



# Инновационные малодозовые методики в цифровой рентгенодиагностике

**Камышанская И.Г.**

ФГБОУ ВПО “Санкт-Петербургский государственный университет” Министерства образования России, Санкт-Петербург, Россия

СПб ГБУЗ “Городская Мариинская больница”, Санкт-Петербург, Россия

## Innovative Low Dose Technique in Digital X-ray

**Kamyshanskaya I.G.**

St. Petersburg State University, St. Petersburg, Russia

St. Petersburg GBUZ “Mariinsky city hospital”, St. Petersburg, Russia

**Цель исследования:** разработка и внедрение в цифровую рентгенодиагностику (ЦР) инновационных малодозовых методик.

**Материал и методы.** Работу проводили в городской Мариинской больнице на 3 цифровых рентгеновских аппаратах компании “Электрон” (Россия). Использовали технологии ЦР, модификация которых делала их малодозовыми. Это были: импульсная рентгеноскопия с цифровой рентгенографией для контрастного исследования желудка; цифровая ирригоскопия для контрастного исследования толстой кишки; цифровая рентгенография органов грудной клетки (ОГК) с “виртуальным растром”; цифровая флюорография ОГК в режиме жесткой съемки.

В исследование вошло 420 человек. Для анализа доз, полученных пациентами в результате рентгеноскопии желудка и толстой кишки, были взяты 2 группы по 30 человек, обследованных по разработанным методикам, и 2 группы контроля по 30 человек, в которых исследование проводили врачи-рентгенологи больницы, неточно выполняющие внедренную методику, дополняя ее необоснованными собственными приемами. Цифровую рентгенографию ОГК без растра выполнили 50 пациентам, а цифровую флюорографию (ЦФ) путем съемки жесткими лучами при напряжении 120 кВ – 100 пациентам. Были проанализированы дозы пациентов групп контроля (50 человек), которым рентгенографию ОГК осуществляли с растром, а ЦФ (100 человек) проводили при напряжении 100 кВ.

Постпроцессорная (компьютерная) обработка рентгеновских изображений включала возможности программного обеспечения автоматизированного рабочего места (АРМ) врача, разработанного компанией “Электрон”.

**Результаты.** Разработанные инновационные методики рентгенологического исследования желудка и толстой кишки оказались более чем в 2 раза малодозовыми благодаря сокращению количества снимков и кадров рентгеноскопии. Рентгенография ОГК без растра и путем жесткой съемки позволила существенно снизить дозу облучения на пациента.

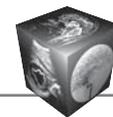
**Выводы.** 1. Непрерывная рентгеноскопия, как высокодозовая методика, должна быть исключена из практики диагностических исследований. Скорость импульсной рентгеноскопии стоит подбирать в зависимости от целей исследования. 2. Предложены инновационные методики ЦР исследования желудка и толстой кишки, позволяющие снизить дозу пациента в 2,5 и 4 раза соответственно. 3. При цифровой рентгенографии ОГК без растра облучение пациента снижается в 3,5 раза. 4. Для снижения дозы пациента проверочную цифровую флюорографию ОГК рекомендуется проводить в режиме жесткой съемки. 5. С целью уменьшения количества повторных снимков и повышения точности ЦР необходимо использовать весь арсенал цифровой постпроцессорной обработки, представленной в АРМ рентгенолога.

**Для корреспонденции:** Камышанская Ирина Григорьевна – 191014 Санкт-Петербург, Литейный проспект, 56. Городская Мариинская больница. Тел. 8-812-275-73-67, 8-911-238-44-31. E-mail: irinaka@mail.ru

**Камышанская Ирина Григорьевна** – канд. мед. наук, доцент кафедры онкологии СПбГУ, заведующая рентгеновским отделением городской Мариинской больницы, Санкт-Петербург.

**Contact:** Kamyshanskaya Irina Grigorevna – City Mariinsky hospital, 191014, Saint-Petersburg, 56 Liteyniy Avenue. Phone: 8-812-275-73-67, 8-911-238-44-31. E-mail: irinaka@mail.ru

**Kamyshanskaya Irina Grigorevna** – cand. of med. sci., Associate Professor of Oncology Department of the St. Petersburg State University, head of the X-ray department of the City Mariinsky hospital, St. Petersburg.



**Ключевые слова:** цифровая рентгенотехника и рентгенодиагностика, инновационные малодозовые методики цифровых рентгенологических исследований, постпроцессорная обработка изображений, доза облучения.

\*\*\*

**The purpose:** the development and implementation of Digital X-ray diagnostics Low dose of innovative techniques.

**Materials and methods.** Work carried out in the City Mariinsky hospital on 3 digital X-ray machines companies "Electron" (Russia). We use technology Digital X-ray diagnostics, modification which makes them low-dose. These were pulsed fluoroscopy with digital radiography for contrast studies of the stomach; Digital contrast barium enema for colon cancer research; digital chest X-ray with "virtual raster"; digital chest X-ray tough shooting mode.

The study included 420 people. For the analysis of doses received by patients as a result of the screening of stomach and colon, were taken from 2 groups of 30 people surveyed according to the procedures developed and 2 control groups of 30 persons, in which the study was conducted by doctors-radiologists of the hospital, not performing accurately implemented the methodology, complementing her own unfounded techniques. Make digital radiography chest without raster 50 people, and digital chest X-ray by shooting rigid beams at a voltage of 120 kV – 100 people. We analyzed the dose control patients (50 people), which was carried out with X-rays chest raster and digital chest X-ray (100 people) was performed at a voltage of 100 kV. Computer processing X-ray images included software features automated workstation (AWS), a physician, developed by the "Elektron".

**Results.** Developed innovative methods of x-ray examination of the stomach and the large intestine was more than 2 times of a low-dose, by reducing the number of images and fluoroscopy frames. Radiography OGK without raster and by hard shooting is possible to significantly reduce the radiation dose to the patient.

**Conclusions.** 1. Continuous fluoroscopy as by high-technique, should be excluded from the practice of diagnostic studies. The rate pulsed fluoroscopy is selected depending on the purpose of the study. 2. The proposed innovative methods CR study of the stomach and colon, allowing patients to reduce the dose of 2.5 and 4 times, respectively. 3. Digital Radiography chest raster without patient exposure is reduced by 3.5 times. 4. In order to reduce patient dose digital chest X-ray screening recommended tough shooting mode. 5. In order to reduce the number of repeat shots and improve the accuracy of the digital radiography is necessary to use the entire arsenal of digital post-processing provided in AWS radiologist.

**Key words:** digital X-ray technology and X-ray diagnostics, innovative techniques Low dose digital X-ray studies, post-processing of images, the radiation dose.

## Введение

Современные требования к рентгенодиагностике основаны на снижении доз облучения на пациента. Хорошая практика рентгенолога – это применение малодозовых рентгенологических исследований. Имеется проблема снижения лучевой нагрузки на пациента без ущерба диагностического качества изображения. Возможности снижения дозы на аналоговых (плёночных) рентгеновских установках исчерпаны, а на цифровых аппаратах еще плохо изучены. Оснащение лечебно-профилактических учреждений цифровыми рентгеновскими установками открыло перспективы изучению разнообразных возможностей цифровой рентгенотехники, в том числе и в плане радиационной безопасности [1–4].

## Цель исследования

Разработка и внедрение в цифровую рентгенодиагностику инновационных малодозовых методов. В основу статьи положено обобщение результатов 10-летнего исследования, проведенного на отечественных цифровых рентгеновских аппаратах в многопрофильном стационаре неотложной помощи Санкт-Петербурга.

## Материал и методы

Исследования проводили в городской Мариинской больнице на 3 цифровых рентгеновских аппаратах компании НИПК "Электрон" (Россия) 2008–2012 гг. выпуска, оснащенных разными детекторами и программным обеспечением: АРЦ и флюорограф с ПЗС-матрицей, КРТ с РЭОПом (табл. 1).

Использовали следующие технологии цифровой рентгенодиагностики, модификация которых делала их малодозовыми:

- импульсная рентгеноскопия с цифровой рентгенографией для контрастного исследования пищевода, желудка и двенадцатиперстной кишки (далее – исследование желудка);
- цифровая ирригоскопия для контрастного исследования толстой кишки;
- цифровая рентгенография органов грудной клетки (ОГК) с "виртуальным растром";
- цифровая флюорография ОГК в режиме жесткой съемки.

**Таблица 1.** Технические характеристики аппаратов

Наименование	Характеристика приемника	Полная фильтрация, мм Al	Стандартное напряжение, кВ	Размер поля
Флюорограф ФЦ-Электрон	Люминесцентный экран – оптика – ПЗС-матрица	5	100	30 × 30 см
КРТ-Электрон	Люминесцентный экран – РЭОП – ПЗС-матрица	3	90	16'
АРЦ-Электрон	Люминесцентный экран – оптика – ПЗС-матрица	3	100	43 × 43 см



Методики цифрового малодозового рентгенологического исследования желудка и толстой кишки разработаны в больнице еще в 2005 г. Они получили свое отражение в материалах конференций и конгрессов, в статьях специализированных журналов [5, 6]. Особенностью этих методик является относительно малая лучевая нагрузка на пациента. В стационаре ежегодно проводится около 850 рентгенокopies желудка и 450 ирригоскопий, но ни в каждом случае нашими врачами-рентгенологами применялись малодозовые технологии.

В исследование вошло 420 человек.

Для анализа доз, полученных пациентами в результате рентгенокopies желудка и толстой кишки, были взяты 2 группы по 30 человек, обследованных по разработанным методикам, и 2 группы контроля по 30 человек, в которых исследование проводили врачи-рентгенологи больницы, неточно выполняющие внедренную методику, дополняя ее необоснованными собственными приемами.

Цифровую рентгенографию ОГК без раstra выполнили 50 пациентам, флюорографию путем съемки жесткими лучами – 100. В рентгеновских кабинетах, где внедряли данные методики, также были проанализированы дозы на пациентов из группы контроля (50 человек), которым рентгенографию ОГК осуществляли с растром, а флюорографию (100 человек) проводили при напряжении 100 кВ.

Постпроцессорную (компьютерную) обработку рентгеновских изображений проводили всегда и всем. Она включала в себя возможности программного обеспечения автоматизированного рабочего места (АРМ) врача, разработанного компанией “Электрон”. Это были: оптимизация динамического диапазона, обострение контуров, фильтрация, увеличение объекта, изменение уровня и ширины окна яркости.

## Результаты и их обсуждение

Разработанные инновационные методики малодозового исследования желудка и толстой кишки включали два взаимосвязанных компонента: импульсную рентгеноскопию и цифровую рентгенографию в условиях естественной контрастности и искусственного контрастирования.

*Импульсную рентгеноскопию* с частотой 1,3; 2,5; 3 кадра в секунду проводили на цифровом аппарате КРТ-Эксперт “Электрон”. Минимальную скорость просвечивания 1,3 кадра/с выбирали при ирригоскопии астеников и нормостеников. При исследовании желудка чаще применяли среднюю скорость 2,5 кадра/с. Максимальную скорость – 3 кадра/с использовали при обследовании гиперстеников. Исследование желудка состояло

из 6 снимков и 9 сеансов рентгенокopies, ирригоскопия – из 7 снимков и 8 сеансов рентгенокopies. Рентгенографию проводили под контролем прицельной рентгенокopies. Перед каждым снимком осуществляли прицеливание (скопию) продолжительностью в среднем 5 с. Моторно-эвакуаторную функцию желудка оценивали при рентгенокopies, продолжительность которой не превышала 10 с. Для лучшей визуализации складок слизистой оболочки желудочно-кишечного тракта (ЖКТ) осуществляли увеличение изображения с пульта управления аппаратом. Среднее время исследования желудка составляло около 10 мин. Такое же время требовалось для выполнения ирригоскопии, но до момента опорожнения пациентом толстой кишки. После опорожнения делали обзорную рентгенограмму брюшной полости для оценки рельефа слизистой оболочки толстой кишки.

*Методика контрастного рентгенологического исследования желудка состояла из следующих исследовательских этапов:*

1. Обзорная рентгеноскопия органов грудной полости, в положении пациента стоя, в прямой проекции, с сохранением последнего кадра скопии в памяти компьютера.

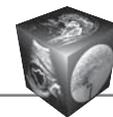
2. Обзорная рентгеноскопия органов брюшной полости, в положении пациента стоя, в прямой проекции. Последний кадр скопии верхнего отдела живота в условиях естественной контрастности также сохраняем в памяти компьютера.

Пациенту даем в руки стакан с разведенным водой контрастным веществом Бар-ВИПС (200 мл), добавив туда чайную ложку соды для повышения эффективности двойного контрастирования за счет выделения газа при взаимодействии соды и соляной кислоты желудка.

3. Рентгеноскопия пищевода во время прохождения глотка контрастной массы, в положении пациента стоя, в левой лопаточной проекции, с проверкой функции кардиального жома на глубоком вдохе, с записью видеоклипа и выполнением первого прицельного снимка дистального отдела пищевода в фазе рельефа. Используем коллимацию, сближая вертикальные шторки диафрагмы, ограничивая область пищевода.

4. Контрольная рентгеноскопия пищевода, в положении пациента стоя, в прямой проекции, с повторной проверкой продвижения бариевой взвеси по пищеводу и оценкой функции кардиального жома, с записью видеоклипа.

5. Рентгеноскопия брюшной полости, в положении пациента стоя, в прямой проекции, с компрессией тела желудка для получения рельефа слизистой оболочки, с записью видеоклипа и вы-



полнением второго снимка. Используем коллимацию в виде круга, ограничивающего область желудка. Для лучшей визуализации рельефа слизистой оболочки желудка увеличивали изображение в несколько раз с пульта управления аппарата.

6. Рентгеноскопия брюшной полости, в положении пациента стоя, в прямой проекции, с компрессией выходного отдела желудка и луковицы двенадцатиперстной кишки, с записью видеоклипа и выполнением третьего снимка.

7. Контрольная рентгеноскопия пищевода и желудка, без коллимации, в положении пациента лежа, с опущенным головным концом, в левой лопаточной проекции. Повторно проверяем продвижения контрастной массы по пищеводу и оцениваем функцию кардиального жома, при этом записываем видеоклип и выполняем четвертый снимок области желудка.

8. Рентгеноскопия желудка без коллимации, в положении пациента лежа, в правой сосковой проекции, с выполнением пятого снимка области желудка.

9. Рентгеноскопия желудка в фазе тугого контрастирования, в положении пациента стоя, в левой лопаточной проекции. Для этого пациент выпивает всю контрастную массу из стакана. Завершаем исследование выполнением шестого снимка области желудка.

Таким образом, исследование включало минимум 6 рентгенограмм и 9 сеансов рентгеноскопии для прицеливания и оценки функции пищевода, желудка, двенадцатиперстной кишки, использовали импульсную рентгеноскопию со скоростью 2,5 кадров/с.

*Методика контрастного рентгенологического исследования толстой кишки – ирригоскопия, включала следующие этапы:*

1. В положении пациента лежа на левом боку в полость прямой кишки вводили одноразовый катетер для ирригоскопии и под давлением через аппарат Боброва подавали контрастное вещество (вначале 300 мл Бар-ВИПС, потом воздух).

2. Рентгеноскопия брюшной полости, в положении пациента на животе, в прямой проекции, с выполнением первого обзорного снимка, центрируя на сигмовидную кишку.

3. Поворачиваем пациента на правый бок и в зависимости от степени двойного тугого контрастирования дополнительно вводим в кишку нужное количество воздуха.

4. Контрольная рентгеноскопия брюшной полости, в положении пациента на спине. При недостаточно двойном контрастировании дополнительно нагнетаем воздух в толстую кишку. По возможности просим пациента сделать поворот на живот,

покачаться и вновь лечь на спину, чтобы обеспечить равномерное распределение контрастной массы в просвете толстой кишки.

5. Рентгеноскопия брюшной полости, в положении пациента в левой лопаточной проекции, с выполнением второго снимка на область сигмовидной и слепой кишки.

6. Рентгеноскопия брюшной полости, в положении пациента в левой лопаточной проекции, с выполнением третьего снимка области печеночного изгиба толстой кишки.

7. Рентгеноскопия брюшной полости, в положении пациента в правой лопаточной проекции, с выполнением четвертого снимка области селезеночного изгиба толстой кишки.

8. Рентгеноскопия брюшной полости, в положении пациента стоя, в левой лопаточной проекции, с выполнением пятого снимка области печеночного изгиба толстой кишки.

9. Рентгеноскопия брюшной полости, в положении пациента стоя, в правой лопаточной проекции, с выполнением шестого снимка области селезеночного изгиба толстой кишки.

10. Пациент должен опорожнить толстую кишку.

11. Контрольная рентгеноскопия брюшной полости, в положении пациента лежа, в прямой проекции, с выполнением обзорного седьмого снимка живота для оценки сократительной, моторно-эвакуаторной функции толстой кишки. Для захвата всей брюшной полости расстояние от источника излучения до детектора должно быть 150 мм.

Таким образом, ирригоскопия включала минимум 7 рентгенограмм и 8 сеансов импульсной рентгеноскопии для прицеливания со скоростью 1,3 кадра/с.

Результаты дозиметрии и проведенные расчеты показали, что средняя эффективная доза за снимок брюшной полости у среднего по массе тела пациента была 0,03 мЗв, средняя доза за кадр импульсной рентгеноскопии – 0,003 мЗв. В табл. 2, 3 представлены средние дозы пациентов, полученные за диагностическую процедуру при исследованиях, выполненных по разработанной методике, в сравнении с методиками, которых придерживались в работе рентгенологи больницы с разным стажем работы.

Из табл. 2 и 3 видно, что с повышением стажа работы рентгенолога уменьшается доза облучения пациента. Врач-рентгенолог с малым стажем работы старается выполнить больше снимков (до 19) и дольше по времени проводит рентгеноскопию (до 80 кадров за сеанс) в сравнении с более опытными специалистами.

Разработанные методики включали 6–7 снимков за исследование и среднее количество кадров



**Таблица 2.** Результаты анализа данных рентгеноскопии желудка

Стаж работы врача-рентгенолога	Среднее количество снимков	Среднее количество кадров скопии	Средняя доза на аппарате, мЗв	Средняя доза за исследование, мЗв
1 год	11	82	2	2,3
3 года	9	68	1,2	1,5
8 лет	14	31	1,0	1,4
22 года, своя методика	6	25	0,7	0,9

**Таблица 3.** Результаты анализа данных ирригоскопии

Стаж работы врача-рентгенолога	Среднее количество снимков	Среднее количество кадров скопии	Средняя доза на аппарате, мЗв	Средняя доза за исследование, мЗв
1 год	19	41	3	3,6
3 года	17	25	1,3	1,8
8 лет	18	22	1,2	1,7
22 года, своя методика	7	20	0,7	0,9

за сеанс рентгеноскопии в пределах 20–25, что в 2 раза и более меньше. Если сравнить дозы облучения пациентов при проведении исследования врачом-рентгенологом первого года работы с дозами, получаемыми пациентами при использовании собственной методики, то они разнятся почти в 2,5 раза при исследовании желудка и в 4 раза при ирригоскопии.

От врача-рентгенолога, выполняющего малодозовые методики контрастного исследования ЖКТ, требуется четкое соблюдение этапов процедуры и понимание, для чего проводится каждый снимок и сеанс рентгеноскопии.

Дозы, представленные в табл. 2 и 3, средние и рассчитаны на среднего по массе тела пациента ( $70 \pm 5$  кг). В случае обследования крупных пациентов (от 100 кг) использовалась скорость рентгеноскопии 5 кадров/с, при этом доза за снимок увеличивалась до 0,06 мЗв, доза за кадр скопии – до 0,005 мЗв.

С целью радиационной безопасности рентгенологу необходимо ограничивать дозу пациента, используя коллимацию, оптимально уменьшая частоту кадров импульсной рентгеноскопии, выполняя оптимальное количество снимков за время исследования.

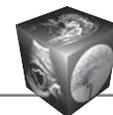
Как показало исследование, важно осуществлять регистрацию дозы с учетом возможностей дозиметрической аппаратуры, подключенной к рентгеновской установке. Конструктивной особенностью дозиметра ДРК является то, что он в условиях быстроменяющихся режимов исследования (рентгеноскопия–рентгенография) не успевает фиксировать дозу за каждый цифровой снимок и сеанс рентгеноскопии. При анализе результатов дозиметрии оказалось, что доза за снимки

иногда была равна 0 мЗв, так как не успевала зарегистрироваться. Прицельная рентгеноскопия, если ее не записывали на жесткий диск, вообще не отражалась, как часть исследования. В результате дозиметр не показывал истинный уровень облучения пациента и выдавал неполную дозу за процедуру (см. табл. 2, 3). Поскольку время для обработки и регистрации дозы составляет около 4–5 с, были внесены коррективы в методику исследования, которые предусматривали задержку после выполнения снимка на это время для регистрации дозы.

Таким образом, разработанные инновационные методики рентгенологического исследования желудка и толстой кишки оказались более чем в 2 раза малодозовыми благодаря сокращению количества снимков и кадров рентгеноскопии. Точная регистрация дозы, полученной пациентом за процедуру, возможна с учетом скорости ее регистрации.

*Рентгенография ОГК с физическим и виртуальным растром.* Первичные рентгенограммы ОГК в прямой проекции, выполненные без физического раstra, первоначально вызывали у врачей-рентгенологов неприятие, связанное с наличием вуали. Цифровые изображения были не столь контрастны и структурны в сравнении со снимками, выполненными с физическим растром. Вместе с тем, применяя на практике возможности постпроцессорной обработки изображений с использованием программ оптимизации динамического диапазона, контуров, контрастности и яркости, можно было получить высокое качество снимка.

На примере анализа рентгенограмм пациентов с разнообразной патологией легких была продемонстрирована возможность улучшения качества

**Таблица 4.** Уровни облучения пациентов обследуемых групп

Параметры	Пациенты группы контроля U-100 кВ	Стандартный пациент группы контроля***	Мужчины группы контроля	Женщины группы контроля	Пациенты группы исследования жесткой съемкой U-120 кВ
ПДП*, сГр · см <sup>2</sup>	32,2 ± 13,7 (12,9–79,8)	29,4 ± 8,24 (20–53)	36,8 ± 12,7 (18,4–79,8)	26,6 ± 12,9 (12,9–58,6)	29 ± 2,9 (13–62)
РДУ** для исследований ОГК, СПб, сГр · см <sup>2</sup>	48,8	48,8	48,8	48,8	48,8
Эффективная доза, мЗв	0,064 ± 0,03 (0,03–0,14)	0,058 ± 0,02 (0,03–0,12)	0,07 ± 0,03 (0,04–0,14)	0,054 ± 0,05 (0,01–0,1)	0,058 ± 0,006 (0,018–008)
РДУ для исследований ОГК, СПб, мЗв	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1

*Примечание.* \*ПДП – произведение дозы на площадь, \*\*РДУ – референтный диагностический уровень для Санкт-Петербурга, \*\*\* – стандартный пациент имел массу тела 70 ± 5 кг.

снимка, выполненного без физического раstra. Используя постпроцессорную обработку, так называемый виртуальный растр, добивались диагностического качества изображения. В сопоставительной оценке качества снимков, выполненных с физическим (свинцовым) растром и без него (используя виртуальный растр), принимали участие рентгенологи высшей категории с большим стажем и опытом работы.

Рентгенографию ОГК в прямой проекции, в положении пациента стоя, с физическим и виртуальным растром выполняли на цифровом аппарате АРЦ-Электрон с напряжением на трубке 80 кВ. Средние дозы были рассчитаны на среднего пациента с массой тела 74 кг, ростом 169 см. За цифровой снимок с использованием физического раstra средняя доза составила 0,067 мЗв, минимальная – 0,036 мЗв, максимальная – 0,1 мЗв. В случае выполнения цифровых снимков без физического раstra (с виртуальным растром) средняя доза на пациента составила 0,02 мЗв с интервалом от 0,006 до 0,06 мЗв. Колебания доз были обусловлены различием ростовесовых показателей и размеров грудной клетки пациентов.

Таким образом, удалось уменьшить дозу облучения пациентов при рентгенографии ОГК в 3,5 раза, при этом добиться диагностического качества снимка, выполненного без физического раstra, применив постпроцессорную компьютерную обработку (виртуальный растр).

*Режим жесткой съемки* внедряли на цифровом флюорографе ФЦ-Электрон. В городской Марининской больнице рентгеновский аппарат работал по умолчанию при постоянном напряжении 100 кВ. На период исследования каждому пациенту вручную устанавливали напряжение на трубку 120 кВ.

Флюорографию осуществляли в штатном режиме, при включенном автоматическом контроле экспозиции (АКЭ), с активными правым и левым датчиками, с малым фокусом (0,6 мм) и полной

фильтрацией 5 мм алюминия. Поле облучения рентгенолаборант устанавливал индивидуально для каждого пациента. Максимально возможный размер поля был 30 × 30 см.

Для всех пациентов были определены дозиметрические характеристики: произведение дозы на площадь – ПДП (сГр · см<sup>2</sup>) [7] и эффективная доза – ЭД (мЗв). ПДП определяли с помощью проходной камеры клинического дозиметра ДРК-1, установленной на излучателе рентгеновского аппарата. ЭД рассчитывали с помощью компьютерной программы РСХМС (STUK, Финляндия) [8], где использовали значения роста и массы тела пациентов, либо считали по формуле ЭД = ПДП · 0,002 [9]. Результаты цифровой флюорографии ОГК в режиме стандартном (100 кВ) и съемки жесткими лучами (120 кВ) представлены в табл. 4.

Из табл. 4 видно, что режим жесткой съемки позволял уменьшить ПДП в среднем на 3,2 сГр · см<sup>2</sup>, при этом ЭД и РДУ [10, 11] для исследований ОГК были одинаковы во всех группах наблюдения.

Проведенные исследования показали, что цифровая рентгенотехника во многом соответствует принципам ALARA [3, 4]. Импульсная малодозовая рентгеноскопия в зависимости от исследуемого органа дает возможность сократить лучевую нагрузку на пациента в 2,5–4 раза.

Отказ от использования свинцового раstra, подавляющего рассеянное излучение, принципиально возможен [4, 12–14]. Он требует дополнительных усилий со стороны как врачей-рентгенологов, так и разработчиков цифровой рентгеновской техники [15, 16]. Выполнение рентгенограммы ОГК без свинцового раstra с последующей постпроцессорной обработкой (с виртуальным растром) позволяет уменьшить дозу на пациента в 3,5 раза.

Режим жесткой съемки ОГК [17, 18] снижает ПДП в среднем на 3,2 сГр · см<sup>2</sup>, но требует привыкания рентгенологов к анализу “жесткого” изобра-



жения на мониторе компьютера с использованием всех средств цифровой постпроцессорной обработки, доступных на АРМ врача [16].

Постпроцессорная обработка изображений позволяет существенно сократить число повторных исследований. Она оптимизирует изображение, делая его четким и структурным, помогая врачу-рентгенологу выявить детали патологического процесса с помощью увеличения, контурирования, улучшения яркости и контрастности [19, 20].

## Выводы

1. Непрерывная рентгеноскопия, как высокодозовая методика, должна быть исключена из практики диагностических исследований. Скорость импульсной рентгенографии должна подбираться рентгенологом в зависимости от целей.

2. Предложены инновационные методики цифрового рентгенологического исследования желудка и толстой кишки, позволяющие снизить дозу пациента в 2,5 и 4 раза соответственно.

3. При цифровой рентгенографии ОГК без расстра облучение пациента снижается в 3,5 раза.

4. Проверочную цифровую флюорографию ОГК рекомендуется проводить в режиме жесткой съемки (с напряжением 120 кВ) для снижения дозы пациента в среднем на 3,2 сГр · см<sup>2</sup>.

5. С целью уменьшения количества повторных снимков и повышения точности рентгеновской диагностики необходимо использовать весь арсенал цифровой постпроцессорной обработки, представленной в АРМ рентгенолога.

## Список литературы

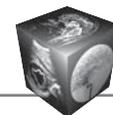
1. Блинов Н.Н., Мазуров А.И. Новые реальности в современной рентгенотехнике. Медицинская техника. 2003; 5: 3–6.
2. Блинов Н.Н. Теоретическое обоснование, исследование и разработка методов и средств минимизации лучевой нагрузки в современных рентгенодиагностических аппаратах: Дис. ... д-ра техн. наук. М., 2004. 289 с.
3. Мазуров А.И. Последние достижения в цифровой рентгенодиагностике. Медицинская техника. 2010; 5: 10–14.
4. Мазуров А.И. Борьба с рассеянным излучением в цифровых рентгеновских аппаратах: Сборник научных трудов “Увидеть невидимое”. Выпуск 2. СПб.: СПб СРП “Павел” ВОГ, 2012: 85–97.
5. Камышанская И.Г., Черемисин В.М. Методика исследования верхнего отдела желудочно-кишечного тракта на отечественном цифровом телеуправляемом рентгеновском аппарате. Медицинская визуализация. 2006; 3: 60–64.
6. Камышанская И.Г., Черемисин В.М. Методика первичного двойного контрастирования при рентгенологическом исследовании толстой кишки на цифровом

телеуправляемом рентгеновском аппарате “КРТ-Электрон”: Сборник трудов III Невского радиологического форума “Новые горизонты”, Санкт-Петербург, 7–10 апреля 2007: 223–224.

7. Временная инструкция по применению измерителей произведения дозы на площадь типа ДРК-1. АНРИ. 2003; 1: 46–52.
8. Tapiovaara M., Siiskonen T. PCXMC 2.0 User guide. STUK-TR7 Helsinki, STUK. 2008; 19pp + apps 5pp.
9. Контроль эффективных доз облучения пациентов при медицинских рентгенологических исследованиях. МУ 2.6.1.2944-11. М.: Роспотребнадзор, 2011. 40 с.
10. Wall B.F. Diagnostic reference levels – the way forward. Br. J. Radiol. 2001; 74: 785–788.
11. Применение референтных диагностических уровней для оптимизации радиационной защиты пациента в рентгенологических исследованиях общего назначения: 2.6.1. Ионизирующее излучение, радиационная безопасность: методические рекомендации МР 2.6.1.0066-12. М.: Роспотребнадзор, 2012. 12 с.
12. Мазуров А.И., Лейферкус Я.С. Исследования по оптимизации растров для цифровых рентгеновских аппаратов. СПб: Электрон, 2008. 18 с.
13. Заявка США US 2010046822 на изобретение “Virtual grid imaging method and system for eliminating scattered radiation effect” опубликована 25.02.2010.
14. Камышанская И.Г., Черемисин В.М., Перепелицина Н.В. Оптимизация радиационной защиты путем устранения отсеивающего раstra в цифровой рентгенографии. Радиационная гигиена. 2015; 8 (2): 19–24.
15. Мазуров А.И., Пахарьков Г.Н. Оптимизация технических средств рентгенологической службы лечебно-профилактических учреждений. Вестник Северо-Западного регионального отделения Академии медико-технических наук. 2003; 7: 102–107.
16. Гуржиев А.Н., Гуржиев С.М., Кострицкий А.В. Отображение цифрового рентгенологического снимка на экране компьютера: проблемы и пути их решения. Радиология и практика. 2003; 3: 24–28.
17. Элинсон М.Б., Мазуров А.И. Пути снижения лучевых нагрузок в рентгенодиагностике: Материалы II Невского радиологического форума “Наука-клиника”, Санкт-Петербург, 9–13 апреля 2005: 404.
18. Водоватов А.В., Камышанская И.Г., Дроздов А.А. Оптимизация скрининговых исследований органов грудной клетки в цифровой рентгенографии: Сборник тезисов I Всероссийской научно-практической конференции производителей рентгеновской техники, Санкт-Петербург, 21 ноября 2014: 28–30.
19. Прэнт У. Цифровая обработка изображений в 2-х книгах: Пер. с англ. М.: Мир, 1982; кн. 2: 480 с.
20. Гонсалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений. М.: Техносфера, 2012. 1104 с.

## References

1. Blinov N.N., Mazurov A.I. New realities in the modern rentgenotechnika. Meditsinskaya tekhnika. 2003; 5: 3–6. (In Russian)
2. Blinov N.N. Theoretical basis, research and development of methods and means of minimizing radiation exposure in modern x-ray diagnostic apparatus. Dis. ... doctor. tech. scie. M., 2004. 289 p. (In Russian)



3. Mazurov A.I. Recent advances in digital radiology. *Meditsinskaya tekhnika*. 2010; 5: 10–14. (In Russian)
4. Mazurov A.I. The suppression of scattered radiation in digital x-ray machines. – Collection of scientific papers “See invisible”. Issue 2. SPb.: SPb SRP “Pavel” VOG, 2012: 85–97. (In Russian)
5. Kamyshanskaya I.G., Cheremisin V.M. Methods of investigation of upper gastrointestinal tract in the domestic digital remote-controlled x-ray machine. *Meditsinskaya vizualizatsiya*. 2006; 3: 60–64. (In Russian)
6. Kamyshanskaya I.G., Cheremisin V. M. Methods of primary double contrast x-ray examination of the colon on a digital remote-controlled x-ray machine “KRT-Electron”. Proceedings of the III Nevsky radiology forum “New horizons”, St. Petersburg, Russia, 7–10 April 2007: 223–224. (In Russian)
7. Temporary instruction on the use of a measure of the dose works on the area of type DRC-1. *HENRI*. 2003; 1: 46–52. (In Russian)
8. Tapiovaara M., Siiskonen T. *PCXMC 2.0 User guide*. STUK-TR7 Helsinki, STUK. 2008; 19pp + apps 5pp.
9. Effective control of patient doses in medical x-ray examinations. MU 2.6.1.2944-11. M.: Rospotrebnadzor, 2011. 40 p. (In Russian)
10. Wall B.F. Diagnostic reference levels – the way forward. *Br. J. Radiol.* 2001; 74: 785–788.
11. The use of diagnostic reference levels for optimization of radiation protection of the patient in x-ray examinations General purposes: 2.6.1. Ionizing radiation, radiation safety: methodical recommendations MR 2.6.1.0066-12. M.: Rospotrebnadzor, 2012. 12 p. (In Russian)
12. Mazurov A. I., Leyferkus Ya.S. Studies on optimization of images for digital X-ray machines. St. Petersburg: Elektron, 2008. 18 p. (In Russian)
13. Application USA US 2010046822 for the invention of “Virtual grid imaging method and system for eliminating scattered radiation effect” published 25.02.2010. (In Russian)
14. Kamyshanskaya I.G., Cheremisin V.M., Perepelitsina N.V. Optimization of radiation protection by eliminating screening of the raster in digital radiography. *Radiatsionnaya gigiena*. 2015; 8 (2): 19–24. (In Russian)
15. Mazur A., Pakharkov G.N. Optimization of technical means of x-ray services medical institutions. *Vestnik Severo-zapadnog otdeleniya Akademii Mediko-Technicheskikh nauk*. 2003; 7: 102–107. (In Russian)
16. Gurzhiev A.N., Gurzhiev S.M., Kostritskiy A.V. Display of digital x-ray image on the screen of your computer: problems and ways of their solution. *Radiologiya i praktika*. 2003; 3: 24–28. (In Russian)
17. Elinson M.B., Mazurov A.I. Ways to reduce radiation load in the x-ray diagnostics: Materials II Nevsky radiological forum “Science-clinic”, St. Petersburg, Russia, 9–13 April 2005: 404. (In Russian)
18. Vodovatov A.V., Kamyshanskaya I.G., Drozdov A.A. Optimization screening studies of the chest in digital radiography. Abstracts of the I all-Russian scientific-practical conference of producers of x-ray technology, St. Petersburg, 21 November 2014: 28–30. (In Russian)
19. Prett U. Digital image processing in 2 books: Translated from English. M.: Mir, 1982; vol. 2: 480 p. (In Russian)
20. Gonsales R., Vuds R. Digital image processing. M.: Tekhnosfera, 2012. 1104 p. (In Russian)