

© И. Г. Камышанская, 2019

УДК 616-073.75

И. Г. Камышанская

МЕТОДИЧЕСКИЕ ПРИЕМЫ, СНИЖАЮЩИЕ ДОЗЫ ОБЛУЧЕНИЯ В ЦИФРОВОЙ РЕНТГЕНОДИАГНОСТИКЕ

ГБОУ ВО Санкт-Петербургский государственный университет Министерства образования России
(Санкт-Петербург, Российская Федерация),
СПб ГБУЗ «Городская Мариинская больница» (Санкт-Петербург, Российская Федерация)

Цель: внедрение методических приемов в цифровую рентгенодиагностику, снижающих дозы облучения пациентов без потери качества изображений.

Материалы и методы: работу проводили в Городской Мариинской больнице на 3 цифровых рентгеновских аппаратах компании «Электрон» (Россия). Использовали технологии цифровой рентгенодиагностики, модификация которых делала их малодозовыми: 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 вошли 420 человек.

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

Выполнили цифровую рентгенографию органов грудной клетки (ОГК) без раstra (50 человек), а цифровую флюорографию (ЦФ) путем съемки жесткими лучами при напряжении 120 кВ (100 человек). 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 в себя возможности программного обеспечения автоматизированного рабочего места (АРМ) врача, разработанного компанией «Электрон».

Результаты и обсуждение: 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 раstra 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 раstra 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.

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

Современные требования к рентгенодиагностике основаны на снижении доз облучения на пациента. Хорошая практика рентгенолога – это применение малодозовых рентгенологических исследований. Имеется проблема снижения лучевой нагрузки пациента без ущерба диагностическому качеству 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, 2, 12, 15].

Цель работы – внедрение в цифровую рентгенодиагностику методических приемов, снижающих дозы облучения пациентов без потери качества изображений.

В основу статьи положено обобщение результатов 10-летнего исследования, проведенного на российских цифровых рентгеновских аппаратах в многопрофильном стационаре неотложной помощи г. Санкт-Петербурга.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводили в Городской Мариинской больнице г. Санкт-Петербурга на 3 цифровых рентгеновских аппаратах компании НИПК «Электрон» (Россия) 2008-2012 года

выпуска, оснащенных разными детекторами и программным обеспечением: автоматическая регулировка цветности (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 12-перстной кишки (далее – исследование желудка);

- цифровая ирригоскопия для контрастного исследования толстой кишки;

- цифровая рентгенография ОГК с виртуальным растром;

- цифровая флюорография ОГК в режиме жесткой съемки.

Основные методические приемы цифрового малодозового рентгенологического исследования желудка и толстой кишки были разработаны в больнице еще в 2005 г. Они получили свое отражение в материалах конференций и конгрессов, в статьях специализированных журналов [8, 9]. В процессе применения эти методики совершенствовались в пользу снижения доз облучения пациентов и медицинского персонала без ухудшения диагностического качества снимков. В стационаре ежегодно осуществляется около 850 рентгеноскопий желудка и 450 ирригоскопий, но малодозовые технологии применялись врачами-рентгенологами ни в каждом случае. В исследование вошли 420 человек.

Для анализа доз, полученных пациентами в результате рентгеноскопии желудка и толстой кишки, были обследованы 2 группы по 30 человек, в которых использовали разработанные методики, и 2 группы контроля по 30 человек, в которых исследование проводили врачи-рентгенологи больницы, выполняющие методики не точно, дополняя их собственными необоснованными приемами.

Цифровую рентгенографию ОГК без расстра выполнили 50 находившимся под наблюдением, флюорографию путем съемки жестки-

ми лучами – 100. В рентгеновских кабинетах, где внедряли описываемые методики, также были проанализированы дозы пациентов группы контроля (50 человек), которым рентгенографию ОГК осуществляли с растром, а флюорографию (100 человек) осуществляли 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 ОБСУЖДЕНИЕ

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

Импульсную рентгеноскопию с частотой 1,3; 2,5 и 3 кадра в секунду выполняли 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 рентгеноскопий, ирригоскопия состояла из 7 снимков и 8 сеансов рентгеноскопий. Рентгенографию осуществляли под контролем прицельной рентгеноскопии. Перед каждым снимком осуществляли прицеливание (скопию), продолжительностью в среднем 5 с. Моторно-эвакуаторную функцию желудка оценивали при рентгеноскопии, продолжительность которой не превышала 10 с. Для лучшей визуализации складок слизистой оболочки же-

Таблица 1 – Технические характеристики аппаратов

Наименование	Характеристика приемника	Полная фильтрация	Стандартное напряжение	Размер поля
Флюорограф ФЦ-«Электрон»	Люминисцентный экран-оптика-ПЗС матрица	5 mm Al	100 кВ	30x30
КРТ-«Электрон»	Люминисцентный экран-РЭОП-ПЗС матрица	3 mm Al	90 кВ	16'
АРЦ-«Электрон»	Люминисцентный экран-оптика-ПЗС матрица	3 mm Al	100 кВ	43x43

лудочно-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 выполняли обзорную рентгенограмму брюшной полости для оценки рельефа слизистой оболочки толстой кишки.

Методика контрастного рентгенологического исследования желудка состоит из нижеследующих последовательных этапов:

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

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

Пациенту даем в руки первый стакан с разведенным водой контрастным веществом Бар-ВИПС (50 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 (относительно детектора аппарата), с проверкой функции кардиального жома на глубоком вдохе, с записью видеоклипа и выполнением первого прицельного снимка дистального отдела пищевода в фазе рельефа. Обязательно до рентгеноскопии применяем коллимацию, сближая вертикальные шторки диафрагмы, ограничивая таким образом область пищевода, и снижаем дозу облучения.

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.

Пациенту даем в руки второй стакан с разведенным водой контрастным веществом Бар-ВИПС (200 мл), добавив туда на кончике ножа лимонной кислоты для повышения эффективности двойного контрастирования за счет выделения газа при взаимодействии в желудке соды уже с лимонной кислотой. Пациент делает еще два глотка из стакана.

5. Рентгеноскопия брюшной полости, в

положении пациента стоя, в прямой проекции, с компрессией тела желудка для получения рельефа слизистой оболочки, с записью видеоклипа и выполнением 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 12-перстной кишки, с записью видеоклипа и выполнением третьего снимка.

7. Пациент набирает глоток контраста из стакана и ждет команды проглотить. Контрольную рентгеноскопию пищевода и желудка, без коллимации, осуществляем 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. Можно дополнительно выполнить снимок в положении пациента на животе, если под силой тяжести будут видны складки желудка, а также снимок в левой сосковой проекции, если нужно оценить другие стенки луковицы 12-перстной кишки. Это могут быть цифровые снимки или последние кадры рентгеноскопии, записанные в память компьютера.

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. Если были замечены изменения на передней или задней стенке желудка, выполняем снимок в левой боковой проекции.

Таким образом, исследование включает в себя минимум 6 рентгенограмм и 9 сеансов рентгеноскопии, для прицеливания и оценки функции пищевода, желудка, 12-перстной кишки, используя импульсную рентгеноскопию скоростью в среднем 2,5 кадров/с.

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

1. В положении пациента лежа на левом

боку, в полость прямой кишки вводим одноразовый катетер для ирригоскопии и под давлением через аппарат Боброва подаем контрастное вещество (вначале 300 мл Бар-ВИПС, потом воздух). В этом положении можно сохранить в памяти компьютера последний кадр с экрана для визуализации передней и задней стенки прямой кишки.

2. Рентгеноскопия брюшной полости осуществляется в положении пациента на животе, в прямой проекции, с выполнением первого обзорного снимка, центрируя на сигмовидной кишке. Рентгеновскую трубку желательно отвести на расстояние 1,5 м, чтобы получить большой обзор брюшной полости.

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 недостаточном 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.

Таким образом, ирригоскопия включает в себя 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 весу пациента была 0,03 мЗв, средняя доза за кадр импульсной рентгеноскопии – 0,003 мЗв. Проанализированы 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 (табл. 2, 3).

Так, 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 в себя 6-7 снимков за исследование и среднее количество кадров за сеанс рентгеноскопии в пределах 20-25, что в 2 и более раз 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 методические приемы для снижения дозы облучения при контрастном исследовании ЖКТ, требуется четкое соблюдение этапов процедуры и понимание, для чего проводится каждый снимок и сеанс рентгеноскопии.

Дозы (табл. 2, 3) являются средними и рассчитаны на среднего по весу пациента (70±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 пациента рентгенологу необходимо: использовать коллимацию, оптимально уменьшать частоту кадров импульсной рентгеноскопии, выполнять оптимальное количество снимков и сеансов рентгеноскопии.

Как показало исследование, важно осуществлять регистрацию дозы с учетом возможностей дозиметрической аппаратуры, подключенной к рентгеновской установке. Конструк-

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 года	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

тивной особенностью дозиметра ДРК «До-за» (Россия) является то, что он в условиях быстро меняющихся 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 равной 0 мЗ, т. к. не успевала регистрироваться дозиметром. 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 не полную дозу за процедуру (табл. 2, 3). Поскольку время для обработки и регистрации дозы составляет около 4-5", были внесены коррективы в методику исследования, которые предусматривали задержку после выполнения снимка на это время для регистрации дозы.

Таким образом, разработанные инновационные методические приемы 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 органов грудной клетки с физическим и виртуальным растром. Первичные рентгенограммы ОГК в прямой проекции, выполненные без физического растра, 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 прак-

тике 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, а также исследования на фантомах грудной клетки, была продемонстрирована возможность улучшения качества снимка, выполненного без физического растра. Используя постпроцессорную обработку, так называемый виртуальный растр, добились 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 весом 74 кг, ростом 169 см. За цифровой снимок с использованием физического растра средняя доза составила 0,067 мЗв, минимальная – 0,036 мЗв, максимальная – 0,1 мЗв. В случае выполнения цифровых снимков без физического растра (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 роста-весовых 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 растра, применив постпроцессорную компьютерную обработку (виртуальный растр).

Режим жесткой съемки внедряли на цифровом флюорографе ФЦ-«Электрон». В городской Мариинской 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 30х30 см.

Для всех пациентов были определены дозиметрические характеристики: произведение дозы на площадь – ПДП (сГр*см²) [4] и эффективная доза – ЭД (мЗв). ПДП определяли с помощью проходной камеры клинического дозиметра ДРК-1, установленной на излучателе рентгеновского аппарата. Эффективную дозу рассчитывали с помощью компьютерной программы РСХМС (STUK, Финляндия) [19], где использовали значения роста и массы тела пациентов, либо считали по формуле ЭД=ПДПх0,002 [11]. Изучены результаты цифровой флюорографии ОГК в режиме стандартном (100 кВ) и съемки жесткими лучами (120 кВ) (табл. 4).

Так, режим жесткой съемки позволял уменьшить ПДП в среднем на 3,2 сГр*см², при этом ЭД и референтный диагностический уровень (РДУ) [16, 20] для исследований ОГК были одинаковы во всех групп наблюдения.

Исследования показали, что цифровая рентгенотехника во многом соответствует принципам ALARA [12, 15]. 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 [7, 10, 12, 13,]. Он требует дополнительных усилий как со стороны врачей-рентгенологов, так и со стороны разработчиков цифровой рентгеновской техники [6, 14]. 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 [3, 18] снижает ПДП в среднем на 3,2 сГр*см², но требует привыкания рентгенологов к анализу «жесткого» изображения на мониторе компьютера с использованием всех средств цифровой постпроцессорной обработки, доступных на АРМ врача [6].

Постпроцессорная обработка изображений позволяет существенно сократить число повторных исследований. Она дает возможность с помощью сложных математических алгоритмов, заложенных в программное обеспечение, оптимизировать изображение, делать его четким и структурным. Постобработка помогает врачу рентгенологу выявить детали патологического процесса с помощью увеличения, контурирования, улучшения яркости и контрастности [5, 17].

ВЫВОДЫ

1. Непрерывная рентгеноскопия как вы-

Таблица 4 - Уровни облучения пациентов обследуемых групп

Параметры	Пациенты группы контроля U-100кВ	***Стандартный пациент группы контроля	Мужчины группы контроля	Женщины группы контроля	Пациенты группы исследования жёсткой съёмкой U-120 кВ
*ПДП, сГр*см ²	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 ²	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 (0,018-0,08)
РДУ для исследований ОГК, СПб, мЗв	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1

*ПДП – произведение дозы на площадь, **РДУ – референтный диагностический уровень для Санкт-Петербурга, *** – стандартный пациент имел вес 70±5 кг

сокодозовая методика должна быть исключена из практики диагностических исследований. Скорость импульсной рентгеноскопии должна подбираться рентгенологом в зависимости от целей.

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

3. При цифровой рентгенографии органов грудной клетки без раstra облучение пациента снижается в 3,5 раза.

4. Проверочную цифровую флюорографию органов грудной клетки рекомендуется проводить в режиме жесткой съемки (с напряжением 120 кВ) для снижения дозы пациента в среднем на $3,2 \text{ cГр} \cdot \text{см}^2$.

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

ЛИТЕРАТУРА

1 Блинов Н. Н. Новые реальности в современной рентгенотехнике /Н. Н. Блинов, А. И. Мазуров //Медицинская техника. – 2003. – №5. – С. 3-6.

2 Блинов Н. Н. Теоретическое обоснование, исследование и разработка методов и средств минимизации лучевой нагрузки в современных рентгенодиагностических аппаратах: Автореф. дис. ...д-ра техн. наук. – М., 2004. – 289 с.

3 Водоватов А. В. Оптимизация скрининговых исследований органов грудной клетки в цифровой рентгенографии /А. В. Водоватов, И. Г. Камышанская, А. А. Дроздов //Сб. тез. I всерос. науч.-практ. конф. производителей рентгеновской техники. – СПб, 2014. – С. 28-30.

4 Временная инструкция по применению измерителей произведения дозы на площадь типа ДРК-1 //АНРИ. – 2003. – №1. – С. 46-52.

5 Гонсалес Р. Цифровая обработка изображений /Р. Гонсалес, Р. Вудс. – М.: Техносфера, 2012. – 1 104 с.

6 Гуржиев А. Н. Отображение цифрового рентгенологического снимка на экране компьютера: проблемы и пути их решения /А. Н. Гуржиев, С. М. Гуржиев, А. В. Кострицкий //Радиология и практика. – 2003. – №3. – С. 24-28.

7 Заявка США US 2010046822 на изобретение «Virtual grid imaging method and system for eliminating scattered radiation effect» опубликована 25.02.2010.

8 Камышанская И. Г. Методика исследо-

вания верхнего отдела желудочно-кишечного тракта на отечественном цифровом телеуправляемом рентгеновском аппарате /И. Г. Камышанская, В. М. Черемисин //Медицинская визуализация. – 2006. – №3. – С. 60-64.

9 Камышанская И. Г. Методика первичного двойного контрастирования при рентгенологическом исследовании толстой кишки на цифровом телеуправляемом рентгеновском аппарате «КРТ-Электрон» /И. Г. Камышанская, В. М. Черемисин //Сб. тр. III Невского радиологического форума «Новые горизонты». – СПб, 2007. – С. 223-224.

10 Камышанская И. Г. Оптимизация радиационной защиты путём устранения отсеивающего раstra в цифровой рентгенографии /И. Г. Камышанская, В. М. Черемисин, Н. В. Перепелицина //Радиационная гигиена. – 2015. – №8 (2). – С. 19-24.

11 Контроль эффективных доз облучения пациентов при медицинских рентгенологических исследованиях. МУ 2.6.1.2944-11. – М.: Роспотребнадзор, 2011. – 40 с.

12 Мазуров А. И. Борьба с рассеянным излучением в цифровых рентгеновских аппаратах //Сб. науч. тр. «Увидеть невидимое». – СПб, 2012. – С. 85-97.

13 Мазуров А. И. Исследования по оптимизации растров для цифровых рентгеновских аппаратов /А. И. Мазуров, Я. С. Лейферкус. – СПб: НИИПК «Электрон», 2008. – 18 с.

14 Мазуров А. И. Оптимизация технических средств рентгенологической службы лечебно-профилактических учреждений /А. И. Мазуров, Г. Н. Пахарьков //Вестн. Северо-Западного регионального отделения Академии медико-технических наук. – 2003. – №7. – С. 102-107.

15 Мазуров А. И. Последние достижения в цифровой рентгенодиагностике //Медицинская техника. – 2010. – №5. – 10-14.

16 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.

17 Прэтт У. Цифровая обработка изображений. – М.: Мир, 1982. – 480 с.

18 Элинсон М. Б. Пути снижения лучевых нагрузок в рентгенодиагностике /М. Б. Элинсон, А. И. Мазуров //Матер. II Невского радиологического форума «Наука клинике». – СПб, 2005. – 404 с.

19 Tapiovaara M. PCXMC 2.0 User guide. STUK-TR7 /M. Tapiovaara, T. Siiskonen. – Helsinki: STUK, 2008. – 19 p.

20 Wall B. F. Diagnostic reference levels – the way forward //Brit. Journ. Radiol. – 2001. – V. 74. – P. 785-788.

REFERENCES

1 Blinov N. N. Novye real'nosti v sovremennoj rentgenotehnike /N. N. Blinov, A. I. Mazurov //Medicinskaja tehnika. – 2003. – №5. – S. 3-6.

2 Blinov N. N. Teoreticheskoe obosnovanie, issledovanie i razrabotka metodov i sredstv minimizacii luchевой nagruzki v sovremennyh rentgenodiagnosticheskikh apparatah: Avtoref. dis. ...d-ra tehn. nauk. – M., 2004. – 289 s.

3 Vodovatov A. V. Optimizacija skriningovyh issledovanij organov grudnoj kletki v cifrovoj rentgenografii /A. V. Vodovatov, I. G. Kamyshanskaja, A. A. Drozdov //Sb. tez. I vseros. nauch.-prakt. konf. proizvoditelej rentgenovskoj tehniki. – SPb, 2014. – S. 28-30.

4 Vremennaja instrukcija po primeneniju izmeritelej proizvedenija dozy na ploshhad' tipa DRK-1 //ANRI. – 2003. – №1. – S. 46-52.

5 Gonsales R. Cifrovaja obrabotka izobrazhenij /R. Gonsales, R. Vuds. – M.: Tehnosfera, 2012. – 1 104 c.

6 Gurzhiev A. N. Otobrazhenie cifrovogo rentgenologicheskogo snimka na jekrane komp'jutera: problemy i puti ih reshenija /A. N. Gurzhiev, S. M. Gurzhiev, A. V. Kostrickij //Radiologija i praktika. – 2003. – №3. – S. 24-28.

7 Zajavka SShA US 2010046822 na izobretenie «Virtual grid imaging method and system for eliminating scattered radiation effect» opublikovana 25.02.2010.

8 Kamyshanskaja I. G. Metodika issledovanija verhnego otdela zheludочно-kishechnogo trakta na otechestvennom cifrovom teleupravljaemom rentgenovskom apparate /I. G. Kamyshanskaja, V. M. Cheremisin //Medicinskaja vizualizacija. – 2006. – №3. – S. 60-64.

9 Kamyshanskaja I. G. Metodika pervichnogo dvojnogo kontrastirovanija pri rentgenologicheskom issledovanii tolstoj kishki na cifrovom teleupravljaemom rentgenovskom apparate «KRT-Jelektron» /I. G. Kamyshanskaja, V. M. Cheremisin //Sb. tr. III Nevskogo radiologicheskogo foruma «Novye gorizonty». – SPb, 2007. – S. 223

-224.

10 Kamyshanskaja I. G. Optimizacija radiacionnoj zashhity putjom ustraneniya otseivajushhego rastra v cifrovoj rentgenografii /I. G. Kamyshanskaja, V. M. Cheremisin, N. V. Perepelicina //Radiacionnaja gigiena. – 2015. – №8 (2). – S. 19-24.

11 Kontrol' jeffektivnyh doz obluchenija pacientov pri medicinskih rentgenologicheskikh issledovanijah. MU 2.6.1.2944-11. – M.: Rospotrebnadzor, 2011. – 40 s.

12 Mazurov A. I. Bor'ba s rassejannym izlucheniem v cifrovych rentgenovskih apparatah //Sb. nauch. tr. «Uvidet' nevidimoe». – SPb, 2012. – S. 85-97.

13 Mazurov A. I. Issledovanija po optimizacii rastrov dlja cifrovych rentgenovskih apparatov /A. I. Mazurov, Ja. S. Lejferkus. – SPb: NIIPK «Jelektron», 2008. – 18 s.

14 Mazurov A. I. Optimizacija tehniceskikh sredstv rentgenologicheskogo sluzhby lechebno-profilakticheskikh uchrezhdenij /A. I. Mazurov, G. N. Pahar'kov //Vestn. Severo-Zapadnogo regional'nogo otdelenija Akademii mediko-tehniceskikh nauk. – 2003. – №7. – S. 102-107.

15 Mazurov A. I. Poslednie dostizhenija v cifrovoj rentgenodiagnostike //Medicinskaja tehnika. – 2010. – №5. – 10-14.

16 Primenenie referentnyh diagnosticheskikh urovnej dlja optimizacii radiacionnoj zashhity pacienta v rentgenologicheskikh issledovanijah obshhego naznachenija: 2.6.1. Ionizirujushhee izluchenie, radiacionnaja bezopasnost': metodicheskie rekomendacii MR 2.6.1.0066-12. – M.: Rospotrebnadzor, 2012. – 12 s.

17 Prjett U. Cifrovaja obrabotka izobrazhenij. – M.: Mir, 1982. – 480 s.

18 Jelinson M. B. Puti snizhenija luchevych nagruzok v rentgenodiagnostike /M. B. Jelinson, A. I. Mazurov //Mater. II Nevskogo radiologicheskogo foruma «Nauka-klinike». – SPb, 2005. – 404 s.

19 Tapiovaara M. PCXMC 2.0 User guide. STUK-TR7 /M. Tapiovaara, T. Siiskonen. – Helsinki: STUK, 2008. – 19 p.

20 Wall B. F. Diagnostic reference levels – the way forward //Brit. Journ. Radiol. – 2001. – V. 74. – P. 785-788.

Поступила 14.02.2019 г.

I. G. Kamyshanskaya

THE METHODOLOGICAL RECEPTIONS REDUCING RADIATION DOSES IN DIGITAL X-RAY DIAGNOSTICS

St. Petersburg State University (St. Petersburg, Russia),

St. Petersburg GBUZ «City Mariinsky hospital» (St. Petersburg, Russia)

The purpose: introduction of low-dose techniques in digital X-ray diagnostics.

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 120kV – 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 100kV. 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 OGC 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

И. Г. Камышанская

САНДЫҚ РЕНТГЕНДІК ГЕНЕТИКАДАҒЫ РАДИАЦИЯНЫҢ ДОЗАСЫН ТӨМЕНДЕТЕТІН ӘДІСТЕМЕЛІК ӘДІСТЕР

Ресейдің Білім министрлігінің Санкт-Петербург мемлекеттік университеті (Санкт-Петербург, Ресей Федерациясы)

«Сити Мариинский госпиталь» МКҚК (Санкт-Петербург, Ресей Федерациясы)

Мақсаты: сандық рентгендегі әдіснамалық әдістерді енгізу, сурет сапасын жоғалтпай пациенттердің дозасын азайту.

Материалдар мен әдістер: жұмыс «Электроника» (Ресей) компаниясының 3 цифрлық рентген аппараттарында «Мариинский» қалалық ауруханасында жүргізілді. Олар цифрлы рентген диагностикалық технологиясын қолданды, оларды модификациялау төмен доза жасады: асқазанды контрастты зерттеу үшін цифрлы рентген-мен импульстік флуороскопия; ішектің контрастты зерттеуі үшін сандық цифроскопия; «виртуалды растермен» кеуде ағзаларының сандық рентгені (ОГК); қатты түсіру режимінде ОГК сандық флюорографиясы. Зерттеуге 420 адам қатысты.

Асқазан мен ішектің флюороскопия нәтижесі бойынша пациенттер қабылдаған дозаларды талдау үшін 30 адамнан тұратын 2 топ 30 адамнан тұратын және 30 адамнан тұратын 2 бақылау топтары зерттелді. Онда зерттеуді енгізілген әдіснаманы дұрыс орындамаған ауруханалық радиологтар жүргізді. оны негізсіз өз техникасымен толықтырады.

120 кВ (100 адам) кернеуде қатты сәулелермен ату арқылы сандық флюорография (сандық) (50 адам) жоқ кеуденің органдарының сандық радиграфиясын (ОГК) жасадық. ОГК-ны рентгенге тексеруден өткен бақылау тобындағы (50 адам) пациенттердің дозалары талданды және 100 кВ кернеуінде СР (100 адам) орындалды.

Кейіннен өңдеу (компьютерлік) рентген суреттерін өңдеу Electron әзірлеген дәрігердің автоматтандырылған жұмыс орнының бағдарламалық жасақтамасының (AWP) мүмкіндіктерін қамтиды.

Нәтижелер мен талқылау: асқазан мен ішектің рентгендік зерттеудің инновациялық әдістерін флюороскопияның кескіндері мен кадрларының санын қысқарту салдарынан дозаның 2 еседен астамға дейін төмендеуі анықталды. ОГК-ны растраграфиясыз және қатты бейнелеу арқылы радиграфия радиацияның мөлшерін айтарлықтай төмендетуге мүмкіндік берді.

Қорытынды: 1) жоғары доза әдісі ретінде үздіксіз флуороскопия диагностикалық зерттеулер тәжірибесінен шығарылуы керек. Зерттеудің мақсатына байланысты импульстік флуороскопияның жылдамдығын таңдау керек; 2) науқастың дозасын тиісінше 2,5 және 4 есе азайтуға мүмкіндік беретін асқазан мен колонның CR-тің инновациялық әдістері ұсынылған; 3) цифрлық рентгендік ОГК-мен растрациялық сәулелену жоқ болса

3,5 есе азайтылады; 4) пациенттің дозасын азайту үшін ОГК сандық флюорографиялық тексеруді қатты түсіру режимінде өткізу ұсынылады; 5) қайталанған кадрлар санын азайту және CR дәлдігін жақсарту үшін радиологтың автоматтандырылған жұмыс орнына ұсынылған цифрлық кейінгі өңдеудің барлық арсеналын пайдалану қажет.

Кілт сөздер: сандық рентген және рентген диагностикалық, инновациялық төмендетілген сандық рентгендік зерттеу әдістері, постпроцессорлы кескінді өңдеу, радиациялық доза