ. Единица измерения – мГр.

Контроль качества – часть программы обеспечения качества, включающая мониторинг, оценку и поддержание на требуемом уровне всех измеримых и управляемых характеристик работы оборудования и выполнения медицинских процедур.

Напряжение анодное – разность потенциалов, приложенная между анодом и катодом рентгеновской трубки. Обычно под анодным напряжением понимают его амплитудное значение в киловольтах (кВ).

Обеспечение качества – планируемые и систематические действия, необходимые для обеспечения работы медицинского рентгенорадиологического оборудования и выполнения процедур на уровне, удовлетворяющем установленным медико-техническим требованиям.

Облучение медицинское – облучение ионизирующим излучением, которому подвергаются пациенты при прохождении ими диагностических или терапевтических медицинских процедур, а также лица (за исключением персонала), помогающие в уходе за пациентами в больнице или дома; лица, проходящие медицинские обследования в связи с про-

фессиональной деятельностью или в рамках медико-юридических процедур и участвующие в медицинских профилактических обследованиях и в медико-биологических исследованиях.

Обоснование – принцип радиационной защиты, состоящий в том, что применение ИИ в медицине должно приносить пользу пациентам, которая должна намного превосходить потенциальную возможность потери здоровья вследствие облучения. Если деятельность с использованием ИИ бесполезна, то она не обоснована с позиции радиационной безопасности.

Оптимизация – принцип радиационной защиты, состоящий в том, что число облученных лиц и величины индивидуальных доз должны удерживаться на столь низком уровне, насколько это разумно достижимо с учетом экономических и социальных факторов. Применительно к медицинскому облучению это означает управление дозой у пациента с учетом медицинской (лечебной) цели РРИ.

Пациент – лицо, получающее медицинскую помощь с целью профилактики, диагностики или лечения заболеваний.

Питч – отношение сдвига стола за полную (360°) ротацию рентгеновской трубки к общей коллимации пучка рентгеновского излучения при РКТ.

Произведение дозы на длину (*DLP*) – мера поглощенной дозы излучения за все КТ-исследование с учетом длины сканируемой области и количества сканирований. Является производным расчетным параметром от *CTDI*. Единица измерения – мГр · см.

Произведение дозы на площадь (ПДП) – произведение средней дозы в воздухе по площади поперечного сечения пучка рентгеновского излучения на эту площадь. ПДП является дозиметрической характеристикой данной рентгенодиагностической процедуры, проводимой на данном аппарате в данном режиме. ПДП инвариантно по отношению к расстоянию от фокуса рентгеновской трубки до поверхности тела пациента. Единицей ПДП является Гр · $м^2$.

Референтный диагностический уровень (РДУ) – установленное значение стандартной дозы или стандартного произведения дозы на площадь пучка рентгеновского излучения при типовых рентгенодиагностических процедурах в регионе или стране. Значение РДУ обычно устанавливают равным 75%-му квантилю распределения стандартной дозы или стандартного произведения дозы на площадь при проведении данной процедуры в различных ЛПУ региона или страны.

Риск радиационный пожизненный – вероятность возникновения радиационно-индуцированных стохастических последствий для здоро-

вья индивидуума (заболевания, нарушения трудоспособности, преждевременная смерть) в течение жизни после облучения ИИ, зависящая от дозы, мощности дозы и вида ИИ, радиочувствительности облученных органов. На уровень риска влияют пол, возраст в момент облучения и другие факторы.

Средства радиационной защиты индивидуальные – надеваемые на человека или располагаемые на его теле технические средства для защиты всего тела, его части или отдельных органов от рентгеновского излучения при рентгенологических исследованиях.

Фильтр рентгеновского излучения – совокупность поглощающих сред, предназначенных для ослабления рентгеновского излучения и изменения его спектрального состава.

Эффект радиационный детерминированный (тканевая реакция) – повреждение органа или ткани, обусловленное радиационно-индуцированной гибелью клеток. Характеризуется наличием порога дозы излучения и зависимостью тяжести повреждения от дозы.

Эффект радиационный канцерогенный – возникновение злокачественных новообразований (опухолей) при действии на организм человека ионизирующего излучения.

Приложение 6
(справочное)

Нормативные ссылки

1. СанПиН 2.6.1.1192—03 «Гигиенические требования к устройству и эксплуатации рентгеновских кабинетов, аппаратов и проведению рентгенологических исследований».

2. СанПиН 2.6.1.2523—09 «Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009)».

3. СанПиН 2.6.1.2612—10 «Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ-99/2010)».

4. МУ 2.6.1.1892—04 «Гигиенические требования по обеспечению радиационной безопасности при проведении радионуклидной диагностики с помощью радиофармпрепаратов».

5. МУ 2.6.1.2944—11 «Контроль эффективных доз облучения пациентов при проведении медицинских рентгенологических исследований».

6. МУ 2.6.1.3151—13 «Контроль доз облучения у пациентов при проведении радионуклидных диагностических медицинских исследований».

7. МР 2.6.1.0066—12 «Применение референтных диагностических уровней для оптимизации радиационной защиты пациента в рентгенологических исследованиях общего назначения».

8. МР 2.6.1.0097—15 «Оптимизация радиационной защиты пациентов в интервенционной радиологии».

9. МР 2.6.1.0098—15 «Оценка радиационного риска у пациентов при проведении рентгенорадиологических исследований».

10. МР № 0100/4443-07-34 «Гигиенические требования по ограничению доз облучения детей при рентгенологических исследованиях».

Приложение 7
(справочное)

Библиография

1. Международная комиссия по радиационной защите. Радиационная защита в медицине: Публикация 105 МКРЗ. Под редакцией Д. Валентина; редактор русского перевода М.И. Балонов. gost.e-ecolog.ru docs/P105Russian.pdf или gost.e-ecolog.ru

2. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. Sources and effects of ionizing radiation. UNSCEAR 2008 Report to the General Assembly with Scientific Annexes. Volume I, Annex A. Medical radiation exposures. New York, UN, 2010.

3. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. Sources, effects and risks of ionizing radiation. UNSCEAR 2013 Report to the General Assembly with Scientific Annexes. Volume II. Scientific Annex B: Effects of radiation exposure of children. New York. UN. 2013.

4. International Commission on Radiological Protection. Radiological Protection in Paediatric Diagnostic and Interventional Radiology. ICRP Publication 121. Ann. ICRP 42(2). 2013.

5. International Atomic Energy Agency. Radiation protection in paediatric radiology. Safety reports series. No. 71. Vienna. IAEA. 2012.

6. European Commission. European guidelines on quality criteria for diagnostic radiographic images in paediatrics. European Communities, Report EUR 16261, ISBN 92-827-7843-6. Brussels; Luxembourg. 1996.

7. European Commission. Guidance for protection of unborn children and infants irradiated due to parental medical exposures. European Communities, Radiation Protection 100. Brussels; Luxembourg. 1998.

8. Pearce M. S. et al. Radiation exposure from CT scans in childhood and subsequent risk of leukaemia and brain tumours: a retrospective cohort study // The Lancet. 380 (9840). P. 499 – 505.

9. gost.e-ecolog.ru

gost.e-ecolog.ru