

Уровни облучения пациентов при проведении рентгенологических исследований в Санкт-Петербурге и Ленинградской области

В.Ю. Голиков, М.И. Балонов, С.А. Кальницкий, А.А. Братилова, С.С. Сарычева,
И.Г. Шацкий, А.В. Водоватов

ФГУН «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Санкт-Петербург

ФГУН НИИРГ в 2009–2010 гг. провел выборочное региональное исследование уровней облучения взрослых пациентов при проведении рентгенологических диагностических процедур в 20 лечебно-профилактических учреждениях Санкт-Петербурга и Ленинградской области. Были обследованы 52 рентгеновских аппарата, 14 кабинетов компьютерной томографии, 9 отделений ангиографии. Средние значения эффективных доз в зависимости от применявшейся технологии и области исследования организма пациента варьировались в следующих пределах: рутинные рентгенографические процедуры – 0,05–0,6 мЗв; компьютерные томографические процедуры – 0,6–17,5 мЗв; интервенционные исследования – 6–60 мЗв. Представлено сравнение полученных значений эффективной дозы у пациентов Санкт-Петербурга и Ленинградской области со средними значениями, рекомендованными при заполнении статистической формы 3-ДОЗ, и с зарубежными данными.

Ключевые слова: пациенты, рентгенологические исследования, компьютерная томография, интервенционные исследования, медицинское облучение, эффективная доза.

Введение

Статистические данные о структуре лучевой диагностики и дозах у пациентов применительно к регионам Российской Федерации регулярно собираются в рамках программы ЕСКИД (форма 3-ДОЗ). Собираемая информация содержит следующие данные:

- количество процедур с разбивкой их по видам и исследуемым органам/областям тела (рутинные рентгеновские, компьютерная томография, специальные, радионуклидные);
- значения средних эффективных доз у пациентов в расчете на одну процедуру, оцененные либо на основе измеряемых величин (значений произведения дозы на площадь (ПДП) или радиационного выхода рентгеновского аппарата) [1], либо с использованием средних расчетных значений эффективных доз на процедуру [2].

К достоинствам информации, содержащейся в форме 3-ДОЗ, можно отнести широкий охват сферы медицинского облучения в России – от ЛПУ до Федерации и унификацию формата представления данных, а к ее недостаткам – использование средних расчетных значений эффективных доз на процедуру, что не позволяет учитывать ни специфику аппаратуры, ни параметры проведения медицинских процедур на местах. В 2009 г. в среднем по России значения эффективных доз у пациентов были оценены на основе измеряемых величин для приблизительно 40% процедур, в г. Санкт-Петербурге – только для 6% процедур.

В 2009–2010 гг. ФГУН НИИРГ по согласованию с Комитетом здравоохранения Правительства Санкт-Петербурга провел выборочное региональное исследование уровней облучения пациентов при проведении рентгенологических диагностических процедур в 20 лечебно-профилактических учреждениях (ЛПУ)

г. Санкт-Петербурга (СПб) и Ленинградской области (ЛО). Были обследованы 52 рентгеновских аппарата, 14 кабинетов компьютерной томографии, 9 отделений ангиографии.

Цели исследования:

- верификация дозиметрических данных, собираемых в рамках государственной программы ЕСКИД (статистическая форма 3-ДОЗ);
- сравнение средних уровней облучения пациентов между ЛПУ СПб и ЛО и с зарубежными данными;
- сбор информации для последующего определения значений референтных диагностических уровней (РДУ) для отдельных видов рентгенологических процедур на основе реальных доз у пациентов.

В настоящей статье обсуждаются результаты регионального исследования применительно к первым двум вышеуказанным целям работы. Что касается оценки региональных значений РДУ, то этому аспекту работы будет посвящена отдельная статья.

Материалы и методы

Набор физико-технических, дозиметрических и геометрических параметров, необходимый и достаточный для оценки эффективной дозы у пациентов, зависит от технологии проведения медицинского исследования. В качестве исходной информации для определения эффективной дозы при проведении рутинной рентгенологической процедуры или интервенционного исследования необходимо использовать:

1. Физико-технические измеряемые параметры, определяющие поле рентгеновского излучения:
 - значение высокого напряжения на рентгеновской трубке (кВ);

- общую толщину и материал фильтра рентгеновского аппарата (например, 4 мм Al);
- радиационный выход рентгеновского аппарата ($\text{мГр} \cdot \text{м}^2 / (\text{мА} \cdot \text{с})$) и экспозицию ($\text{мА} \cdot \text{с}$);
- произведение дозы на площадь за время проведения рентгенологической процедуры ($\text{сГр} \cdot \text{см}^2$);

2. Геометрические параметры рентгенологического исследования:

- область исследования (легкие, череп, и т.п.);
- проекция (передне-задняя, задне-передняя, боковая);
- размеры поля облучения (высота и ширина пучка на приемнике изображения);
- фокусное расстояние (расстояние от фокуса рентгеновской трубки до приемника изображения).

Значение эффективной дозы E у пациента определяется с помощью выражений:

$$\begin{aligned} E &= \Phi \cdot K_d, \text{ мЗв} & \text{или} \\ E &= R \cdot i \cdot t \cdot K_e, \text{ мЗв}, \end{aligned} \quad (1)$$

где: Φ – измеренное значение произведения дозы на площадь, $\text{сГр} \cdot \text{см}^2$;

R – радиационный выход рентгеновского излучателя, ($\text{мГр} \cdot \text{м}^2 / (\text{мА} \cdot \text{с})$);

i – ток рентгеновской трубки, мА ;

t – время проведения исследования, с ;

K_d и K_e – коэффициенты перехода от значения ПДП или R к эффективной дозе у пациента.

Коэффициенты перехода K_d и K_e соответствуют значениям эффективной дозы при проведении данного рентгенологического исследования, полностью определяемого набором технических, геометрических и дозиметрических параметров (см. выше), нормированным на значение поглощенной дозы в воздухе на расстоянии 1 м от фокуса трубки (K_e , $\text{мЗв} / (\text{мГр} \cdot \text{м}^2)$), либо на значение ПДП, измеренное за время проведения исследования (K_d , $\text{мЗв} / (\text{сГр} \cdot \text{см}^2)$). Их численные значения для рутинных рентгенологических процедур [1] и интервенционных исследований [3] рассчитывали с помощью компьютерной программы EDEREX (Effective Dose Estimation at Roentgen Examinations) [4, 5]. Программа позволяет в режиме реального времени рассчитать значения средних поглощенных доз в более чем 20 органах и тканях тела человека и эффективную дозу с учетом параметров рентгенологической процедуры, возраста и телосложения пациента. Расчеты эффективной дозы в соответствии с ее определением [6] проводились для условного человека, имеющего полный набор мужских и женских органов.

Распределение поглощенной дозы рентгеновского излучения в теле пациента при проведении медицинского исследования методом компьютерной томографии (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. Перепад дозы от края к центру облучаемого объема (для средних размеров тела человека) составляет 2–3 раза, в то время как для традиционных методов рентгенографии или рентгеноскопии перепад дозы в передне-задней (задне-передней) геометрии облучения пациента в несколько раз больше [7, 8].

Для характеристики дозы в воздухе на оси вращения источника рентгеновского излучения (величина, аналогичная радиационному выходу обычного рентгеновского аппарата) или распределения поглощенной дозы внутри пациента при проведении отдельного сканирования используют так называемый томографический индекс дозы (CTDI). Единица измерения CTDI – мГр. Величина CTDI определяется техническими параметрами протокола КТ-исследования (сила тока и напряжение в рентгеновской трубке, время ротации, ширина коллимации среза), конструктивными особенностями сканера (геометрическая эффективность детектора, фильтрация рентгеновского излучения) и не зависит от характеристик пациента [7, 8].

Произведение дозы на длину (DLP_i) является мерой поглощенной дозы излучения за i -е сканирование с учетом длины сканируемой области тела пациента. Значение DLP_i рассчитывают по формуле:

$$DLP_i = CTDI \cdot L_i, \text{ мГр} \cdot \text{см}, \quad (2)$$

где L_i – длина i -й области сканирования.

Значение DLP_{tot} , характеризующее поглощенную дозу излучения за все КТ-исследование, рассчитывают по формуле:

$$DLP_{tot} = \sum_i DLP_i, \text{ мГр} \cdot \text{см}, \quad (3)$$

где: DLP_{tot} – произведение дозы на длину за все КТ-исследование, $\text{мГр} \cdot \text{см}$;

i – количество сканирований.

В соответствии с существующими требованиями все современные сканеры (после 2000 г.) отображают на консоли и сохраняют в отдельный файл такие дозиметрические параметры как CTDI и DLP.

Для расчета эффективной дозы E необходимо умножить DLP на дозовый коэффициент e_{DLP} , соответствующий конкретной анатомической области исследования [7]:

$$E = DLP \cdot e_{DLP}, \text{ мЗв}, \quad (4)$$

где DLP – произведение дозы на длину ($\text{мГр} \cdot \text{см}$),

e_{DLP} – значение дозового коэффициента ($\text{мЗв} \cdot \text{мГр}^{-1} \cdot \text{см}^{-1}$).

Значения дозового коэффициента e_{DLP} для взрослых пациентов представлены в таблице 1.

Таблица 1

Значения дозового коэффициента e_{DLP} в зависимости от области исследования [7]

Область исследования	Значение дозового коэффициента, e_{DLP} ($\text{мЗв} \cdot \text{мГр}^{-1} \cdot \text{см}^{-1}$)
Голова	0,0023
Шея	0,0054
Грудная клетка	0,017
Брюшная полость	0,015
Малый таз	0,019

Для сбора и анализа данных о параметрах проведения вышеперечисленных видов радиологических исследований были разработаны специальные анкеты. Параметры, заносимые в анкеты, характеризовали методики радиологических исследований, проводимых в отдельном кабинете.

Собираемая информация относительно параметров проведения рутинных рентгенодиагностических процедур была привязана к отдельному рентгеновскому кабинету (аппарату) и структурирована следующим образом:

1. Название рентгенологической процедуры.
2. Используемое напряжение на трубке, кВ.
3. Общая фильтрация пучка излучения рентгеновского аппарата (например, 4 мм Al).
4. Идентификация проекции при проведении процедуры (прямая передне-задняя; прямая задне-передняя; боковая).
5. Среднее значение количества электричества для данной процедуры, мАс.
6. Площадь поля на приемнике изображения, см × см.
7. Расстояние источник (фокус рентгеновской трубки) – приемник изображения (пленка, экран) для данной процедуры (РИП), см.
8. Значение радиационного выхода рентгеновского аппарата, (мГр·м²)/(мА·с).
9. Среднее измеренное значение ПДП для данной процедуры, (сГр·см²).

Значения радиационного выхода в зависимости от напряжения на трубке заимствовались из протоколов измерений эксплуатационных параметров рентгеновского оборудования или измерялись собственноручно с помощью дозиметра для контроля характеристик рентгеновских аппаратов «Unfors Xi». Среднее значение ПДП для выбранных процедур оценивалось по результатам измерений для 20–30 пациентов. В данной статье в качестве представителей рутинных рентгенодиагностических процедур рассматривалась рентгенография черепа, грудной клетки, поясничного отдела позвоночника (ПОП) и брюшной полости (БП).

Аналогичный набор параметров регистрировался и при проведении интервенционных исследований. В зави-

симости от области исследования они подразделялись на следующие виды:

- исследования коронарных сосудов,
- исследования сосудов головного мозга,
- исследования органов брюшной полости,
- исследования органов малого таза (мочеполовая система).

Каждый из вышеперечисленных видов интервенционных исследований мог ограничиваться только диагностическими целями (д) либо дополнительно включал определенные хирургические вмешательства (т). Всего за 2 года были собраны данные об условиях проведения около 1000 интервенционных исследований.

Компьютерные томографические исследования подразделялись на исследования черепа, грудной клетки, брюшной полости и таза. За 2 года были собраны данные об условиях проведения более 900 КТ-исследований.

Результаты и обсуждение

На рисунке 1 представлены оцененные в результате проведения данного исследования средние значения эффективной дозы у взрослых пациентов, подвергающихся рентгенографии черепа в прямой проекции, из 45 рентгеновских кабинетов СПб и ЛО. Там же приведены средние значения эффективной дозы для этой процедуры в СПб и ЛО и в некоторых зарубежных странах [9, 10], а также значение эффективной дозы, рекомендуемое для использования при заполнении таблицы 1100 формы 3-ДОЗ [2]. Видно, что разброс значений эффективных доз от минимального до максимального составляет для рентгенографии черепа более 15 раз, а их среднее значение в СПб и ЛО в два раза ниже значения, используемого при заполнении формы 3-ДОЗ. Значения эффективной дозы для этой процедуры в других странах несколько ниже, чем среднее значение в СПб и ЛО.

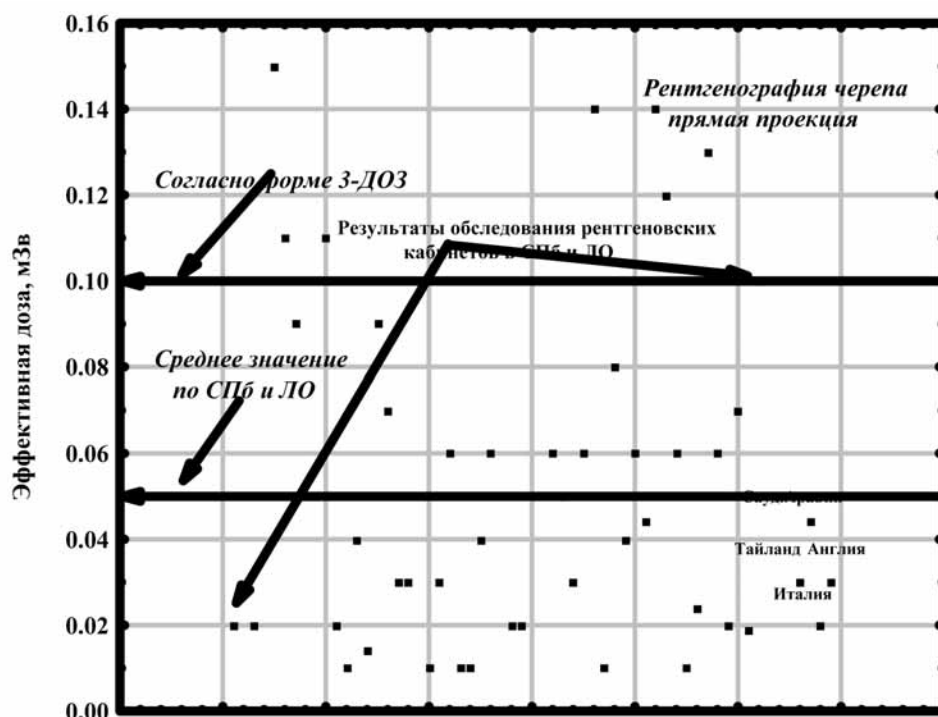


Рис. 1. Средние эффективные дозы в 45 рентгеновских кабинетах СПб и ЛО у взрослых пациентов при проведении рентгенографии черепа в прямой проекции

На следующем рисунке 2 аналогичное сравнение представлено для процедуры рентгенографии легких в прямой проекции. В этом случае для 49 рентгеновских кабинетов в СПб и ЛО разброс средних значений эффективных доз от минимального до максимального составляет более 50 раз, а их среднее значение в СПб и ЛО более чем в три раза ниже значения, используемого при заполнении формы 3-ДОЗ. Только в одном из 49 ЛПУ значение эффективной дозы превысило значение дозы из рекомендаций по заполнению формы 3-ДОЗ. Значения эффективной дозы для этой процедуры в других странах, как правило, значительно ниже, чем среднее значение в СПб и ЛО.

В случае рентгенографии поясничного отдела позвоночника (рис. 3) для 48 рентгеновских кабинетов в СПб и ЛО разброс значений средних эффективных доз от минимального до максимального составляет более 20 раз. Однако в этом случае среднее значение эффективной дозы в СПб и ЛО по результатам нашего исследования всего лишь на 20% ниже значения, используемого при заполнении формы 3-ДОЗ. Значения же эффективной дозы для этой процедуры, проводимой в других странах, оказались как выше, так и ниже среднего значения для СПб и ЛО.

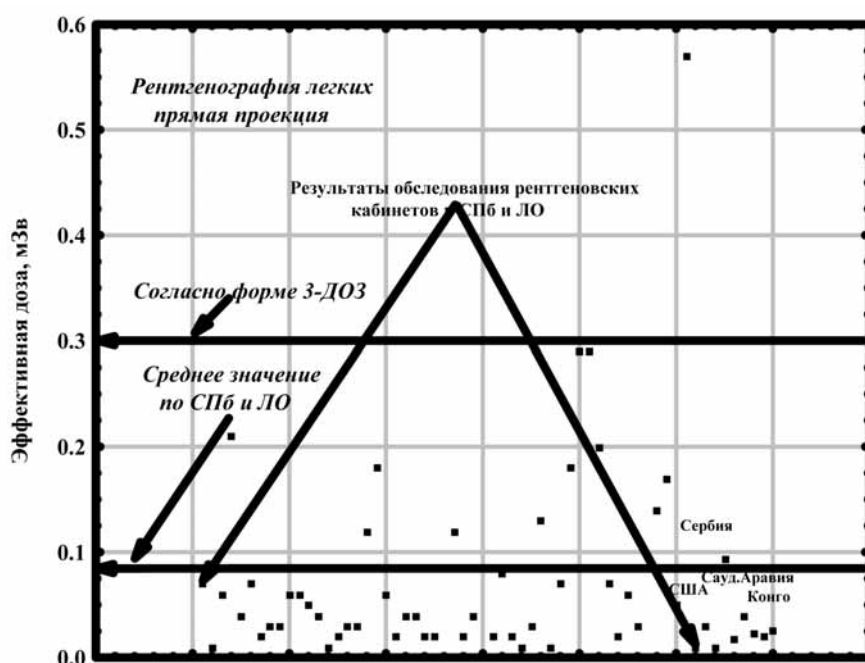


Рис. 2. Средние эффективные дозы в 49 рентгеновских кабинетах СПб и ЛО у взрослых пациентов при проведении рентгенографии легких в прямой проекции

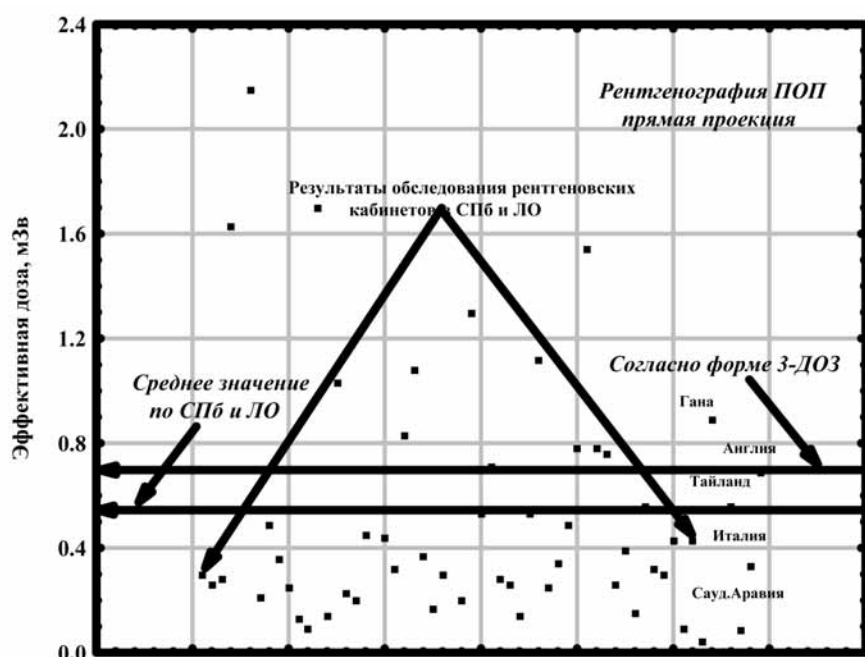


Рис. 3. Средние эффективные дозы в 48 рентгеновских кабинетах СПб и ЛО у взрослых пациентов при проведении рентгенографии ПОП в прямой проекции

В случае рентгенографии брюшной полости (рис. 4) для 37 рентгеновских кабинетов в СПб и ЛО разброс значений средних эффективных доз от минимального до максимального составляет более 20 раз. Среднее значение эффективной дозы в СПб и ЛО по результатам нашего исследования приблизительно в два раза ниже значения, используемого при заполнении формы 3-ДОЗ. Значения эффективной дозы для этой процедуры, проводимой в других странах, как и в случае рентгенографии ПОП, оказались как выше, так и ниже среднего значения для СПб и ЛО.

Таким образом, оцененные в результате нашего исследования значения средних эффективных доз при проведении 4 основных рутинных рентгенодиагностических процедур в ЛПУ СПб и ЛО свидетельствуют о том, что:

- средние значения в СПб и ЛО в зависимости от процедуры в 1,3–4 раза ниже значений, рекомендуемых для заполнения формы 3-ДОЗ;
- при сравнении с данными зарубежных исследований отмечается как превышение доз в ЛПУ СПб и ЛО (для рентгенографии черепа и легких), так и хорошее согласие (для рентгенографии ПОП и БП);
- существенный разброс значений между различными ЛПУ СПб и ЛО указывает на отсутствие стандартизации условий проведения этих процедур, возможные существенные различия в аппаратном оснащении рентгеновских кабинетов и внимании медицинского персонала к уровням облучения пациентов, а возможно, и его квалификации.

Последний вывод свидетельствует о существенных возможностях снижения уровней облучения пациентов в рутинной рентгенодиагностике. Как свидетельствует опыт европейских стран, эффективным средством снижения уровней облучения пациентов может стать внедрение в практику проведения радиологических исследований концепции РДУ [11, 12].

На рисунках 5 и 6 представлены результаты сравнения оцененных на основании собранных нами данных в ЛПУ

СПб и ЛО в 2009–2010 гг. средних значений эффективных доз при сканировании различных областей тела пациента в ходе проведения КТ-исследований со значениями, представленными в форме 3-ДОЗ, и аналогичными значениями, представляющими результаты широкомасштабного исследования в Англии [13].

Как правило, значения из формы 3-ДОЗ заметно выше реальных данных, полученных на основе протоколов КТ-исследований в ЛПУ СПб и ЛО. Лишь в 17% случаев были отмечены превышения средних значений эффективных доз в ЛПУ СПб и ЛО над значениями из формы 3-ДОЗ: при сканировании черепа (5 значений), брюшной полости (1 значение), таза (3 значения). Таким образом, как и в случае рутинной рентгенодиагностики, использование значений эффективной дозы из формы 3-ДОЗ приводит в большинстве случаев к завышенной оценке уровня облучения пациентов. Вариабельность значений эффективных доз при проведении однотипных КТ-исследований в различных ЛПУ СПб и ЛО достигает коэффициента 10, что ниже, чем в рутинной рентгенодиагностике. Это говорит о большей стандартизации протоколов проведения КТ-исследований и однотипности аппаратного обеспечения. Средние значения эффективных доз при проведении однотипных КТ-исследований в Англии довольно близки (в пределах 10–20%) к аналогичным значениям в СПб и ЛО.

Уровни облучения пациентов при проведении интервенционных исследований выше, чем при КТ-исследованиях, и значительно выше, чем при рутинной рентгенодиагностике. При этом дозы в коже могут приближаться к порогу детерминированных эффектов (2–3 Гр) и в отдельных случаях превышать его. В связи с этим система контроля доз у пациентов при проведении интервенционных исследований должна включать как контроль эффективной дозы с целью уменьшения риска стохастических эффектов, так и контроль облучения кожи с целью предотвращения детерминированных эффектов [3].

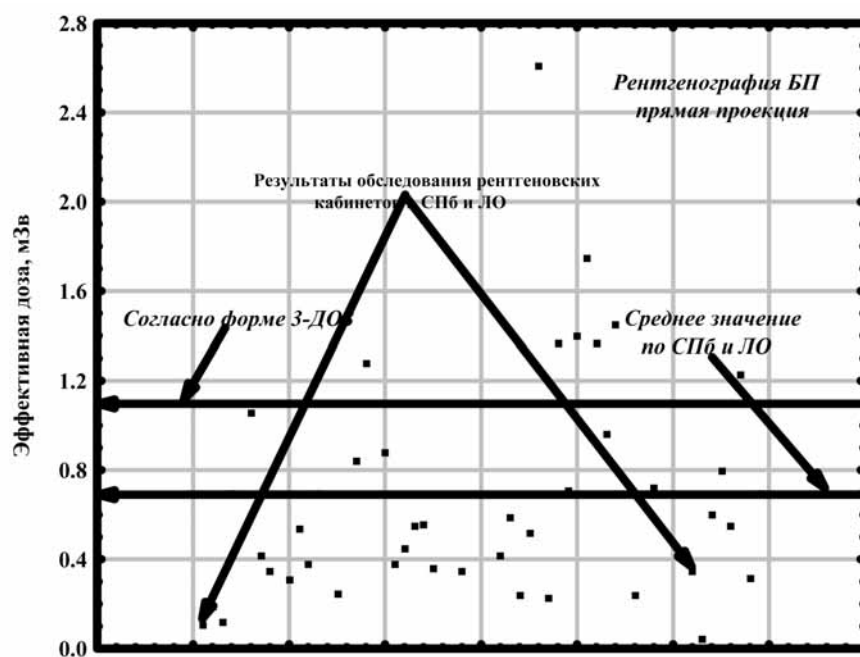


Рис. 4. Средние эффективные дозы в 37 рентгеновских кабинетах СПб и ЛО у взрослых пациентов при проведении рентгенографии брюшной полости в прямой проекции

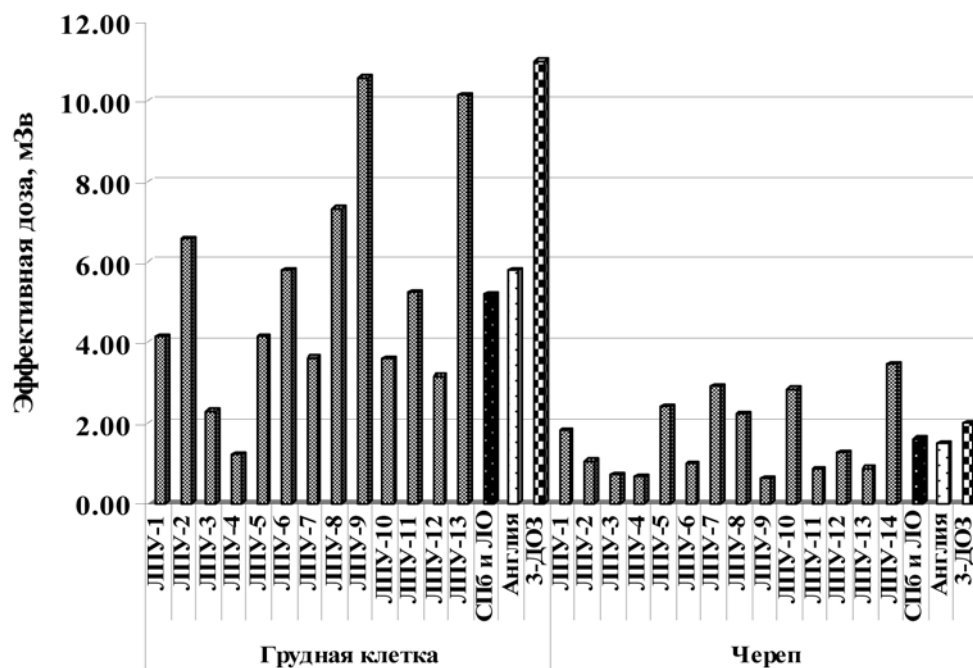


Рис. 5. Средние эффективные дозы при проведении КТ-исследований черепа и грудной клетки в ЛПУ СПб и ЛО, аналогичные значения из формы 3-ДОЗ и в Англии [13]

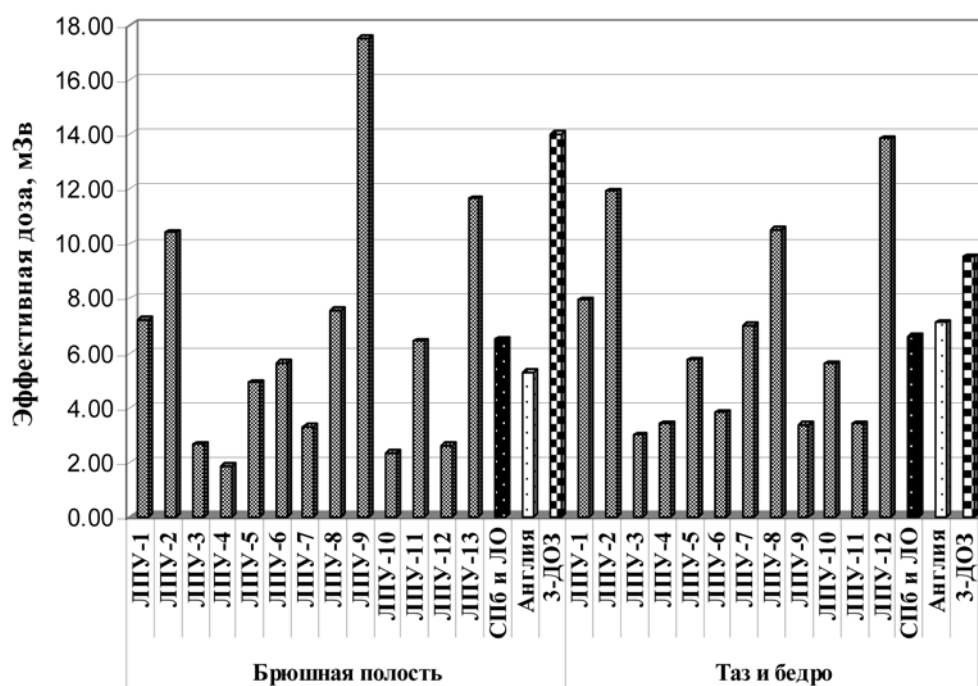


Рис. 6. Средние эффективные дозы при проведении КТ-исследований брюшной полости и таза в ЛПУ СПб и ЛО, аналогичные значения из формы 3-ДОЗ и в Англии [13]

На рисунке 7 представлен диапазон значений эффективных доз у пациентов при проведении различных интервенционных исследований в ЛПУ СПб и ЛО. Практически для всех видов интервенционных исследований разброс оцененных нами значений индивидуальных эффективных доз более 30 раз. При этом средние дозы при проведении интервенционных исследований с хирургическим вмешательством (т) в 1,5–3 раза выше, чем дозы при диагностике тех же органов (д). Максимальные значения эффективной дозы (240 и 310 мЗв) были получены при хирургическом вмешательстве в абдоминальной области и области малого таза (химио-эмболизация сосудов печени и эмболизация маточной артерии соответственно).

На рисунке 8 представлены результаты сравнения средних значений эффективных доз, рассчитанных для интервенционных исследований, проводимых в СПб и ЛО, со значениями эффективной дозы из формы 3-ДОЗ и с литературными данными [14–21]. Видно, что, в отличие от рутинной рентгенодиагностики и КТ-исследований, средние значения доз при проведении интервенционных исследований в ЛПУ СПб и ЛО (кроме исследований на голове) превышают значения из формы 3-ДОЗ (до трех раз). Сравнение с данными из зарубежных клиник показывает неплохое согласие обоих наборов значений эффективных доз, за исключением исследований на брюшной полости, выполненных с применением хирургического вмешательства. Здесь различия достигают четырех раз.

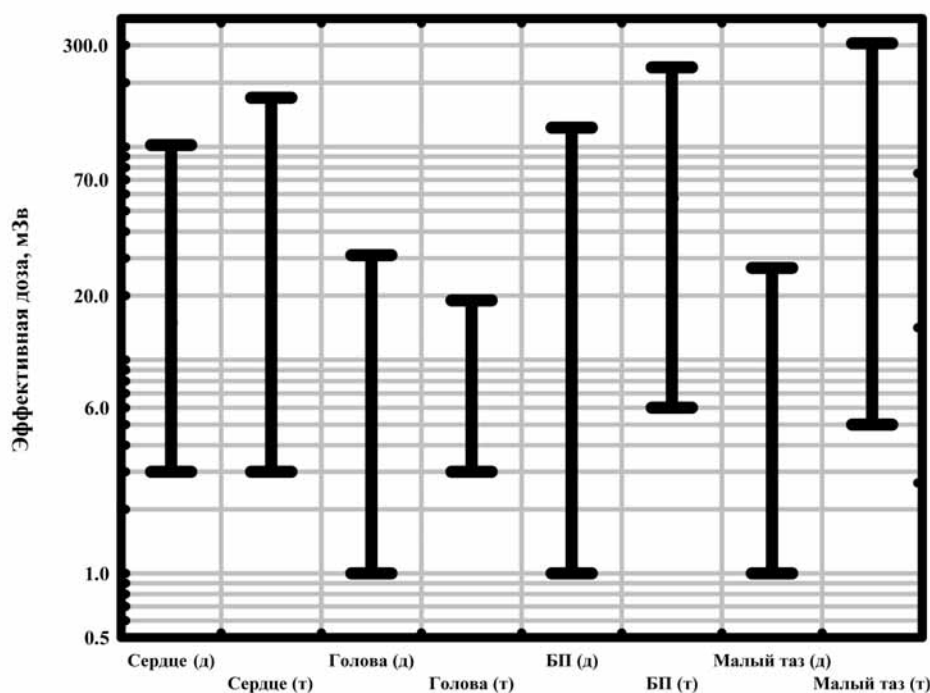


Рис. 7. Диапазон значений индивидуальной эффективной дозы при проведении различных интервенционных исследований в ЛПУ СПб и ЛО

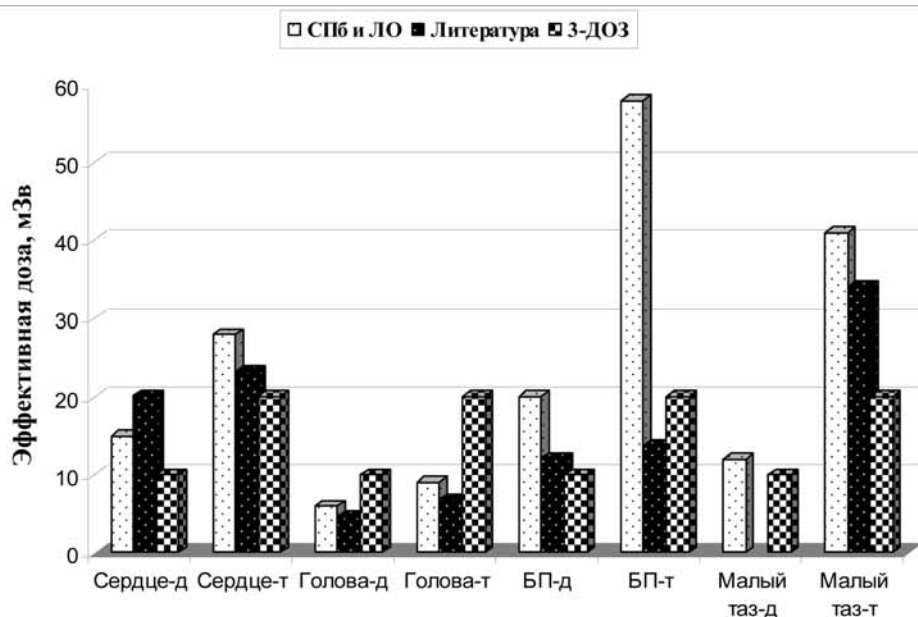


Рис. 8. Средние эффективные дозы при проведении интервенционных исследований в ЛПУ СПб и ЛО, аналогичные значения из формы 3-ДОЗ и литературные данные

Закключение

Согласно результатам регионального исследования уровней облучения взрослых пациентов в ЛПУ СПб и ЛО, использование средних расчетных значений эффективных доз на процедуру, содержащихся в рекомендациях по заполнению формы 3-ДОЗ, завышает реальный уровень дозы у пациента при проведении рутинных рентгенодиагностических процедур в 80–98% случаев, а при проведении КТ-исследований – в 65–100% случаев, в зависимости от типа процедуры. При этом средние значения эффективных доз на процедуру в СПб и ЛО завышаются в 1,3–4 раза и в 1,3–2 раза при проведении рутинных рентгенодиагностических процедур и КТ-исследований соответственно. При проведении интервенционных исследований наблюдается, в определенном смысле, обратная картина – лишь при проведении исследований на голове (два из рассмотренных восьми видов исследований) значения из формы 3-ДОЗ выше (в 1,7–2,2 раза), чем полученные по результатам обследования. Для остальных шести видов интервенционных исследований реальные значения выше, чем значения из формы 3-ДОЗ (в 1,2–2,9 раза).

Таким образом, существующая практика сбора данных о медицинском облучении населения РФ в рамках статистической формы 3-ДОЗ может существенно исказить реальную картину в части, касающейся уровней облучения пациентов и коллективной дозы медицинского облучения. В связи с этим, на наш взгляд, необходимо:

- продолжить проведение выборочных региональных исследований реальных уровней облучения пациентов в других регионах РФ;

- по результатам анализа данных об облучении пациентов, представляемых в форме 3-ДОЗ, разработать предложения по совершенствованию формы и методики ее заполнения.

В заключение приведем результаты сравнения средних значений эффективных доз у пациентов при проведении рентгенологических исследований в ЛПУ СПб и ЛО с использованием различных технологий. Из данных, представленных на рисунке 9, видно, что средние эффективные дозы у пациентов в ЛПУ СПб и ЛО каждый раз увеличиваются приблизительно на порядок при переходе от рутинных исследований к КТ и дальше к интервенционным исследованиям, и, как мы видели выше, это не является особенностью исследуемого в данной работе региона. Аналогичные соотношения уровней облучения пациентов в зависимости от технологии медицинского исследования наблюдаются во всем мире [9]. Из-за того, что доля высокотехнологичных медицинских процедур (КТ и интервенционные исследования) в общей структуре рентгенологических исследований постоянно увеличивается [22], можно прогнозировать значительное увеличение уровней облучения пациентов в будущем. В США уже в 2006 г. годовая эффективная доза медицинского облучения населения составила 3 мЗв и практически сравнялась с эффективной дозой от природных источников излучения [22]. В связи с этим необходимо развивать и совершенствовать процедуры оптимизации проведения медицинских рентгенологических исследований.

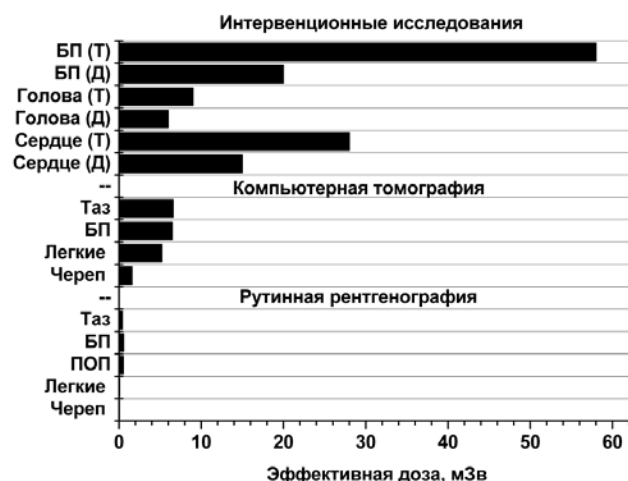


Рис. 9. Средние эффективные дозы при проведении рентгенологических исследований с использованием различных технологий в ЛПУ СПб и ЛО в 2009–2010 гг.

Литература

1. Методические указания «Контроль эффективных доз облучения пациентов при медицинских рентгенологических исследованиях» (МУК 2.6.1.1797-03). – М.: Минздрав России, 2003 г.
2. Заполнение форм федерального государственного статистического наблюдения № 3-ДОЗ. МР № 0100/1659-07-26. – М.: Роспотребнадзор, 2007. – 23 с.
3. Голиков, В.Ю. Оценка доз облучения пациентов при проведении интервенционных рентгенологических исследований / В.Ю. Голиков [и др.] // Радиационная гигиена. – 2009. – Т. 2, № 3. – С. 26–31.
4. Golikov, V. Assessment of radiation doses to the patients in medical X-ray diagnosis // V. Golikov, A. Barkovski, N. Baryshkov // Strahlenschutz für Mensch und Gesellschaft im Europa von Morgen. Ed. K.Mück, A.Hefner, and N.Vana. – Köln: TÜV-Verlag, 2001.
5. Голиков, В.Ю. Оценка эффективных доз облучения пациентов при проведении рентгенологических исследований / В.Ю. Голиков [и др.] // Радиационная гигиена: сб. тр. – СПб., 2003. – С.75–88.
6. Рекомендации международной комиссии по радиологической защите 1990 года. Публикация МКРЗ 60. – М.: Энергоатомиздат, 1994. – 192с.
7. European guidelines on quality criteria for computed tomography: Report EUR 16262. – Luxembourg, 1999.
8. Managing patient dose in computed tomography: A report of the Intern. Commission on Radiol. Protection: ICRP Publication 87 // Annals of the ICRP. – V. 30, – P. 7–45.
9. Fred, A. Effective Doses in Radiology and Diagnostic Nuclear Medicine / A. Fred [et al.] // Radiology. – 2008. – V. 248, №. 1.
10. Wilbroad, E. Patient Doses in Radiographic Examinations in 12 Countries in Asia, Africa, and eastern / E. Wilbroad [et al.] // Europe: Initial Results from IAEA Projects. AJR:190.- 2008. – P. 1453–1461.
11. Guidance on Diagnostic Reference Levels (DRLs) for Medical Exposures. Radiation Protection 109. Directorate-General, Environment, Nuclear Safety and Civil Protection. European Commission, 1999.
12. Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ-99/2010): СП 2.6.1.2612-10): зарегистрирован 11 августа 2010 г. Регистрационный № 18115. – М.: Минюст России 2010 г.

13. Shrimpton, P.C. Dose for computed Tomography (CT) // P.C. Shrimpton [et al.] // Examinations in UK. Review. Document NRPB-W67. – Chilton, 2005.
14. Delichas, M.G. Radiation doses to patients undergoing coronary angiography and percutaneous transluminal coronary angioplasty / M.G. Delichas [et al.] // Radiation protection Dosimetry. – 2003. – V. 103, № 2. – P. 149–154.
15. McParland, B.J. A study of patient radiation doses in interventional radiological procedures / B.J. McParland / The British Journal of Radiology. – 1998. – V. 71. – P. 175–185.
16. Tsapaki, V. Neofotistou. Patient dose value in a dedicated Greek cardiac centre / V. Tsapaki // The British Journal of Radiology. – 2003. – V. 76. – P. 726–730.
17. Theodorakou, C. A study on radiation doses and irradiated areas in cerebral embolization / C. Theodorakou, J.A. Horrocks // The British Journal of Radiology. – 2003. – V. 76. – P. 546–552.
18. Bor, D. Comparison of effective doses obtained from dose-area product and air kerma measurements in interventional radiology / D. Bor [et al.] // The British Journal of Radiology. – 2004. – V. 77. – P. 315–322.
19. Vetter, S. Patient radiation exposure in uterine artery embolization of leiomyomata: calculation of organ doses and effective dose / S. Vetter [et al.] // Eur. Radiol. – 2004. – V. 14, № 5. – P. 842–848.
20. Nikolis, B. Patient radiation dose associated with uterine artery embolization / B. Nikolis [et al.] // Radiation protection Dosimetry. – 2003. – V. 107, № 4. – P. 247–252.
21. Struelens, L. Effective doses in angiography and interventional radiology: calculation of conversion coefficients for angiography of the lower limbs / L. Struelens [et al.] // The British Journal of Radiology. – 2005. – V. 78. – P. 135–142.
22. Sources and effects of ionizing radiation: United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation: UNSCEAR 2008: Report // United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. – New York: Annex A., 2010. – V. 1.

**V.Yu. Golikov, M.I. Balonov, S.A. Kalnizky, A.A. Bratilova,
S.S. Sarycheva, I.G. Shazky, A.V. Vodovatov,**

Exposure levels of patients during radiological examinations in St. Petersburg and the Leningrad region

Federal Scientific Organization «Saint-Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene
after Professor P.V. Ramzaev» of Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection
and Human Well-being, Saint-Petersburg

Abstract. Saint-Petersburg Institute of Radiation Hygiene has undertaken in 2009-2010 selective regional study of exposure levels of adult patients during radiological diagnostic procedures in 20 hospitals of the city Saint-Petersburg and the Leningrad region. We examined 52 X-ray machines, 14 computed tomography rooms and 9 angiography rooms. The average effective doses, depending on the technology and type of patient examination, varied within the following limits: routine radiographic procedures – from 0.05 mSv to 0.6 mSv, computed tomography procedures – from 0.6 to 17.5 mSv, interventional examinations – from 6 to 60 mSv. The obtained effective doses of the patients in the studied hospitals of Saint-Petersburg and Leningrad region are compared with the average values recommended in the statistical form 3-DOS, and with published foreign data.

Key words: patients, roentgenological examinations, computed tomography, interventional examinations, medical exposure, effective dose.

Поступила: 21.02.2011 г.

В.Ю. Голиков
Тел. (812) 233-42-83
E-mail: journal@niirg.ru