Государственное санитарно-эпидемиологическое нормирование
Российской Федерации

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

Оценка радиационного риска у пациентов при проведении рентгенорадиологических исследований

Методические рекомендации
МР 2.6.1.0098—15

Издание официальное

Москва • 2015

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

Оценка радиационного риска у пациентов при проведении рентгенорадиологических исследований

Методические рекомендации
МР 2.6.1.0098—15

ББК 51.26
О93

О93 **Оценка** радиационного риска у пациентов при проведении рентгенорадиологических исследований: Методические рекомендации.—М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2015.—42 с.

ISBN 978—5—7508—1383—4

1. Разработаны ФБУН «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт радиационной гигиены имени профессора П. В. Рамзаева» (М. И. Балонов, В. Ю. Голиков, И. А. Звонова, С. А. Кальницкий, А. А. Братилова, А. В. Водоватов, С. С. Сарычева, Л. А. Чипига, И. Г. Шацкий); ФГБУ МРНЦ Минздрава России (В. К. Иванов, В. В. Кашеев, П. В. Кащеева, С. Ю. Чекин, А. Н. Меняйло, Е. А. Пряхин); ГБОУ ДПО РМАПО Минздрава России (И. Е. Тюрин); Управлением Роспотребнадзора по Белгородской области (Г. В. Лазебная).

2. Утверждены руководителем Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации А. Ю. Поповой 6 апреля 2015 года.

3. Введены впервые.

ББК 51.26

ISBN 978—5—7508—1383—4

© Роспотребнадзор, 2015
© Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2015

Содержание

1. Область применения 4
2. Общие положения 5
3. Зависимость радиационного риска от дозы ИИ, облучаемых органов и тканей, возраста и пола пациента 7
4. Методика оценки радиационного риска медицинского облучения 9
5. Оценка радиационного риска у пациентов при проведении рентгенологического исследования общего назначения и маммографии 11
6. Оценка радиационного риска у пациентов при проведении рентгеновской компьютерной томографии 13
7. Оценка радиационного риска у пациентов при проведении рентгеностоматологического исследования 15
8. Оценка радиационного риска у пациентов при проведении интервенционного рентгенологического исследования 16
9. Оценка радиационного риска у пациентов при проведении радионуклидной диагностики 18
10. Взвешивание рисков и обоснование диагностических рентгенорадиологических исследований 20
11. Библиографические данные 24
Приложение 1. Методика расчёта пожизненного атрибутивного радиационного риска при однократном облучении 26
Приложение 2. Эффективные дозы у российских пациентов разных возрастных групп при рентгенологических и радионуклидных исследованиях (средние и диапазоны, мЗв) 34
Приложение 3. Активности (МБк) некоторых РФП, вводимых пациентам разного возраста, соответствующие различным уровням радиационного риска для здоровья 37
Приложение 4. Термины и определения 40

УТВЕРЖДАЮ
Руководитель Федеральной службы
по надзору в сфере защиты прав
потребителей и благополучия человека,
Главный государственный санитарный
врач Российской Федерации

А. Ю. Попова

6 апреля 2015 г.

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

Оценка радиационного риска у пациентов при проведении рентгенорадиологических исследований

Методические рекомендации МР 2.6.1.0098—15

1. Область применения

1.1. Настоящие методические рекомендации (далее – Рекомендации) содержат методику оценки радиационного риска для здоровья пациента, обусловленного проведением диагностических рентгенологических или радионуклидных исследований в медицинских организациях (далее – МО), классификацию радиационного риска, а также рекомендации по сравнению радиационного риска вследствие лучевой диагностики с другими видами риска для здоровья при обосновании диагностических исследований и носят рекомендательный характер.

1.2. Рекомендации относятся к медицинским рентгенодиагностическим исследованиям общего назначения (рентгенография, рентгеноскопия и флюорография), маммографии, рентгеновской компьютерной томографии, рентгеновской стоматологии, интервенционной рентгенологии (диагностические исследования и терапевтические процедуры) и радионуклидной диагностики разных видов (сцинтиграфия, однофотонная эмиссионная компьютерная томография (далее – ОФЭКТ), позитронная эмиссионная томография (далее – ПЭТ) и их сочетаниям. Настоящие Рекомендации не относятся к процедурам лучевой терапии.

1.3. Настоящие Рекомендации предназначены для территориальных органов и подведомственных организаций Роспотребнадзора; органов исполнительной власти, осуществляющих управление здравоохранени-

ем в субъектах Российской Федерации; администраций МО, врачей-рентгенологов, радиологов и лечащих врачей, а также организаций, осуществляющих радиационный контроль в МО.

1.4. Администрациям МО, врачам-рентгенологам, радиологам и лечащим врачам рекомендуется использовать настоящий документ для обоснования назначения и проведения диагностических исследований взрослых и детских пациентов с использованием ионизирующего излучения (далее – ИИ), а также для информирования пациента об ожидаемой или о полученной дозе излучения и о возможных последствиях для здоровья при проведении медицинских рентгенорадиологических исследований.

1.5. Органы, осуществляющие федеральный санитарно-эпидемиологический надзор, используют Рекомендации для надзора за обоснованностью диагностических исследований с применением ИИ.

2. Общие положения

2.1. В настоящее время в развитых странах мира, включая Россию, интенсивно развиваются и широко внедряются современные методы лучевой диагностики различных заболеваний. Современные методы диагностической рентгенологии (компьютерная томография (далее – КТ), интервенционная рентгенология) и радиологии (ОФЭКТ, ПЭТ) и их сочетания более информативны для постановки диагнозов и лечения многих соматических заболеваний, чем традиционные методы (рентгенография, сцинтиграфия). Для медицинской визуализации с высоким пространственным и временным разрешением используют большие дозы ионизирующего излучения (ИИ), чем при применении традиционных методов лучевой диагностики. Наиболее высокодозными являются процедуры интервенционной рентгенологии, особенно терапевтические, а также рентгеновская компьютерная томография и радионуклидная диагностика.

2.2. Применение ИИ в медицине, связанное с облучением пациентов, может приводить к вредным последствиям для их здоровья. Лучевые поражения (тканевые реакции) кожи и подкожных тканей, а также тканей, прилегающих к опухоли, развивающиеся под действием больших доз ИИ, широко известны в лучевой терапии. Процедуры интервенционной рентгенологии, особенно терапевтические, также иногда вызывают лучевые поражения кожи и подкожных тканей. Тканевые реакции вследствие применения больших доз излучения как в лучевой терапии, так и при интервенционных рентгенологических процедурах в настоящих Рекомендациях не рассматриваются.

2.3. Отдаленные на годы и десятилетия онкологические и сердечно-сосудистые заболевания могут с определенной вероятностью возникать у пациентов как побочный эффект лучевой терапии заболеваний, обычно злокачественных. Такие стохастические (вероятностные) эффекты наблюдались у лиц, органы или ткани которых облучались в дозе ИИ около 100 мГр (для сердечно-сосудистых заболеваний – 500 мГр) и более. Предполагается, что у потомства облученных пациентов могут также возникать наследственные заболевания, вызванные ИИ, но до сих пор такие стохастические эффекты у человека в эпидемиологических исследованиях не наблюдались. В последние годы было выявлено увеличение онкологической заболеваемости лиц, которым в детстве многократно проводили диагностические рентгенологические исследования методом компьютерной томографии. Эти данные служат причиной повышенного внимания к назначению и проведению процедур лучевой диагностики.

2.4. В связи с известными вредными медицинскими последствиями облучения пациентов ИИ рекомендуется по возможности применять методы диагностической визуализации, не использующие ИИ, например, ультразвуковые исследования (далее – УЗИ) и магнитно-резонансную томографию (далее – МРТ).

2.5. В настоящих Рекомендациях под радиационным риском для здоровья понимается дополнительная (сверх спонтанной) вероятность возникновения онкологического заболевания в течение жизни у человека (пациента), подвергшегося облучению ИИ в малых дозах, скорректированная с учетом ущерба для здоровья, что подразумевает учёт тяжести и летальности от онкологического заболевания, оценку числа лет потерянной здоровой жизни. Также в оценке риска учитывается дополнительная возможность тяжелого наследственного заболевания у его потомства. Радиационный риск является характеристикой популяции, к которой относится пациент, и не учитывает его (ее) индивидуальную радиочувствительность.

2.6. Радиационные риски, обусловленные медицинским облучением, варьируются в широких пределах в зависимости от вида лучевой диагностики и режима ее проведения, возраста и пола пациента. Эти факторы определяют поглощенную дозу ИИ (Гр, мГр) в органах и тканях, подвергшихся облучению, и соответствующий радиационный риск.

2.7. Для обоснования проведения диагностического исследования радиационный риск, связанный с его проведением, следует сравнивать с риском для здоровья вследствие неполучения необходимой диагности-

ческой информации или неполноты информации в случае использования других диагностических методов.

2.8. Радиобиологические исследования показывают, что радиационные риски, связанные с диагностическим применением ИИ, в большинстве случаев незначительны по сравнению с риском для здоровья вследствие неполучения необходимой диагностической информации или получения неполной информации в случае использования других диагностических методов. Однако имеется ряд медицинских диагностических технологий с применением ИИ, при использовании которых радиационным риском нельзя пренебрегать. Это тем более существенно, если такие технологии применяются к пациентам, относящимся к более радиочувствительным поло-возрастным группам.

2.9. Для классификации пожизненного риска для здоровья пациента, связанного с медицинским вмешательством в форме диагностических исследований или лечебных процедур, в настоящих Рекомендациях используется следующая международная шкала риска:

- пренебрежимый – $< 10^{-6}$ (менее 1 случая на миллион человек);
- минимальный – 10^{-6}—10^{-5} (от 1 до 10 случаев на миллион человек);
- очень низкий – 10^{-5}—10^{-4} (от 1 до 10 случаев на сто тысяч человек);
- низкий – 10^{-4}—10^{-3} (от 1 до 10 случаев на десять тысяч человек);
- умеренный – 10^{-3}—$3 \cdot 10^{-3}$ (от 1 до 3 случаев на тысячу человек);
- существенный – $3 \cdot 10^{-3}$—10^{-2} (от 3 до 10 случаев на тысячу человек).

С бóльшим уровнем риска, чем существенный, диагностическая рентгенология и (или) радиология не связана.

3. Зависимость радиационного риска от дозы ИИ, облучаемых органов и тканей, возраста и пола пациента

3.1. Рост частоты злокачественных заболеваний человека вследствие облучения ИИ над спонтанной заболеваемостью выявлен долгосрочными эпидемиологическими наблюдениями за группами лиц, подвергшихся облучению при атомных бомбардировках Японии в 1945 г., в ходе производственной деятельности, после значительных радиоактивных выбросов в окружающую среду, а также облученных в качестве пациентов. Канцерогенный эффект радиации проявляется по прошествии минимального латентного периода, составляющего от 2 до 10 лет для разных видов рака, при дозе в соответствующих органах и тканях около 100 мГр и более у взрослых и несколько меньше у детей. При меньших дозах ИИ канцерогенный эффект радиации у человека не выявлен. В области дозы менее 100 мГр у взрослых зависимость канцеро-

генного эффекта от дозы ИИ описывается различными биофизическими моделями без экспериментального подтверждения.

3.2. Для целей радиационной защиты в диапазоне малых доз (меньше 100 мЗв эффективной дозы), в том числе для обоснования проведения процедур лучевой диагностики, общепринятой является линейная беспороговая модель Международной комиссии по радиационной защите (далее – МКРЗ). Согласно этой модели радиационный риск линейно возрастает в зависимости от дозы ИИ, в том числе малой дозы. Коэффициент пожизненного радиационного риска рака составляет $5{,}5 \cdot 10^{-5}$ мЗв$^{-1}$ для всего населения независимо от пола и возраста, а для взрослых обоего пола в трудоспособном возрасте (18—64 года) – $4{,}1 \cdot 10^{-5}$ мЗв$^{-1}$. Это означает, что если 100 тыс. человек с обычным половозрастным распределением получат эффективную дозу 1 мЗв, то у 5—6 из них через годы или десятилетия онкологические заболевания, вызванные облучением, могут привести к тяжелым последствиям для здоровья.

3.3. В дополнение к канцерогенному эффекту радиации в системе радиационной защиты учитываются возможные вредные наследственные эффекты с коэффициентом пожизненного риска $0{,}2 \cdot 10^{-5}$ мЗв$^{-1}$ для всего населения и $0{,}1 \cdot 10^{-5}$ мЗв$^{-1}$ для взрослых в трудоспособном возрасте. Наследственные эффекты радиации у человека не наблюдались, а коэффициенты риска основаны на экспериментальных данных, полученных на животных.

3.4. Согласно данным эпидемиологических и радиобиологических исследований органы и ткани человека обладают разной радиочувствительностью в отношении развития радиогенных злокачественных заболеваний. Общей закономерностью является более высокая радиочувствительность органов и тканей с более высокой пролиферативной и метаболической активностью. Наиболее чувствительными являются красный костный мозг, толстый кишечник, желудок, легкие, молочная железа. Умеренной чувствительностью характеризуются мочевой пузырь, пищевод, печень и щитовидная железа. Низкая радиочувствительность известна для костной поверхности, головного мозга, слюнных желез и других органов и тканей. Средней между высокой и умеренной осторожно полагается радиочувствительность гонад в отношении развития наследственных заболеваний. Радиочувствительность органов и тканей характеризуется коэффициентами пожизненного (после облучения) радиационного риска на единицу дозы в них (мГр$^{-1}$), зависящими от пола и возраста в период облучения.

3.5. Радиочувствительность органов и тканей человека существенно зависит от возраста в период облучения. Общей закономерностью является более высокая радиочувствительность детей и плода (эмбриона), у которых выше пролиферативная и метаболическая активность тканей, и больше продолжительность предстоящей жизни, в течение которой может развиться заболевание. Риск развития канцерогенных или наследственных эффектов после облучения плода ИИ принимают равным радиационному риску для новорожденных и младенцев до одного года. Напротив, у лиц старшего возраста радиочувствительность намного ниже.

3.6. Радиочувствительность отдельных органов и тканей зависит от возраста более сложным образом. Из числа наиболее чувствительных органов и тканей радиочувствительность толстого кишечника, желудка и молочной железы монотонно убывает с возрастом, а в красном костном мозге и легких она находится на одном уровне или медленно растет до 40—50 лет, после чего быстро убывает с возрастом. При однородном облучении всего тела суммарная радиочувствительность всех органов и тканей, наибольшая у детей младшего возраста, монотонно убывает с возрастом до минимальной после 80 лет, которая в 20 раз ниже, чем у детей.

3.7. Радиационно-эпидемиологические исследования показали, что женщины в целом в 1,4 раза чувствительнее мужчин в отношении онкологических последствий облучения ИИ. Это различие обусловлено, главным образом, радиочувствительностью молочной железы, а также вдвое более высокой чувствительностью легких и в 4 раза – щитовидной железы у женщин, чем у мужчин.

4. Методика оценки радиационного риска медицинского облучения

4.1. Оценку радиационного риска с целью обоснования проведения диагностического рентгенологического или радионуклидного исследования у лиц определенной возрастной группы можно сделать на основе эффективной дозы с использованием номинальных коэффициентов риска МКРЗ с поправкой на возрастную радиочувствительность:

$$R(A) = E(A) \cdot r_n \cdot k(A), \text{ где} \qquad (1)$$

$R(A)$ – пожизненный радиационный риск у пациента любого пола в возрасте A (лет) вследствие диагностического рентгенологического или радионуклидного исследования, отн. единиц;

$E(A)$ – эффективная доза у пациента любого пола в возрасте A (лет) от диагностического исследования, мЗв;

r_n – номинальный коэффициент пожизненного радиационного риска, равный $5,7 \cdot 10^{-5}$ мЗв$^{-1}$ для лиц любого пола и возраста;

$k(A)$ – поправочный множитель на возрастную радиочувствительность, равный 2,3 для детей (до 18 лет), 0,9 – для взрослых (18—65 лет) и 0,1 – для лиц старшего возраста (старше 65 лет), отн. ед.

4.2. Категориям риска, представленным в пункте 2.9 настоящих Рекомендаций, соответствуют диапазоны эффективной дозы, вычисленной по формуле (1) для трех возрастных групп, указанных в табл. 1. Данные табл. 1 использованы в разделах 6—10 для характеристики различных диагностических исследований, проводимых с применением ИИ пациентам трех возрастных групп, по уровню радиационного риска.

Таблица 1

Диапазоны эффективной дозы (мЗв), соответствующие разным уровням радиационного риска

Радиационный риск, отн. ед.	Эффективная доза, мЗв		
	дети (до 18 лет)	взрослые (18—64 года)	лица старшего возраста (65 лет и более)
Пренебрежимый ($< 10^{-6}$)	< 0,01	< 0,02	< 0,2
Минимальный (10^{-6}—10^{-5})	0,01—0,1	0,02—0,2	0,2—2
Очень низкий (10^{-5}—10^{-4})	0,1—1	0,2—2	2—20
Низкий (10^{-4}—10^{-3})	1—10	2—20	20—200
Умеренный (10^{-3}—$3 \cdot 10^{-3}$)	10—30	20—60	200—500
Существенный ($3 \cdot 10^{-3}$—10^{-2})	30—100	60—200	–

4.3. Более точно пожизненный риск отдаленных стохастических (канцерогенных и наследственных) последствий для здоровья пациента пола G и возраста A (лет) во время медицинского облучения можно оценить с использованием поглощенных доз в отдельных органах и тканях и зависимости их радиочувствительности от возраста A с помощью линейной беспороговой модели:

$$R(A,\mathrm{G}) = \sum_{0} D(A,G,O) \cdot r(A,G,O)\text{, где} \qquad (2)$$

$R(A,G)$ – пожизненный радиационный риск у пациента пола G в возрасте A (лет) вследствие диагностического рентгенологического или радионуклидного исследования, отн. ед.;

$D(A,G,O)$ – поглощенная доза в органе O у пациента пола G в возрасте A (лет) от диагностического исследования, мГр;

$r(A,G,O)$ – половозрастной коэффициент радиационного риска от облучения органа O у лица пола G в возрасте A (лет), $мГр^{-1}$.

Методика такого расчета, приведенная в прилож. 1 к настоящим Рекомендациям, может быть использована для уточненной оценки радиационного риска, например, в исследовательских целях.

4.4. Распределение в органах и тканях дозы ИИ, с которой линейно связан риск развития заболевания соответствующих органов и тканей, различно при разных диагностических процедурах. Общие характеристики пространственного распределения дозы в теле пациента при проведении различных диагностических рентгенологических и радионуклидных исследований даны в главах 5—9 настоящих Рекомендаций.

5. Оценка радиационного риска у пациентов при проведении рентгенологического исследования общего назначения и маммографии

5.1. При проведении рентгенологических процедур общего назначения дозы излучения распределены в органах и тканях неоднородно, во-первых, из-за небольшой энергии рентгеновского излучения (диапазон граничных напряжений на аноде рентгеновской трубки 50—140 кВ), во-вторых, из-за того, что облучается не все тело, а лишь его часть (область исследования). Наибольшему облучению подвергаются органы, попадающие в прямой пучок рентгеновского излучения, но и здесь перепад дозы в направлении падения излучения может достигать несколько сотен раз. Соседние органы подвергаются действию рассеянного излучения.

5.2. Эффективную дозу данного пациента при проведении рентгенологической процедуры общего назначения можно определить используя значения радиационного выхода рентгеновского аппарата или измеренное в ходе проведения процедуры значение произведения дозы на площадь в сочетании с данными о режимах проведения исследования. Соответствующие дозовые коэффициенты для разных возрастных групп пациентов содержатся в МУ 2.6.1.2944—11 «Контроль эффективных доз облучения пациентов при проведении медицинских рентгенологических исследований» (далее – МУ 2.6.1.2944—11).

5.3. Для оценки радиационного риска для данного пациента от рентгенологического исследования следует просуммировать эффектив-

ные дозы от каждой входящей в него процедуры (рентгенографической проекции), определенные по п. 5.2 настоящих Рекомендаций, и суммарную дозу сопоставить с данными табл. 1 для соответствующей возрастной группы. Затем в крайней левой колонке найти характеристику риска для данного пациента от планируемого или проведенного ему/ей рентгенологического исследования.

5.4. В табл. 2.1 прилож. 2 приведены эффективные дозы (средние и диапазоны) у пациентов разного возраста (детей дошкольного возраста < 7 лет, детей школьного возраста и подростков 7—18 лет, взрослых > 18 лет), полученные по результатам отечественных исследований. Этим дозам с учетом данных табл. 1 соответствует классификация рентгенологических исследований общего назначения по радиационному риску у пациентов разного возраста (дети, взрослые, пожилые люди), представленная в табл. 2.

Таблица 2

Классификация рентгенологических исследований общего назначения по радиационному риску у пациентов разных возрастных групп

Радиационный риск, отн. ед.	Рентгенологические исследования		
	дети (до 18 лет)	взрослые (18—64 года)	лица старшего возраста (65 лет и более)
Пренебрежимый ($< 10^{-6}$)	Конечности	Конечности; Костная денситометрия	Череп, ОГК, ШОП, конечности; Костная денситометрия; Цифровые флюорограммы
Минимальный (10^{-6}—10^{-5})	Череп, ОГК, ШОП; Цифровые флюорограммы	Череп, ОГК, ШОП; Цифровые флюорограммы	Ребра и грудина, ГОП, ПОП, БП, таз, почки, мочевыводящая система; Пленочные флюорограммы; Литотрипсия; Маммография
Очень низкий (10^{-5}—10^{-4})	ГОП, ПОП, БП, таз; Пленочные флюорограммы	Ребра и грудина, ГОП, ПОП, БП, таз, почки, мочевыводящая система; Пленочные флюорограммы; Литотрипсия; Маммография	Рентгеноскопия ОГК, желудка, кишечника
Низкий (10^{-4}—10^{-3})	Рентгеноскопия ОГК, желудка, кишечника	Рентгеноскопия ОГК, желудка, кишечника	
Примечание. Строки таблицы, где указаны только органы, относятся к рентгенографии			

5.5. Диапазон риска для разных исследований общего назначения у лиц всех возрастных групп составляет более трех порядков величины. Наибольшие дозы получают пациенты всех возрастных категорий при различных видах рентгеноскопии (ОГК, желудок, кишечник). Тем не менее, даже в этом случае радиационные риски остаются низкими. Остальным процедурам общего назначения соответствуют еще меньшие дозы и риски.

5.6. Эффективную дозу на процедуру маммографии грудной железы можно определить по МУ 2.6.1.2944—11. Для оценки радиационного риска для данной пациентки от полного маммографического исследования следует просуммировать эффективные дозы от каждой входящей в него процедуры (проекции, снимки отдельных желез), суммарную дозу умножить на 2, чтобы учесть, что эффективная доза усреднена по полу, и полученное значение сопоставить с данными табл. 1 для соответствующей возрастной группы.

5.7. Средняя эффективная доза за одно маммографическое исследование, состоящее из 4 снимков (по 2 снимка на каждую железу в прямой и косой проекциях), составляет около 0,3 мЗв (от 0,01 мЗв до 0,60 мЗв). Соответствующий риск для взрослых женщин и женщин старшего возраста указан в табл. 2.

6. Оценка радиационного риска у пациентов при проведении рентгеновской компьютерной томографии

6.1. Распределение поглощенной дозы рентгеновского излучения в теле пациента при проведении диагностического исследования методом компьютерной томографии (далее – КТ) существенно отличается от такового при использовании традиционных методов рентгенографии или рентгеноскопии. В случае компьютерной томографии распределение поглощенной дозы в исследуемом объеме более однородно за счет ротационной геометрии облучения и более высокого напряжения на рентгеновской трубке (100—140 кВ). Перепад дозы от края к центру облучаемого объема при средних размерах тела человека составляет 2—3 раза.

6.2. Эффективную дозу данного пациента при проведении исследования методом КТ можно определить, используя измеренное в ходе проведения процедуры значение произведения дозы на длину (DLP). Эта величина является мерой поглощенной дозы излучения за всё КТ-исследование с учетом длины сканируемой области тела пациента и количества сканирований. Зная значение DLP эффективную дозу можно определить используя дозовые коэффициенты, приведенные в МУ 2.6.1.2944—11.

6.3. Для оценки радиационного риска для данного пациента от КТ-исследования следует сопоставить эффективную дозу с данными табл. 1 для соответствующей возрастной группы и в крайней левой колонке найти характеристику риска для данного пациента от планируемого или проведенного ему (ей) КТ-исследования.

6.4. В таблице 2.2 прилож. 2 приведены типовые эффективные дозы (средние и диапазоны) у пациентов разного возраста, полученные по результатам КТ-исследований в России и зарубежных странах. Этим типовым дозам с учетом данных табл. 1 соответствует классификация КТ-исследований по радиационному риску у пациентов разного возраста (дети, взрослые, пожилые люди), представленная в табл. 3.

Таблица 3

Классификация рентгенологических КТ-исследований по радиационному риску у пациентов разных возрастных групп

Радиационный риск, отн. ед.	КТ-исследования		
	дети (до 18 лет)	взрослые (18—64 года)	лица старшего возраста (65 лет и более)
Очень низкий (10^{-5}—10^{-4})			Череп; Грудная клетка; Брюшная полость; Таз и бедро
Низкий (10^{-4}—10^{-3})	Череп; Грудная клетка; Брюшная полость	Череп; Грудная клетка; Брюшная полость; Таз и бедро	

6.5. Диапазон риска для разных КТ-исследований у лиц трех возрастных групп составляет два порядка величины. Радиационные риски у детей и взрослых до 65 лет квалифицированы как низкие, а у лиц старшего возраста – как очень низкие. Отсутствуют виды исследований, относящиеся к категориям пренебрежимого и минимального рисков. При многократных КТ-исследованиях у детей и взрослых до 65 лет возможен умеренный радиационный риск.

6.6. Высокоинформативные для ряда соматических заболеваний КТ-исследования с болюсным контрастированием состоят из нескольких (обычно, 3—5) КТ-процедур. Дозы, полученные пациентом при каждой КТ-процедуре, следует суммировать и оценивать радиационный риск от всего планируемого или проведенного КТ-исследования по п. 6.3 настоящих Рекомендаций.

7. Оценка радиационного риска у пациентов при проведении рентгеностоматологического исследования

7.1. При рентгеностоматологических исследованиях облучению подвергается ограниченный набор органов: головной мозг, слюнные железы, щитовидная железа, часть красного костного мозга. Значения эффективной дозы при выполнении различных видов рентгеностоматологических процедур варьируются от нескольких микрозивертов (прицельные снимки, цефалостат) до одного миллизиверта (компьютерная томография). Возрастная структура пациентов в стоматологии по сравнению с обычной рентгенологией смещена в сторону пациентов более молодого возраста.

7.2. Типовым дозам, приведенным в п. 7.1 настоящих Рекомендаций, с учетом данных табл. 1 соответствует классификация различных рентгеностоматологических исследований по радиационному риску у пациентов разного возраста (дети, взрослые, пожилые люди), представленная в табл. 4.

Таблица 4

Классификация рентгеностоматологических исследований по радиационному риску у пациентов разных возрастных групп

Радиационный риск, отн. ед.	Рентгеностоматологические исследования		
	дети (до 18 лет)	взрослые (18—64 года)	лица старшего возраста (65 лет и более)
Пренебрежимый ($< 10^{-6}$)	Прицельные снимки; Боковая краниограмма (цефалостат)	Прицельные снимки; Боковая краниограмма (цефалостат)	Прицельные снимки; Панорамные снимки; Боковая краниограмма (цефалостат)
Минимальный (10^{-6}—10^{-5})	Панорамные снимки	Панорамные снимки	Компьютерная томография
Очень низкий (10^{-5}—10^{-4})	Компьютерная томография	Компьютерная томография	

7.3. Радиационный риск для разных рентгеностоматологических исследований варьируется от пренебрежимого до очень низкого. Большие дозы и соответствующие им радиационные риски (10^{-5}—10^{-4}) получают дети и взрослые при КТ-исследованиях. Риски у лиц старшего возраста ниже. Большинство стоматологических исследований относятся к категориям пренебрежимого и минимального рисков. Отсутствуют виды исследований, относящиеся к категориям низкого и тем более умеренного рисков.

8. Оценка радиационного риска у пациентов при проведении интервенционного рентгенологического исследования

8.1. Дозы в организме пациентов при проведении интервенционных рентгенологических исследований распределены неоднородно. Наиболее облучаемым является исследуемый орган и прилегающие к нему органы и ткани. Во время проведения исследования меняются геометрические условия облучения, дозиметрические и физико-технические параметры поля излучения. Поэтому для оценки эффективной дозы у пациента необходимо использовать прямые измерения произведения дозы на площадь с помощью проходной ионизационной камеры, которой должны быть оснащены все аппараты для проведения интервенционных исследований.

8.2. Дозы излучения при терапевтических интервенционных процедурах, как правило, значительно выше, чем при диагностических исследованиях ввиду их большей сложности и продолжительности. При проведении некоторых особо сложных процедур возможны высокие дозы, вызывающие радиационные повреждения кожи и подкожных тканей. Наибольшие эффективные дозы наблюдаются при исследованиях органов абдоминальной области и малого таза, а наиболее низкие – при исследованиях сосудов головного мозга и нижних конечностей ввиду меньшей радиочувствительности данных областей.

8.3. Расчет значений эффективной дозы для данного пациента проводится на основании измеренного значения произведения дозы на площадь с использованием соответствующих дозовых коэффициентов, приведенных в МУ 2.6.1.2944—11.

8.4. Для оценки радиационного риска для данного пациента от интервенционного исследования следует сопоставить эффективную дозу с данными табл. 1 для соответствующей возрастной группы. Затем в крайней левой колонке найти характеристику риска для данного пациента от проведенного ему (ей) исследования.

8.5. В таблице 2.3 прилож. 2 приведены типовые эффективные дозы (средние и диапазоны) у пациентов разного возраста, подвергающихся интервенционным рентгенологическим исследованиям в России и зарубежных странах. Этим дозам с учетом данных табл. 1 соответствует классификация интервенционных исследований (преимущественно ангиографических) и терапевтических процедур по радиационному риску у пациентов разного возраста (дети, взрослые, пожилые люди), представленная в табл. 5а и 5б соответственно.

Таблица 5а

Классификация диагностических интервенционных исследований по радиационному риску у пациентов разных возрастных групп

Радиационный риск, отн. ед.	Интервенционные исследования		
	дети (до 18 лет)	взрослые (18—64 года)	лица старшего возраста (65 лет и более)
Очень низкий (10^{-5}—10^{-4})	Все исследования (в зависимости от сложности)		Все исследования
Низкий (10^{-4}—10^{-3})		Все исследования	

Таблица 5б

Классификация терапевтических интервенционных процедур по радиационному риску у пациентов разных возрастных групп

Радиационный риск, отн. ед.	Интервенционные процедуры		
	дети (до 18 лет)	взрослые (18—64 года)	лица старшего возраста (65 лет и более)
Очень низкий (10^{-5}—10^{-4})	Все исследования (в зависимости от сложности)		
Низкий (10^{-4}—10^{-3})		Все исследования (в зависимости от сложности)	Все исследования
Умеренный (10^{-3}—$3 \cdot 10^{-3}$)			

8.6. Диапазон риска для разных диагностических исследований лиц трех возрастных групп (табл. 5а) составляет два порядка величины. Бóльшие радиационные риски характерны для детей и взрослых до 65 лет. Риски у лиц старшего возраста квалифицируются как очень низкие. Отсутствуют виды исследований, относящиеся к категориям пренебрежимого и минимального рисков.

Диапазон риска для разных терапевтических процедур лиц трех возрастных групп (табл. 5б) составляет три порядка величины. Бóльшие дозы и соответствующие им радиационные риски вплоть до умеренного получают взрослые пациенты (18—64 года); дозы и риски у детей и риски у пациентов старшего возраста ниже. Отсутствуют виды исследований, относящиеся к категориям пренебрежимого и минимального рисков.

9. Оценка радиационного риска у пациентов при проведении радионуклидной диагностики

9.1. Распределение дозы в органах и тканях при радионуклидной диагностике очень неоднородно и меняется со временем, так как используемые радиофармпрепараты (далее – РФП) обладают избирательным и быстрым накоплением в исследуемом органе, после чего радионуклиды распадаются наряду с выведением РФП из организма.

9.2. Оценку эффективной дозы пациента получают умножением введенной активности РФП в единицах МБк на дозовый коэффициент. Для всех РФП, используемых в отечественной медицинской практике (*около 30 наименований в настоящее время*), определены дозовые коэффициенты как эффективная доза от введения в организм человека 1 МБк меченого радионуклидом препарата. Дозовые коэффициенты рассчитаны для пяти возрастных групп и приведены в МУ 2.6.1.3151—13 «Оценка и учет эффективных доз у пациентов при проведении радионуклидных диагностических исследований» (далее – МУ 2.6.1.3151—13).

9.3. Как правило, наибольшие дозы при одинаковой введенной активности РФП получают дети младшего возраста. Поэтому для диагностического исследования детей им рекомендуется вводить меньшие активности РФП, пропорционально весу пациента, но при этом учитывать возможности оборудования и методики, чтобы уменьшение вводимой активности не отразилось на качестве диагностической информации.

9.4. Введенные беременной женщине РФП легко проходят плацентарный барьер и накапливаются в тех же органах и тканях плода, что и у матери, где могут создавать большие дозы из-за малой массы органов плода. При введении РФП кормящей грудью женщине радионуклиды переходят в грудное молоко и поступают с молоком в организм младенца. В данных Рекомендациях радиационный риск для плода и младенца не оценен, так как рекомендовано ограничивать проведение радионуклидных исследований в период беременности и грудного вскармливания.

9.5. Для оценки радиационного риска для данного пациента от радионуклидного исследования следует эффективную дозу, определенную по п. 9.2 настоящих Рекомендаций, сопоставить с данными табл. 1 для соответствующей возрастной группы. Затем в крайней левой колонке найти характеристику риска для данного пациента от планируемого или проведенного ему/ей радионуклидного исследования.

9.6. В табл. 2.4 прилож. 2 приведены типовые эффективные дозы у пациентов разного возраста (детей дошкольного возраста < 7 лет, детей школьного возраста 7—18 лет, взрослых > 18 лет), полученные по результатам отечественных радионуклидных диагностических исследова-

ний. Этим типовым дозам с учетом данных табл. 1 соответствует классификация радионуклидных исследований по радиационному риску у пациентов разного возраста (дети, взрослые, пожилые люди), представленная в табл. 6.

Таблица 6

Классификация радионуклидных исследований по радиационному риску у пациентов разных возрастных групп

Радиационный риск, отн. ед.	Радионуклидные исследования		
	дети (до 18 лет)	взрослые (18—64 года)	лица старшего возраста (65 лет и более)
Пренебрежимый ($< 10^{-6}$)			Ренография; Функция поглощения йода в щитовидной железе
Минимальный (10^{-6}—10^{-5})	Ренография	Ренография; Функция поглощения йода в щитовидной железе	СЦГ почек, легких, печени
Очень низкий (10^{-5}—10^{-4})	СЦГ почек	СЦГ почек, легких, печени	СЦГ почек, легких, печени СЦГ и сканирование ЩЖ; СЦГ, ОФЭКТ сердца; ОФЭКТ, ПЭТ головного мозга; СЦГ, ОФЭКТ, ПЭТ всего тела; ПЭТ/КТ головного мозга и всего тела
Низкий (10^{-4}—10^{-3})	СЦГ сердца, печени, скелета, почек; СЦГ и сканирование щитовидной железы; СЦГ, ПЭТ всего тела; ПЭТ головного мозга; ПЭТ/КТ головного мозга	СЦГ скелета; СЦГ и сканирование ЩЖ; СЦГ, ОФЭКТ сердца; ОФЭКТ, ПЭТ головного мозга; СЦГ, ОФЭКТ, ПЭТ всего тела; ПЭТ/КТ головного мозга и всего тела	
Умеренный (10^{-3}—$3 \cdot 10^{-3}$)	ОФЭКТ/КТ скелета; ПЭТ/КТ всего тела		

Примечание. СЦГ – сцинтиграфия; ОФЭКТ – однофотонная эмиссионная компьютерная томография; ПЭТ – позитронно-эмиссионная томография

9.7. Диапазон риска для разных радионуклидных исследований лиц трех возрастных групп составляет более трех порядков величины. При проведении большинства исследований (включая ПЭТ) пациенты получают дозы, которые соответствуют очень низким или низким рискам. При этом есть группа функциональных исследований с малыми дозами – ренография (около 0,01 мЗв), функция поглощения йода в щитовидной железе (ниже 0,25 мЗв) – и минимальным риском для взрослых и пренебрежимым риском для лиц старшего возраста. С другой стороны, исследование всего тела с ^{67}Ga на наличие новообразований формирует дозы у пациентов до 20 мЗв, что близко к уровню умеренного риска.

9.8. При использовании современного оборудования ОФЭКТ или ПЭТ, совмещенного с рентгеновским компьютерным томографом, рентгеновское излучение при некоторых процедурах формирует у пациента дозу, примерно равную или выше дозы от РФП (табл. 2.4 прилож. 2). В этом случае некоторые процедуры (например, исследования всего тела, скелета) могут перейти в более высокую категорию риска (табл. 6).

9.9. В прилож. 3 представлена таблица активностей наиболее часто используемых в России РФП для пациентов разного возраста, соответствующих разным уровням радиационного риска. Она может быть полезна врачам-радиологам при планировании радионуклидных диагностических исследований.

10. Взвешивание рисков и обоснование диагностических рентгенорадиологических исследований

10.1. Назначение и проведение диагностического исследования с использованием ИИ, связанного с облучением пациента, необходимо обосновывать, сопоставляя диагностические выгоды, которые оно приносит, с радиационным ущербом, который оно может причинить, принимая во внимание имеющиеся альтернативные методы, не связанные с медицинским облучением. Если диагностическая процедура с применением ионизирующего излучения не обоснована, ее не следует проводить.

10.2. Рентгенорадиологические диагностические исследования, связанные с облучением пациентов, проводятся только по назначению лечащего врача и с согласия пациента, которому предварительно разъясняют пользу от предложенного исследования, ожидаемую дозу излучения и обусловленный облучением риск для здоровья. Окончательное решение о проведении диагностического исследования принимает врач-рентгенолог (радиолог).

10.3. Радиационный риск медицинского облучения, сопровождающего диагностическое исследование с использованием ИИ, и методика его оценки представлены в данных Рекомендациях для различных мето-

дов лучевой диагностики. Для обоснования назначения диагностического исследования при конкретном соматическом заболевании рекомендуется лечащему врачу и (или) врачу-рентгенологу (радиологу) сопоставить этот риск с риском для здоровья пациента вследствие неполучения диагностической информации или получения неполной информации, что может повлиять на ход лечения заболевания.

10.4. Проведение диагностических рентгенорадиологических исследований обосновывается с учетом следующих положений:

- имеются клинические показания для диагностики;
- выбрано исследование, результаты которого повлияют на ход лечения пациента;
- планируемое исследование не повторяет недавно проведенных исследований;
- врачу-рентгенологу/радиологу предоставлены данные, необходимые для проведения исследования;
- выбран наиболее щадящий в отношении облучения метод исследований;
- рассмотрены альтернативные (нерадиационные) методы диагностики.

10.5. Необходимо стремиться к уменьшению облучения пациентов как за счет исключения необоснованных назначений рентгенорадиологических исследований, так и их необоснованных повторений. Диагностические исследования, проведенные в амбулаторно-поликлинических условиях, не рекомендуется дублировать в условиях стационара. Повторные исследования проводят при изменении течения болезни или появлении нового заболевания, а также для получения расширенной информации о состоянии здоровья пациента.

10.6. Каждое последующее исследование увеличивает дозу пациента и соответствующий радиационный риск отдаленных последствий для его здоровья. Если повторные исследования выполнены в течение одного года, то суммарная доза может перевести серию исследований в более высокую категорию риска. В особенности это положение относится к высокодозным процедурам, таким как КТ и некоторые виды радионуклидной диагностики (ПЭТ). Для характеристики риска от последовательных планируемых или проведенных процедур следует суммировать дозы от каждой из них (прилож. 2 и 3) и определить категорию риска по табл. 1.

10.7. При выборе диагностической технологии с учетом радиационного риска от ее применения следует рассматривать состояние здоровья пациента. Для пациентов, находящихся в тяжелом состоянии, безусловными критериями выбора являются информативность и оперативность метода диагностики, который будет в большей степени способст-

вовать скорейшей постановке правильного диагноза и назначению эффективного лечения. Для пациентов, находящихся в удовлетворительном состоянии, предпочтителен выбор метода лучевой диагностики с меньшим уровнем радиационного риска или метода без применения ИИ.

10.8. Радиационные риски следует учитывать при планировании и осуществлении программ массового скрининга бессимптомных пациентов. В настоящее время таковые осуществляются в России методом флюорографии в отношении заболеваний легких (туберкулеза, рака) и методом маммографии в отношении заболевания женщин раком молочной железы. С учетом радиационного риска устанавливаются частота и диапазон возраста, когда проводится скрининг, а также требования к аппаратуре и методике.

10.9. При выборе и проведении диагностических исследований с использованием ИИ следует учитывать, что радиочувствительность эмбриона (плода) и детей выше, чем у взрослых. В настоящих Рекомендациях это отражено в более высоких значениях радиационного риска для детей, обусловленного применением лучевой диагностики.

10.10. До проведения рентгенологического исследования у женщины детородного возраста определяют, не является ли она беременной, а при радионуклидном исследовании – беременной или кормящей матерью. Беременные или кормящие женщины, а также родители детей-пациентов должны быть информированы врачом о пользе планируемых рентгенорадиологических исследований и о связанном с ними радиационном риске для самих женщин и их потомства для принятия сознательного решения о его проведении или отказе.

10.11. Дозы внутриутробного облучения, сопровождающего современные рентгенологические исследования общего назначения, как правило, не увеличивают существенно риск для развития эмбриона (плода) и здоровья детей. Однако при планировании интервенционных рентгенологических процедур в области живота или таза беременных женщин такой риск следует учитывать и обеспечивать наименьшую возможную дозу у эмбриона или плода. Такие исследования не должны проводиться без веских клинических показаний.

10.12. Радионуклидная диагностика *in vivo* не проводится женщинам репродуктивного возраста в период установленной или возможной беременности, за исключением случаев, когда исследование необходимо по жизненным показаниям. При введении РФП кормящей матери с целью диагностики грудное кормление должно быть приостановлено на время, указанное врачом-радиологом и зависящее от вида и активности вводимого препарата.

10.13. При информировании пациента врачом о пользе планируемого рентгенорадиологического исследования и о связанном с ним ра-

диационном риске для принятия сознательного решения о его проведении или отказе рекомендуется сравнивать дозу излучения, ожидаемую от исследования, с дозой за счет фонового облучения (табл. 7), а радиационный риск – с пожизненным риском спонтанной онкологической смертности и риском от антропогенных (транспортные и бытовые риски) факторов (табл. 8) для соответствующей возрастной группы. Для расчета этих рисков использованы официальные статистические данные о смертности в России за 2009 г., опубликованные ВОЗ.

Таблица 7

Годовые дозы природного фонового излучения у населения Земли (НКДАР-2008)

Источник излучения	Среднемировая доза, мЗв	Диапазон дозы, мЗв
Внешнее облучение:		
космические лучи	0,4	0,3—1,0
земное гамма-излучение	0,5	0,3—0,6
Внутреннее облучение:		
вдыхание (преимущественно, радон-222)	1,2	0,2—10
пищевое поступление (K-40, цепочки U-238, Th-232 и др.)	0,3	0,2—0,8
Всего	2,4	1—10

Таблица 8

Пожизненные риски спонтанной онкологической смертности и риски от антропогенных факторов для лиц разного возраста

Фактор риска (смерти или тяжелых последствий для здоровья)	Пожизненный риск (отн. ед.) для лиц разных возрастных групп		
	дети (до 18 лет)	взрослые (18—64 года)	лица старшего возраста (65 лет и более)
Спонтанная онкологическая смертность	$1{,}4 \cdot 10^{-1}$	$1{,}4 \cdot 10^{-1}$—$1{,}6 \cdot 10^{-1}$	$1{,}1 \cdot 10^{-2}$ – $1{,}4 \cdot 10^{-1}$
Транспортные аварии (в том числе ДТП и авиакатастрофы)	$1{,}3 \cdot 10^{-2}$	$3 \cdot 10^{-3}$—$1{,}2 \cdot 10^{-2}$	$1{,}7 \cdot 10^{-4}$—$3 \cdot 10^{-3}$
Падения	$5 \cdot 10^{-3}$	$3 \cdot 10^{-3}$—$5 \cdot 10^{-3}$	$5 \cdot 10^{-4}$—$3 \cdot 10^{-3}$
Утопления	$4 \cdot 10^{-3}$	$9 \cdot 10^{-4}$—$4 \cdot 10^{-3}$	$3 \cdot 10^{-5}$—$8 \cdot 10^{-4}$
Воздействие дыма, огня и пламени (пожары)	$4 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-3}$—$4 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-4}$—$2 \cdot 10^{-3}$
Случайные отравления и воздействия ядовитыми веществами	$1{,}6 \cdot 10^{-2}$	$4 \cdot 10^{-3}$—$2 \cdot 10^{-2}$	$1{,}4 \cdot 10^{-4}$—$3 \cdot 10^{-3}$
Самоубийства	$1{,}6 \cdot 10^{-2}$	$5 \cdot 10^{-3}$—$1{,}6 \cdot 10^{-2}$	$5 \cdot 10^{-4}$—$5 \cdot 10^{-3}$

11. Библиографические данные

1. Федеральный закон от 9.01.1996 № 3-ФЗ «О радиационной безопасности населения».

2. СанПиН 2.6.1.2523—09 «Нормы радиационной безопасности. НРБ-99/2009». М.: Минздрав России, 2009.

3. СанПиН 2.6.1.2612—10 «Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ-99/2010) – М.: Минздрав России, 2010.

4. СанПиН 2.6.1.1192—03 «Гигиенические требования к устройству и эксплуатации рентгеновских кабинетов, аппаратов и проведению рентгенологических исследований». Минздрав России. М., 2003.

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

6. МУ 2.6.1.2944—11 «Контроль доз облучения у пациентов при проведении рентгенодиагностических медицинских исследований».

7. МУ 2.6.1.1798—03 «Оценка, учет и контроль эффективных доз облучения пациентов при проведении радионуклидных диагностических исследований».

8. Методические рекомендации «Анализ повозрастных рисков смертности населения». Департамент Госсанэпиднадзора МЗ РФ № 11-3/25-09, 2001.

9. Баллонов М. И., Голиков В. Ю., Кальницкий С. А., Братилова А. А. Зависимость риска стохастических последствий для здоровья вследствие рентгенографических исследований от пола и возраста пациента. Мед. радиология и радиац. безопасность, т. 56, № 4, 2011, С. 73—79.

10. Иванов В. К., Меняйло А. Н., Кащеев В. В., Чекин С. Ю., Горский А. И., Максютов М. А., Туманов К. А. Сравнительный анализ современных моделей оценки радиационных рисков МКРЗ и НКДАР ООН. АНРИ 2011, № 3 (66), С. 18—29.

11. Всемирная Организация Здравоохранения. Статистика и информационная система здоровья: gost.e-ecolog.ru mortality_rawdata/en/index.html.

12. Международное Агентство по Атомной Энергии. Радиационная защита и безопасность источников излучения: Международные основные нормы безопасности. Серия норм МАГАТЭ по безопасности, № GSR Part 3. МАГАТЭ, Вена, 2011.

13. Международное Агентство по Атомной Энергии. Радиационная защита при медицинском облучении ионизирующим излучением. Серия норм по безопасности № RS-G-1.5. МАГАТЭ, Вена, 2004.

14. 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. Annex A. Medical Radiation Exposures. United Nations. New York, 2010.

15. National Council on Radiation Protection and Measurements. Radiation Dose Management for Fluoroscopically-Guided Interventional Medical Procedures. NCRP Report No. 168. NCRP, Bethesda, 2010.

Приложение 1

Методика расчёта пожизненного атрибутивного радиационного риска при однократном облучении

В табл. 1.1 и 1.2 представлен пожизненный атрибутивный риск (LAR_{IOAs}) заболеваемости раком для различных органов и тканей (O), после их однократного облучения дозой 1 мГр, для различных возрастных интервалов (A) на момент облучения (табл. 1.1 – для мужчин, s = m; табл. 1.2 – для женщин, s = f).

В табл. 1.3 и 1.4 представлен пожизненный атрибутивный риск (LAR_{MOAs}) смертности с учётом вреда от снижения качества жизни по причине рака различных органов и тканей (O), после их однократного облучения дозой 1 мГр, для различных возрастных интервалов (A) на момент облучения (табл. 1.3 – для мужчин; табл. 1.4 – для женщин).

В табл. 1.5 представлен пожизненный атрибутивный риск развития наследственных эффектов, а также смертности с учётом вреда от снижения качества жизни из-за наследственных эффектов, вызванных однократным облучением гонад дозой 1 мГр. Этот риск одинаков для мужчин и для женщин.

Величины LAR в табл. 1.1—1.4 рассчитаны для российской популяции (данные по смертности и заболеваемости за 2008 г. [1]) по моделям риска и методикам расчёта, приведённым в Публикации 103 МКРЗ [2]. Расчет рисков для российской популяции опубликован в статье Иванов и соавт. [3].

При произвольной поглощённой в органе или ткани O дозе облучения D_O, не превосходящей 100 мГр, для определения величины пожизненного атрибутивного риска заболеваемости $LAR_{IOAs}(D_O)$ или смертности с учётом вреда от снижения качества жизни $LAR_{MOAs}(D_O)$ необходимо умножить D_O (выраженную в мГр) на величину LAR_{IOAs} или LAR_{MOAs}, соответствующую полу s и возрасту A человека при облучении:

$LAR_{IOAs}(D) = D_O \cdot LAR_{IOAs}$, где величины LAR_{IOAs} находятся в табл. 1.1—1.2;

$LAR_{MOAs}(D) = D_O \cdot LAR_{MOAs}$, где величины LAR_{MOAs} находятся в табл. 1.3—1.4.

При облучении нескольких органов или тканей различными дозами D_O соответствующие риски суммируются для получения итогового пожизненного атрибутивного риска человека LAR_{las} или LAR_{MAs}:

$LAR_{las} = SUM_O(D_O \cdot LAR_{IOAs})$;

$LAR_{Mas} = SUM_O(D_O \cdot LAR_{MOAs})$.

Литература к приложению 1

1. Злокачественные новообразования в России в 2008 г. (заболеваемость и смертность). Под редакцией Чиссова В. И., Старинского В. В., Петровой Г. В. Москва, 2010.

2. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 103. Annals of the ICRP, 2007, V. 37, N 2—4. Elsevier, 2007.

3. Иванов В. К., Меняйло А. Н., Кащеев В. В., Чекин С. Ю., Горский А. И., Максютов М. А., Туманов К. А. Сравнительный анализ современных моделей оценки радиационных рисков МКРЗ и НКДАР ООН. АНРИ, 2011, № 3 (66), С. 18—29.

Таблица 1.1

Пожизненный атрибутивный риск заболеваемости раком различных органов и тканей (O) после их облучения дозой 1 мГр (LAR_{IOAm}) для различных возрастных интервалов (A) на момент облучения, приведённый на 10 000 человек, для мужчин

A	O_0	O_1	O_2	O_3	O_4	O_5	O_6	O_7	O_8	O_9
возраст при облучении, лет	все солидные раки*	пищевод	желудок	толстый кишечник	печень	лёгкие	мочевой пузырь	щитовидная железа	остальные солидные	костный мозг
0—4	0,6734	0,0114	0,0902	0,0938	0,0455	0,0443	0,0405	0,0332	0,3145	0,0879
5—9	0,5742	0,0107	0,0800	0,0836	0,0399	0,0460	0,0375	0,0220	0,2547	0,0882
10—14	0,4904	0,0100	0,0701	0,0737	0,0346	0,0475	0,0343	0,0144	0,2059	0,0875
15—19	0,4222	0,0094	0,0612	0,0648	0,0298	0,0491	0,0314	0,0093	0,1672	0,0864
20—24	0,3666	0,0090	0,0532	0,0569	0,0255	0,0510	0,0290	0,0060	0,1360	0,0648
25—29	0,3209	0,0088	0,0461	0,0499	0,0218	0,0531	0,0268	0,0038	0,1106	0,0634
30—34	0,2826	0,0086	0,0397	0,0436	0,0184	0,0553	0,0249	0,0024	0,0897	0,0620
35—39	0,2479	0,0084	0,0336	0,0376	0,0153	0,0570	0,0228	0,0014	0,0718	0,0603
40—44	0,2138	0,0081	0,0276	0,0315	0,0124	0,0569	0,0205	0,0009	0,0558	0,0643
45—49	0,1792	0,0075	0,0220	0,0255	0,0098	0,0544	0,0179	0,0005	0,0417	0,0591
50—54	0,1442	0,0066	0,0167	0,0197	0,0074	0,0492	0,0150	0,0002	0,0294	0,0534
55—59	0,1110	0,0059	0,0120	0,0143	0,0053	0,0420	0,0120	0,0001	0,0195	0,0474
60—64	0,0810	0,0052	0,0081	0,0095	0,0037	0,0334	0,0089	0,0000	0,0122	0,0410
65—69	0,0548	0,0044	0,0050	0,0056	0,0023	0,0243	0,0062	0,0000	0,0070	0,0346
70—74	0,0343	0,0036	0,0027	0,0030	0,0013	0,0161	0,0039	0,0000	0,0036	0,0280
75—79	0,0192	0,0026	0,0013	0,0014	0,0007	0,0095	0,0022	0,0000	0,0016	0,0215
80—84	0,0113	0,0019	0,0006	0,0006	0,0003	0,0057	0,0013	0,0000	0,0007	0,0154
85+	0,0022	0,0004	0,0001	0,0001	0,0001	0,0011	0,0003	0,0000	0,0001	0,0113

* Пожизненный атрибутивный риск для всех солидных типов рака получен как сумма пожизненных атрибутивных рисков по всем локализациям, за исключением костного мозга

Таблица 1.2

Пожизненный атрибутивный риск заболеваемости раком различных органов и тканей (O) после их облучения дозой 1 мГр (LAR_{IOAf}) для различных возрастных интервалов (A) на момент облучения, приведённый на 10 000 человек, для женщин

A	O_0	O_1	O_2	O_3	O_4	O_5	O_6	O_7	O_8	O_9	O_{10}	O_{11}
возраст при облучении, лет	все солидные раки*	пищевод	желудок	толстый кишечник	печень	лёгкие	щитовидная железа	мочевой пузырь	остальные солидные	молочная железа	яичник	костный мозг
0—4	1,7649	0,0056	0,1772	0,0572	0,0260	0,0943	0,3569	0,0408	0,3767	0,5813	0,0489	0,0445
5—9	1,4207	0,0055	0,1563	0,0508	0,0229	0,0965	0,2371	0,0382	0,3134	0,4569	0,0432	0,0444
10—14	1,1500	0,0056	0,1366	0,0448	0,0200	0,0982	0,1554	0,0356	0,2595	0,3566	0,0377	0,0441
15—19	0,9398	0,0058	0,1189	0,0393	0,0174	0,0999	0,1008	0,0331	0,2141	0,2778	0,0328	0,0435
20—24	0,7745	0,0062	0,1028	0,0343	0,0150	0,1016	0,0644	0,0308	0,1753	0,2159	0,0282	0,0480
25—29	0,6433	0,0067	0,0882	0,0298	0,0130	0,1030	0,0405	0,0287	0,1424	0,1670	0,0240	0,0458
30—34	0,5380	0,0074	0,0750	0,0256	0,0111	0,1040	0,0249	0,0268	0,1147	0,1284	0,0201	0,0434
35—39	0,4509	0,0082	0,0629	0,0217	0,0093	0,1040	0,0147	0,0249	0,0913	0,0977	0,0162	0,0407
40—44	0,3757	0,0090	0,0518	0,0180	0,0077	0,1022	0,0082	0,0229	0,0712	0,0721	0,0127	0,0809
45—49	0,3075	0,0099	0,0415	0,0143	0,0062	0,0982	0,0042	0,0207	0,0540	0,0490	0,0095	0,0647
50—54	0,2484	0,0107	0,0322	0,0110	0,0048	0,0911	0,0019	0,0183	0,0394	0,0322	0,0068	0,0509
55—59	0,1970	0,0111	0,0239	0,0079	0,0036	0,0813	0,0008	0,0157	0,0276	0,0203	0,0046	0,0394
60—64	0,1504	0,0111	0,0165	0,0053	0,0025	0,0684	0,0004	0,0129	0,0183	0,0120	0,0030	0,0296
65—69	0,1063	0,0100	0,0102	0,0032	0,0015	0,0521	0,0001	0,0098	0,0110	0,0065	0,0017	0,0215
70—74	0,0674	0,0080	0,0055	0,0016	0,0008	0,0349	0,0000	0,0067	0,0058	0,0031	0,0009	0,0148
75—79	0,0374	0,0055	0,0025	0,0007	0,0004	0,0200	0,0000	0,0040	0,0026	0,0012	0,0004	0,0096
80—84	0,0207	0,0037	0,0011	0,0003	0,0002	0,0112	0,0000	0,0023	0,0012	0,0005	0,0002	0,0060
85+	0,0038	0,0008	0,0002	0,0000	0,0000	0,0020	0,0000	0,0004	0,0002	0,0001	0,0000	0,0039

* Пожизненный атрибутивный риск для всех солидных типов рака получен как сумма пожизненных атрибутивных рисков по всем локализациям, за исключением костного мозга

Таблица 1.3

Пожизненный атрибутивный риск смертности с учётом вреда от снижения качества жизни по причине рака различных органов и тканей (О) после их облучения дозой 1 мГр (LAR_{MOAm}) для различных возрастных интервалов (А) на момент облучения, приведённый на 10000 человек, для мужчин

А	O_0	O_1	O_2	O_3	O_4	O_5	O_6	O_7	O_8	O_9
возраст при облучении, лет	все солидные раки*	пищевод	желудок	толстый кишечник	печень	лёгкие	мочевой пузырь	щитовидная железа	остальные солидные	Костный мозг
0—4	0,5122	0,0095	0,0892	0,0732	0,0427	0,0417	0,0187	0,0066	0,2306	0,0759
5—9	0,4423	0,0089	0,0791	0,0653	0,0374	0,0433	0,0172	0,0044	0,1867	0,0762
10—14	0,3820	0,0083	0,0694	0,0576	0,0325	0,0447	0,0158	0,0029	0,1510	0,0756
15—19	0,3321	0,0079	0,0605	0,0506	0,0279	0,0462	0,0144	0,0019	0,1226	0,0747
20—24	0,2908	0,0075	0,0527	0,0445	0,0240	0,0479	0,0133	0,0012	0,0997	0,0560
25—29	0,2565	0,0073	0,0456	0,0390	0,0204	0,0500	0,0124	0,0008	0,0811	0,0548
30—34	0,2275	0,0072	0,0392	0,0340	0,0173	0,0521	0,0114	0,0005	0,0658	0,0536
35—39	0,2010	0,0070	0,0332	0,0294	0,0144	0,0536	0,0105	0,0003	0,0526	0,0521
40—44	0,1745	0,0067	0,0273	0,0246	0,0117	0,0535	0,0095	0,0002	0,0409	0,0555
45—49	0,1471	0,0062	0,0217	0,0199	0,0092	0,0512	0,0083	0,0001	0,0306	0,0511
50—54	0,1191	0,0055	0,0165	0,0153	0,0069	0,0463	0,0069	0,0000	0,0216	0,0461
55—59	0,0922	0,0049	0,0119	0,0112	0,0050	0,0395	0,0055	0,0000	0,0143	0,0409
60—64	0,0676	0,0043	0,0080	0,0074	0,0034	0,0314	0,0041	0,0000	0,0089	0,0355
65—69	0,0460	0,0037	0,0049	0,0044	0,0022	0,0229	0,0028	0,0000	0,0051	0,0299
70—74	0,0289	0,0030	0,0027	0,0023	0,0012	0,0152	0,0018	0,0000	0,0027	0,0242
75—79	0,0163	0,0022	0,0013	0,0011	0,0006	0,0089	0,0010	0,0000	0,0012	0,0186
80—84	0,0095	0,0016	0,0006	0,0005	0,0003	0,0054	0,0006	0,0000	0,0005	0,0133
85+	0,0018	0,0004	0,0001	0,0001	0,0000	0,0010	0,0001	0,0000	0,0001	0,0098

* Пожизненный атрибутивный риск для всех солидных типов рака получен как сумма пожизненных атрибутивных рисков по всем локализациям, за исключением костного мозга

Таблица 1.4

Пожизненный атрибутивный риск смертности с учётом вреда от снижения качества жизни по причине рака различных органов и тканей (О) после их облучения дозой 1 мГр (LAR_{MOAf}) для различных возрастных интервалов (А) на момент облучения, приведённый на 10 000 человек, для женщин

А	O_0	O_1	O_2	O_3	O_4	O_5	O_6	O_7	O_8	O_9	O_{10}	O_{11}
возраст при облучении, лет	все солидные раки*	пищевод	желудок	толстый кишечник	печень	лёгкие	мочевой пузырь	щитовидная железа	остальные солидные	молочная железа	яичник	костный мозг
0—4	1,0776	0,0042	0,1742	0,0455	0,0256	0,0836	0,0202	0,0714	0,2430	0,3776	0,0323	0,0352
5—9	0,9001	0,0041	0,1537	0,0404	0,0226	0,0855	0,0189	0,0474	0,2021	0,2967	0,0286	0,0352
10—14	0,7535	0,0042	0,1343	0,0356	0,0197	0,0871	0,0176	0,0311	0,1674	0,2316	0,0250	0,0349
15—19	0,6349	0,0044	0,1169	0,0313	0,0171	0,0886	0,0164	0,0202	0,1381	0,1804	0,0217	0,0344
20—24	0,5379	0,0046	0,1011	0,0273	0,0148	0,0900	0,0152	0,0129	0,1130	0,1402	0,0187	0,0380
25—29	0,4580	0,0050	0,0867	0,0237	0,0128	0,0913	0,0142	0,0081	0,0918	0,1085	0,0159	0,0363
30—34	0,3916	0,0055	0,0737	0,0204	0,0109	0,0921	0,0133	0,0050	0,0740	0,0834	0,0133	0,0343
35—39	0,3349	0,0061	0,0618	0,0173	0,0092	0,0921	0,0123	0,0029	0,0589	0,0635	0,0107	0,0322
40—44	0,2842	0,0068	0,0509	0,0143	0,0076	0,0906	0,0113	0,0016	0,0459	0,0468	0,0084	0,0640
45—49	0,2368	0,0074	0,0408	0,0114	0,0061	0,0870	0,0102	0,0008	0,0348	0,0319	0,0063	0,0512
50—54	0,1941	0,0080	0,0316	0,0087	0,0048	0,0807	0,0090	0,0004	0,0254	0,0209	0,0045	0,0403
55—59	0,1557	0,0084	0,0235	0,0063	0,0035	0,0720	0,0078	0,0002	0,0178	0,0132	0,0031	0,0311
60—64	0,1199	0,0083	0,0162	0,0042	0,0024	0,0606	0,0064	0,0001	0,0118	0,0078	0,0020	0,0234
65—69	0,0852	0,0075	0,0101	0,0025	0,0015	0,0462	0,0049	0,0000	0,0071	0,0042	0,0011	0,0170
70—74	0,0542	0,0060	0,0054	0,0013	0,0008	0,0309	0,0033	0,0000	0,0038	0,0020	0,0006	0,0117
75—79	0,0300	0,0041	0,0024	0,0006	0,0004	0,0178	0,0020	0,0000	0,0017	0,0008	0,0003	0,0076
80—84	0,0166	0,0028	0,0011	0,0003	0,0002	0,0100	0,0011	0,0000	0,0008	0,0003	0,0001	0,0047
85+	0,0030	0,0006	0,0002	0,0000	0,0000	0,0018	0,0002	0,0000	0,0001	0,0000	0,0000	0,0031

* Пожизненный атрибутивный риск для всех солидных типов рака получен как сумма пожизненных атрибутивных рисков по всем локализациям, за исключением костного мозга

Таблица 1.5

Пожизненный атрибутивный риск развития наследственных эффектов, а также смертности с учётом вреда от снижения качества жизни из-за наследственных эффектов, вызванных облучением гонад дозой 1 мГр, приведённый на 10 000 человек, для обоих полов

Пожизненный атрибутивный риск развития наследственных эффектов	Пожизненный атрибутивный риск смертности от наследственных эффектов с учётом вреда от снижения качества жизни
0,02	0,0193

Пример расчёта пожизненного атрибутивного риска заболеваемости и смертности с учётом вреда от снижения качества жизни после прохождения компьютерной томографии

При обследовании на компьютерном томографе области живота мужчина в возрасте 43 года получил следующие дозы на органы: пищевод – 7,7 мГр, желудок – 17,1 мГр, толстый кишечник – 18,9 мГр, печень – 14,5 мГр, лёгкие – 7,0 мГр, мочевой пузырь – 21,5 мГр, щитовидная железа – 0,3 мГр, гонады – 4,3 мГр, костный мозг – 9,5 мГр.

Для вычисления пожизненного атрибутивного риска заболеваемости используем табл. 1.1 (мужчины). Из этой таблицы выбираем коэффициенты риска, соответствующие облучённым органам и возрасту на момент облучения 40—44 года: пищевод – $0{,}0081 \times 10^{-4}$ мГр$^{-1}$, желудок – $0{,}0276 \times 10^{-4}$ мГр$^{-1}$, толстый кишечник – $0{,}0315 \times 10^{-4}$ мГр$^{-1}$, печень – $0{,}0124 \times 10^{-4}$ мГр$^{-1}$, лёгкие – $0{,}0569 \times 10^{-4}$ мГр$^{-1}$, мочевой пузырь – $0{,}0205 \times 10^{-4}$ мГр$^{-1}$, щитовидная железа – $0{,}0009 \times 10^{-4}$ мГр$^{-1}$, костный мозг – $0{,}0643 \times 10^{-4}$ мГр$^{-1}$.

Перемножая полученные из таблицы коэффициенты риска на соответствующие органные дозы, определяем пожизненный атрибутивный риск развития онкологического заболевания в каждом облучённом органе. Суммируя эти риски для каждого органа, получаем пожизненный атрибутивный риск развития онкологического заболевания у рассматриваемого облучённого человека. Учтём также риск развития наследственных эффектов, вызванных облучением. Соответствующий коэффициент риска, равный $0{,}020 \times 10^{-4}$ мГр$^{-1}$, берём из табл. 1.5. Умножая этот коэффициент на дозу в гонадах, получим пожизненный риск развития наследственных эффектов, равный $0{,}086 \times 10^{-4}$.

Сложим пожизненный риск развития наследственных эффектов с суммарным пожизненным атрибутивным риском развития онкологических заболеваний и получим итоговую величину пожизненного атрибу-

тивного риска развития онкозаболеваний и наследственных эффектов равную $2{,}85 \times 10^{-4}$. Аналогично, используя табл. 1.2 (женщины) и 1.5, вычисляем итоговый пожизненный атрибутивный риск смертности от онкозаболеваний и наследственных эффектов с учётом вреда от снижения качества жизни. В итоге получим, что этот риск равен 2.34×10^{-4}.

Промежуточные результаты вычислений представлены в табл. 1.6.

Таблица 1.6

Пример расчета пожизненного атрибутивного риска заболеваемости (LAR^{inc}) и смертности с учётом вреда от снижения качества жизни (LAR^{mort}) вследствие рака различных органов и тканей после обследования на компьютерном томографе области живота у мужчины в возрасте 40—44 года

Орган/ткань	Пожизненный атрибутивный риск заболеваемости $LAR_{IOAm}(D)$	Пожизненный атрибутивный риск смертности $LAR_{MOAm}(D)$
Пищевод	$0{,}0624 \times 10^{-4}$	$0{,}0516 \times 10^{-4}$
Желудок	$0{,}4720 \times 10^{-4}$	$0{,}4668 \times 10^{-4}$
Толстый кишечник	$0{,}5954 \times 10^{-4}$	$0{,}4649 \times 10^{-4}$
Печень	$0{,}1798 \times 10^{-4}$	$0{,}1697 \times 10^{-4}$
Лёгкие	$0{,}3983 \times 10^{-4}$	$0{,}3745 \times 10^{-4}$
Мочевой пузырь	$0{,}4408 \times 10^{-4}$	$0{,}2043 \times 10^{-4}$
Щитовидная железа	$0{,}0003 \times 10^{-4}$	$0{,}0001 \times 10^{-4}$
Костный мозг	$0{,}6109 \times 10^{-4}$	$0{,}5273 \times 10^{-4}$
Гонады (наследственные эффекты)	$0{,}0860 \times 10^{-4}$	$0{,}0830 \times 10^{-4}$
	LAR_{IAm}	**LAR_{MAm}**
Сумма	**2.8459×10^{-4}**	**2.3422×10^{-4}**

Приложение 2

Эффективные дозы у российских пациентов разных возрастных групп при рентгенологических и радионуклидных исследованиях (средние и диапазоны, мЗв)

Таблица 2.1

Типовые эффективные дозы у пациентов разного возраста в рентгенологии общего назначения – средние и диапазоны, мЗв

Рентгенологические исследования	Эффективная доза, мЗв		
	дети дошкольного возраста (< 7 лет)	дети школьного возраста (7—18 лет)	взрослые (> 18 лет)
Рентгенография			
Череп	0,04 (0,01—0,17)	0,05 (0,02—0,2)	0,10 (0,02—0,8)
Органы грудной клетки	0,07 (0,01—0,6)	0,08 (0,01—0,5)	0,08 (0,01—0,7)
Ребра и грудина	0,04 (0,02—0,06)	0,08 (0,01—0,3)	0,4 (0,01—2,0)
Шейные позвонки	0,06 (0,01—0,4)	0,06 (0,01—0,3)	0,15 (0,02—1,2)
Грудные позвонки	0,4 (0,02—2,0)	0,5 (0,04—3,0)	0,7 (0,02—7,0)
Поясничные позвонки	0,3 (0,02—1,6)	0,5 (0,06—3,0)	1,0 (0,03—6,0)
Брюшная полость	0,19 (0,03—0,8)	0,6 (0,15—1,4)	1,7 (0,1—11,0)
Таз и бедро	0,11 (0,02—0,4)	0,5 (0,04—3,0)	0,8 (0,04—7,0)
Рентгеноскопия			
Органы грудной клетки	–	–	2,2—8,0
Желудок	–	–	1,8—25,0
Кишечник	–	–	4,3—25,0

Таблица 2.2

Типовые эффективные дозы у пациентов разного возраста в рентгеновской компьютерной томографии – средние и диапазоны, мЗв

Рентгенологические исследования	Эффективная доза, мЗв		
	дети дошкольного возраста (< 7 лет)	дети школьного возраста (7—18 лет)	взрослые (> 18 лет)
Череп	4,0	3,0	1,6 (0,2—3,5)
Грудная клетка	1,0	2,0	5,9 (1,2—18,0)
Брюшная полость	3,0	3,5	7,3 (1,9—18,0)
Таз и бедро	–	–	9,1 (3,0—31,0)

Таблица 2.3

Типовые эффективные дозы у пациентов разного возраста при проведении интервенционных рентгенологических исследований – средние и диапазоны, мЗв

Рентгенологические исследования	Эффективная доза, мЗв		
	дети дошкольного возраста (< 7 лет)	дети школьного возраста (7—18 лет)	взрослые (> 18 лет)
Сердце: – диагностика	0,3 (0,1—1,5)	0,4 (0,1—3,0)	15 (3—100)
– терапия	0,6 (0,1—2,0)	1,2 (0,3—5,0)	28 (3—170)
Голова: – диагностика	–	–	9 (0,5—30)
– терапия	–	–	20 (3—80)
Абдоминальная область: – диагностика	–	–	20 (0,5—120)
– терапия	–	–	60 (6—230)
Малый таз: – терапия*	–	–	40 (6—306)
Нижние конечности: – диагностика	–	–	13 (1—67)
* Пластика сосудов нижних конечностей (подвздошных артерий) относится к терапевтическим интервенционным процедурам в области малого таза			

Таблица 2.4

Типовые эффективные дозы (диапазоны) у пациентов разного возраста при проведении радионуклидных диагностических исследований, мЗв

Рентгенологические исследования	Эффективная доза, мЗв		
	дети дошкольного возраста (< 7 лет)	дети школьного возраста (7—18 лет)	взрослые (> 18 лет)
Радионуклидная диагностика *in vivo*			
Сцинтиграфия легких	0,5—3	1—2	1—3
Сцинтиграфия, ОФЭКТ сердца	4—8	3—6	2—5
Сцинтиграфия, ОФЭКТ щитовидной железы	3—10	1—3	1—5
Сцинтиграфия почек	0,1—2	0,2—2	0,5—2
Сцинтиграфия, ОФЭКТ печени	1—4	1—2	1—4
Сцинтиграфия, ОФЭКТ скелета	1—5	1—3	2—5
ОФЭКТ / КТ скелета	8—14	5—6	4—7
ПЭТ, ПЭТ/КТ			
ПЭТ головного мозга	2—8	4—8	1—8
ПЭТ / КТ головного мозга	3—9	5—9	2—9
ПЭТ всего тела	7—9	6—8	2—7
ПЭТ/КТ всего тела	17—21	13—18	8—13

Приложение 3

Активности (МБк) некоторых РФП, вводимых пациентам разного возраста, соответствующие различным уровням радиационного риска для здоровья

Радиофармпрепараты	Радиационный риск				
	пренебрежимый ($< 10^{-6}$)	минимальный (10^{-6}—10^{-5})	очень низкий (10^{-5}—10^{-4})	низкий (10^{-4}—10^{-3})	умеренный ($1—3 \cdot 10^{-3}$)
1	2	3	4	5	6
Дети (до 18 лет)					
^{123}I-гиппуран	< 0,3	0,3—3	3—30	30—300	300—900
^{123}I-йодид натрия	< 0,01	0,01—0,1	0,1—1	1—10	10—30
^{123}I-мета-йодбензилгуанидин(МИБГ)	< 0,1	0,1—1	1—10	10—100	100—300
^{99m}Tc-технемаг (MAG 3)	< 0,5	0,5—5	5—50	50—500	500—1 500
^{99m}Tc-пентатех (DTPA)	< 0,6	0,6—6	6—60	60—600	600—1 800
^{99m}Tc-технемек (DMSA)	< 0,3	0,3—3	3—30	30—300	300—900
^{99m}Tc-бромезида (производные IDA)	< 0,1	0,1—1	1—10	10—100	100—300
^{99m}Tc-макротех (МАА макроагрегат альбумина)	< 0,2	0,2—2	2—20	20—200	200—600
^{99m}Tc-фосфаты и фосфаны	< 0,4	0,4—4	4—40	40—400	400—1 200
^{99m}Tc-технефит (коллоид крупнодисперсный)	< 0,2	0,2—2	2—20	20—200	200—600
^{99m}Tc-пертехнетат	< 0,1	0,1—1	1—10	10—100	100—300
^{99m}Tc-технетрил (MIBI)	< 0,2	0,2—2	2—20	20—200	200—600
^{99m}Tc-теоксим-аутологичные лейкоциты	< 0,2	0,2—2	2—20	20—200	200—600
^{15}O-вода	< 1,3	1,3—13	13—130	130—1 300	1 300—3 900
^{11}C-метионин	< 0,2	0,2—2	2—20	20—200	200—600
^{18}F-Фтордезоксиглюкоза (ФДГ)	< 0,1	0,1—1	1—10	10—100	100—300

Продолжение прилож. 3

1	2	3	4	5	6
Взрослые (18—64 года)					
^{123}I-гиппуран	< 1,7	1,7—17	17—170	170—1 700	–
^{123}I-йодид натрия	< 0,2	0,2—2	2—20	20—200	–
^{123}I-мета-йодбензил-гуанидин (МИБГ)	< 1,5	1,5—15	15—150	150—1 500	–
^{99m}Tc-технемаг (MAG 3)	< 2,8	2,8—28	28—280	280—2 800	–
^{99m}Tc-пентатех (DTPA)	< 4	4—40	40—400	400—4 000	–
^{99m}Tc-технемек (DMSA)	< 2,2	2,2—22	22—220	220—2 200	–
^{99m}Tc-бромезида (производные IDA)	< 1,2	1,2—12	12—120	120—1 200	–
^{99m}Tc-макротех (МАА макроагрегат альбумина)	< 1,8	1,8—18	18—180	180—1 800	–
^{99m}Tc-фосфаты и фосфаны	< 3,5	3,5—35	35—350	350—3 500	–
^{99m}Tc-технефит (коллоид крупнодисперсный)	< 2	2—20	20—200	200—2 000	–
^{99m}Tc-пертехнетат	< 1,5	1,5—15	15—150	150—1 500	–
^{99m}Tc-технетрил (MIBI)	< 2,2	2,2—22	22—220	220—2 200	–
^{99m}Tc-теоксим-аутологичные лейкоциты	< 2,2	2,2—22	22—220	220—2 200	–
^{67}Ga-цитрат	< 0,2	0,2—2	2—20	20—200	–
^{15}O-вода	< 18	18—180	180—1 800	1 800—18 000	–
^{11}C-метионин	< 2,4	2,4—24	24—240	240—2 400	–
^{18}F-Фтордезокси-глюкоза (ФДГ)	< 1	1—10	10—100	100—1 000	–
Лица старшего возраста (65 лет и более)					
^{123}I-гиппуран	< 17	17—170	170—1 700	–	–
^{123}I-йодид натрия	< 2	2—20	20—200	–	–
^{123}I-мета-йодбензил-гуанидин (МИБГ)	< 15	15—150	150—1 500	–	–
^{99m}Tc-технемаг (MAG 3)	< 28	28—280	280—2 800	–	–

Продолжение прилож. 3

1	2	3	4	5	6
^{99m}Tc-пентатех (DTPA)	< 40	40—400	400—4 000	–	–
^{99m}Tc-технемек (DMSA)	< 22	22—220	220—2 200	–	–
^{99m}Tc-бромезида (производные IDA)	< 12	12—120	120—1 200	–	–
^{99m}Tc-макротех (МАА макроагрегат альбумина)	< 18	18—180	180—1 800	–	–
^{99m}Tc-фосфаты и фосфаны	< 35	35—350	350—3 500	–	–
^{99m}Tc-технефит (коллоид крупнодисперсный)	< 20	20—200	200—2 000	–	–
^{99m}Tc-пертехнетат	< 15	15—150	150—1 500	–	–
^{99m}Tc-технетрил (MIBI)	< 22	22—220	220—2 200	–	–
^{99m}Tc-теоксим-аутологичные лейкоциты	< 22	22—220	220—2 200	–	–
^{67}Ga-цитрат	< 2	2—20	20—200	–	–
^{15}O-вода	< 180	180—1 800	1 800—18 000	–	–
^{11}C-метионин	< 24	24—240	240—2 400	–	–
^{18}F-Фтордезоксиглюкоза (ФДГ)	< 10	10—100	100—1 000	–	–
Примечание. Активности РФП, которые могут создавать умеренные риски для взрослых пациентов и низкие или умеренные риски для пациентов старшего возраста, для диагностических целей не вводят					

Приложение 4
(справочное)

Термины и определения

Диагностика радионуклидная *(in vivo)* – исследование патологического процесса в организме пациента путём визуализации и(или) определения характеристик пространственно-временного распределения радиофармпрепарата, введенного в организм пациента с диагностической целью.

Доза поглощенная средняя в органе или ткани (Т), D_T – поглощенная доза ионизирующего излучения D_T, усредненная по всему объему органа или ткани T, вычисляемая в виде:

$$D_T = \frac{\epsilon_T}{m_T}, \text{ где}$$

ε_T – средняя энергия ионизирующего излучения, переданная органу или ткани T, а m_T – масса органа или ткани. В единицах СИ поглощенная доза измеряется в Дж·кг$^{-1}$, и имеет специальное название «грей» (Гр).

Доза эффективная (*E*) – величина, используемая как мера риска возникновения отдаленных стохастических последствий облучения всего тела человека и отдельных его органов и тканей с учетом их радиочувствительности. Она равна сумме произведений средней поглощенной дозы в органах и тканях на соответствующие весовые множители излучений w_R и тканей w_T:

$$E = \sum_T \omega_T \sum_T \omega_R D_{T,R}$$

Единица измерения для эффективной дозы та же, что и для поглощенной дозы – Дж кг$^{-1}$, а ее специальное название – «зиверт» (Зв).

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

Исследование рентгенологическое – обследование пациента в целях диагностики или профилактики заболевания с использованием рентгеновского излучения, состоящее из одной или нескольких рентгенологических процедур.

Компьютерная томография (КТ) – метод рентгенологического исследования, заключающийся в получении послойного цифрового рентгеновского изображения с использованием специальной аппаратуры и компьютера.

Коэффициент риска номинальный – усредненная по полу и возрасту на момент облучения оценка пожизненного радиационного риска на единицу эффективной дозы для репрезентативной популяции (все население или взрослое население).

Линейная беспороговая модель – модель зависимости доза–эффект, предполагающая, что в диапазоне малых доз дозы излучения свыше нуля приводят к прямо пропорциональному увеличению риска избыточного рака и (или) наследственных заболеваний.

Облучение медицинское – облучение ионизирующим излучением, которому подвергаются пациенты при прохождении ими диагностических или терапевтических медицинских процедур, а также лица (за исключением персонала): которые помогают в уходе за пациентами в больнице или дома; проходящие медицинские обследования в связи с профессиональной деятельностью или в рамках медико-юридических процедур и участвующие в медицинских профилактических обследованиях и медико-биологических исследованиях.

Обоснование – процесс определения того, насколько планируемая деятельность с использованием ИИ приносит пользу, то есть приносимая ею польза для отдельных лиц и общества превышает наносимый ею вред (в том числе радиационный вред).

Однофотонная эмиссионная компьютерная томография (ОФЭКТ) – диагностический метод создания томографических изображений распределения радионуклидов в теле человека. В ОФЭКТ применяются радиофармпрепараты, меченные радиоизотопами, ядра которых при каждом акте радиоактивного распада испускают один гамма-квант (фотон).

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

Позитронно-эмиссионная томография (ПЭТ) или двухфотонная эмиссионная томография – радионуклидный томографический метод исследования внутренних органов человека или животного. Метод основан на регистрации пары гамма-квантов, возникающих при аннигиляции позитронов с электронами. Позитроны возникают при позитронном бета-распаде радионуклида, входящего в состав радиофармпрепарата.

ПЭТ/КТ-сканер – стационарная томографическая установка для одновременного проведения исследования пациента методами позитронной эмиссионной томографии и рентгеновской компьютерной томографии в одной геометрии и реконструкции совместного изображения в единой системе координат.

Процедура рентгенологическая – использование рентгеновского излучения для получения визуального изображения органа или части тела пациента с диагностической (профилактической) целью либо для облучения пациента с терапевтической целью.

Радиофармпрепарат (РФП) – фармацевтическое вещество, содержащее радионуклид и предназначенное для введения в организм человека или лабораторного животного с целью диагностики, оценки эффективности лечения или для медико-биологических исследований.

Рентгенология интервенционная – рентгенологические исследования, сочетающиеся с лечебным вмешательством и использующие ангиографические или чрескожные методики для диагностики и/или лечебного воздействия.

Риск – вероятность или частота наступления какого-либо неблагоприятного события в данной популяции, например, заболевания или смерти, в течение обозначенного временного отрезка (или непосредственно предполагаемое событие, способное принести кому-либо ущерб или убыток).

Риск радиационный пожизненный – вероятность возникновения радиационно-индуцированных стохастических последствий для здоровья индивидуума (заболеваний, нарушений трудоспособности, преждевременной смерти) в течение жизни после облучения ИИ, зависящая от дозы, мощности дозы и вида ИИ, радиочувствительности облучённых органов. На уровень риска влияют пол, возраст в момент облучения и другие факторы.

Чувствительность радиационная (радиочувствительность) – восприимчивость клеток, тканей, органов или организмов к воздействию ионизирующего излучения.

Эффект радиационный стохастический – вредный биологический эффект ИИ (канцерогенный или генетический), не имеющий дозового порога возникновения, вероятность возникновения которого пропорциональна дозе и для которого тяжесть проявления не зависит от дозы. С увеличением дозы повышается не тяжесть такого эффекта, а вероятность (риск) его появления.

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.

Оценка радиационного риска у пациентов при проведении рентгенорадиологических исследований

Методические рекомендации
МР 2.6.1.0098—15

Ответственный за выпуск Н. В. Митрохина

Редактор Л. С. Кучурова
Компьютерная вёрстка Е. В. Ломановой

Подписано в печать 30.11.15

Формат 60x84/16 Печ. л. 2,75
Тираж 150 экз. Заказ 70

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

gost.e-ecolog.ru