

ЗБІРНИК СТАТЕЙ

**«ТЕХНОЛОГІЇ ХХІ СТОРІЧЧЯ
В РЕНТГЕНОДІАГНОСТИЦІ:
ТЕХНІЧНІ РІШЕННЯ
ТА ЇХ КЛІНІЧНЕ ЗАСТОСУВАННЯ»**

25 РОКІВ РУХУ ДО ЦИФРОВОЇ РЕНТГЕНОДІАГНОСТИКИ ТА ТЕЛЕРАДІОЛОГІЇ

Сьогодні навіть важко себе уявити, що минуло вже чверть сторіччя з того часу, коли у нас з'явилася думка перевести на цифрову технологію плівковий флюорограф. У 1993 році в Дарницькому тубдиспансері м. Києва Ю.М. Коваленко та В.М. Осадовський зняли на флюорографі з флюорокамери механізм протягування плівки і спробували зробити перший цифровий знімок кількох фантомів за допомогою найкращої на той час наявної в Україні японської цифрової відеокамери. За результатами проведених тоді досліджень було написано технічне завдання на розробку цифрового рентгенівського приймача. Тоді мало хто вірив, що його можна розробити в Україні, але група військових інженерів з Київського авіаційно-інженерного училища вирішила зробити таку спробу. Так і виник «Телеоптик». Від першої думки до її практичної реалізації минуло 6 років, коли в Україні було зареєстровано приймач малодозовий «Альфа», хоч вже у 1997 році його було продемонстровано на найбільшій радіологічній виставці в Чикаго. Після цього спільними зусиллями з прогресивними представниками влади та лікарями за підтримки Асоціації радіологів України протягом наступних 7 років українським виробникам рентгенівського обладнання вдалося ввести в експлуатацію в країні понад 600 цифрових рентгенівських систем. У 2004 році цифрові приймачі «Альфа» почали поставлятися в країни СНГ, а трохи пізніше і в інші країни. На той час було створено вже приймачі «Альфа» для загальної рентгенографії, рентгеноско-

пії та мамографії. У 2009 році з'явилося нове покоління більш досконалих приймачів «Альфа», що отримали назву «Іона», основна частина яких стала поставлятися за межі України. В теперішній час вже понад 3000 цифрових приймачів «Альфа» і «Іона» працює в 22 країнах світу.

У 2006 році «Телеоптик» почав самостійно виробляти цифрові рентгенодіагностичні комплекси КРДЦ-АЛЬФА та цифрові мамографи Маммо-МТ-Альфа. На сьогодні близько 250 цифрових рентгенодіагностичних комплексів та цифрових мамографів виробництва «Телеоптика» працює в Україні, Росії, Грузії та Молдові.

Колись маленьке підприємство, сьогодні «Телеоптик» перетворився в групу компаній, кожна з котрих займається своїм напрямком роботи. За останні роки створено нове покоління динамічних цифрових рентгенівських приймачів, легкі цифрові рентгенодіагностичні комплекси, призначені для оснащення медичних закладів первинного рівня та передачі діагностичної інформації для аналізу експертам з медичних закладів вищого рівня за допомогою телекомунікаційних мереж, а також цифрові рентгенівські системи з режимом цифрової томографії (томосинезу). В цій збірці ви знайдете матеріали, в яких відображено пріоритетні напрямки роботи «Телеоптика» протягом останніх 10 років.

Ми не зупиняємося і продовжуємо рух вперед та вдячні всім, хто допомагав нам та зараз знаходиться разом з нами! Працюймо разом!

*З повагою,
генеральний директор НВО «Телеоптик»*



С.І. Мірошніченко

ТЕЛЕРЕНТГЕНОДИАГНОСТИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ: НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ В ОРГАНИЗАЦИИ ПРОФИЛАКТИЧЕСКИХ ОБСЛЕДОВАНИЙ ОРГАНОВ ГРУДНОЙ КЛЕТКИ

Коваленко Ю.Н.** , Цвигун Г. В.*,

*Главный военный госпиталь Министерства обороны Украины,

**Научно-производственное объединение «Телеоптик», Киев

В настоящее время профилактическое флюорографическое обследование по-прежнему остается одним из основных методов выявления патологии органов грудной клетки (ОГК) на ранней стадии.

Цель работы: разработка более эффективных по сравнению с традиционной флюорографией методов профилактических рентгенографических обследований на основе преимуществ цифровой технологии-визуализации рентгеновских изображений.

Материал и методы. В работе использован опыт применения цифровых приемников на решетках фотодиодных матриц с высокочастотными маломощными рентгеновскими аппаратами типа АРА160/110 и SY-HF-110. В настоящее время в России и Украине эксплуатируется 17 таких комплексов: два используются в медицинской практике и 15 — в ветеринарной. На них проведено более 50 тыс. рентгенографий пациентам различного веса и телосложения, в том числе и плотным людям с весом тела свыше 100 кг.

При этом получены цифровые диагностические изображения хорошего и удовлетворительного качества.

Результаты. Проведенные исследования показали, что хорошие диагностические изображения органов грудной клетки пациента средней плотности и весом 70-80 кг получаются при напряжении на аноде 80-100 кВ и количестве электричества 2-3 мАс. Учитывая, что оба рентгеноаппарата позволяют при анодном напряжении 100 кВ использовать количество электричества до 20 мАс, можно констатировать тот факт, что есть определенный запас энергетике для исследования плотных людей. Оба рентгеноаппарата являются палатными и могут применяться вне рентгеновских кабинетов, что позволяет их использовать для прове-

дения обследований в отдельных помещениях без стационарного экранирования. Кроме того, они легко разбираются, и их можно транспортировать на автомобиле типа УАЗ. Следует отметить, что с учётом переносных разборных средств экранирования рентгеновского излучения и цифрового приемника общий вес переносного комплекса для рентгенографии не превышает 100 кг.

Оснащение таких цифровых комплексов средствами работы в беспроводных телекоммуникационных сетях позволяет разнести в пространстве и во времени процессы проведения исследований и описания диагностических изображений, т. е. исследование, например, можно проводить в амбулатории семейной медицины, здравпункте предприятия или фельдшерско-акушерском пункте, а описывать рентгеновские изображения — в центральном медицинском учреждении района, где есть квалифицированные рентгенологи. При этом получение врачебных заключений по результатам обследований может быть организовано в квазиреальном времени. Оснащение телерентгенодиагностического комплекса (ТРК) цифровым приемником высокого разрешения (4,0 п.л./мм) позволяет проводить полноценную рентгенографию ОГК и исключает необходимость проведения дообследования при выявлении патологии.

Таким образом, применение ТРК для проведения профилактических рентгенографических обследований ОГК позволяет обеспечить эффективное использование как оборудования, так и персонала за счет возможности регулирования нагрузки на каждый рентгеноаппарат и на каждого рентгенолога при меньших затратах на закупку и эксплуатацию диагностической аппаратуры.

ВОЗИМЫЕ ЛЕГКИЕ ЦИФРОВЫЕ РЕНТГЕНОДИАГНОСТИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ

Ю. Н. Коваленко, Г. В. Цвигун

Главный военный госпиталь Министерства обороны Украины, Киев,
Научно-производственное объединение «Телеоптик», Киев, Украина

Цель работы: в настоящее время одной из актуальных задач рентгенодиагностики является профилактическое рентгенофлюорографическое обследование органов грудной клетки у лиц из декретированных групп населения и групп риска. Для ее решения в настоящее время в основном используются стационарные и передвижные цифровые флюорографы. При этом себестоимость профилактических обследований, проводимых с помощью передвижных флюорографов, в несколько раз выше, чем с помощью стационарных. Это обусловлено их более высокой стоимостью, а также существенными временными и финансовыми затратами на эксплуатацию автомобиля. Так, даже если цифровой флюорограф смонтирован на шасси автомобиля ЗиЛ 5301-ЕО «Бычок» годовые эксплуатационные расходы на функционирование флюорокабинета с учетом зарплаты персонала могут превышать 30,0 тысяч долларов. При цене передвижного цифрового флюорографа 150,0-170,0 тысяч долларов это означает, что общие расходы на функционирование одного передвижного цифрового флюорокабинета в течение 10 лет могут достигнуть полумиллиона долларов. Целью работы является разработка более экономичных методов профилактических рентгенофлюорографических обследований населения вне медицинских учреждений.

Материал и методы исследования. В работе использован опыт применения цифровых приемников на решетках фотодиодных матриц с высоко-частотными мало-мощными рентгеновскими аппаратами типа АРА160/110 и SY-HF-110. В настоящее время в России и Украине эксплуатируется 15 таких комплексов: два из них используются в медицинской практике и 13 - в вете-

ринарной. На них проведено более 50,0 тысяч рентгенографий пациентам различного веса и телосложения, в т. ч. и плотным людям с весом тела свыше 100 кг.

При этом получены цифровые диагностические изображения хорошего и удовлетворительного качества.

Результаты исследования. В соответствии с современными требованиями гарантии качества цифровых рентгенографических систем качественным называется такое исследование, при котором качество цифрового диагностического изображения позволяет решить данную клиническую задачу при минимальном облучении пациента и с минимальными затратами.

Качество изображения. Проведенные исследования показали, что хорошие диагностические изображения органов грудной клетки пациента средней плотности и весом 70-80 кг получаются при напряжении на аноде 80-100 кВ и количестве электричества 2-3 мАс. Учитывая, что оба рентген-аппарата позволяют при анодном напряжении 100 кВ использовать количество электричества до 20 мАс, можно констатировать факт, что есть определенный запас энергии для исследования плотных людей. Для большей части пациентов исследования проводятся с временем экспозиции 10-20 мс.

Радиационная безопасность. Результаты дозиметрических измерений, проводимых при сдаче комплексов в эксплуатацию, а также во время проведения их испытаний на надежность с использованием контрольных приборов TNT12000 и ДКС-АТ1121, показали, что эффективная доза для пациента при кожно-фокусном расстоянии 1,0 м даже при максимальных используемых экспозициях не превышает 110,0 мкЗв, а мощность воздушной кермы на рабочем

месте оператора, расположенном за защитной ширмой ($Pb=1$ мм), удаленной от оси прямого рентгеновского пучка на 2 метра, не превышает 100,0 мкЗв/час.

При этом следует заметить, что для возимого варианта комплекса количество обследуемых пациентов за год почти наверное не будет превышать 25,0 тысяч человек.

Тогда с учетом максимально допустимого времени экспозиции 50 мс время нахождения рентгенаппарата в состоянии генерирования рентгеновского излучения за год не превысит 21 минуту, и, следовательно, можно рассчитать допустимую мощность дозы (ДМД) на рабочем месте оператора, при которой за год не будет превышен лимит дозы в 1,0 мЗв: $ДМД = 1,0 \text{ мЗв} / 21 \text{ мин.} \approx 48,0 \text{ мкЗв/мин.} = 2,88 \text{ мЗв/час.}$ Как видно из полученных значений, при использовании защитной ширмы есть почти 30-ти кратный запас по мощности дозы.

Время получения изображения на экране монитора оператора не превышает 10-15 с.

Комплект поставки возимого легкого цифрового рентгенодиагностического комплекса (ВЛЦРДК) включает рентгеновский моноблок со стойкой и стандартным ящиком для переноски, цифровой приемник в чемодане, ноутбук с сумкой, разборную защитную палатку (2x1,5 м) с подвижным креплением цифрового приемника (или подъемник).

Если предполагается проведение цифровой рентгенографии в положении пациента лежа, то дополнительно поставляется раскладной рентгенопрозрачный стол и тележка для цифрового приемника.

По желанию заказчика ВЛЦРДК может доукомплектовываться 2-х мониторной ра-

бочей станцией рентгенолога, а также принтером для «сухой» распечатки цифровых изображений на пленке.

Общий вес комплекса в базовой комплектации не превышает 100 кг.

Такие комплексы являются многоцелевыми, поскольку могут использоваться не только для профилактических обследований органов грудной клетки, но и для общей рентгенодиагностики как в самих медицинских учреждениях, так и за их пределами. Они могут применяться как в стационарных, так и в полевых условиях с питанием в последнем случае от мобильных электростанций.

Эксплуатационные расходы. Стоимость ВЛЦРДК в базовой комплектации не превышает 60,0 тысяч долларов США, а годовые затраты на его транспортировку, развертывание и свертывание с учетом зарплаты рентген-лаборанта — 12,0 тысяч долларов. Следовательно, на эксплуатацию ВЛЦРДК в течение 10 лет потребуется около 200,0 тысяч долларов, что в 2,5 раза меньше средств, чем на десятилетнюю эксплуатацию передвижного цифрового флюорографа.

Выводы. Применение вместо передвижных цифровых флюорографов ВЛЦРДК дает возможность существенно сократить расходы на проведение профилактических рентгенофлюорографических исследований.

Благодаря возможности проведения рентгенографических исследований разных частей тела пациента как в положении стоя, так и лежа, возимые легкие цифровые рентгенодиагностические комплексы позволяют решать широкий спектр диагностических задач как в медицинском учреждении, так и за его пределами.

ПЕРЕХОД ОТ ФЛЮОРОГРАФИИ К ЦИФРОВОЙ РЕНТГЕНОГРАФИИ КАК ПУТЬ КОМПЛЕКСНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАЧЕСТВА ПРОФИЛАКТИЧЕСКИХ ОБСЛЕДОВАНИЙ ОРГАНОВ ГРУДНОЙ КЛЕТКИ

Мирошниченко С.И., Коваленко Ю.Н.

Научно-производственное объединение "Телеоптик"

Одной из актуальных задач рентгенодиагностики является рентгенофлюорографическое обследование органов грудной клетки у лиц из групп риска и декретированных групп населения. Для ее решения в основном используются стационарные и передвижные пленочные и цифровые флюорографы.

Цель работы: сравнение основных показателей качества рентгенодиагностического процесса при использовании пленочной и цифровой технологий визуализации изображений.

Материал и методы. В работе сравниваются показатели качества процесса, достигаемые при использовании узкопленочных флюорографов, а также цифровых флюорографов и цифровых рентгенографических аппаратов, оснащенных приемниками, обеспечивающими пространственное разрешение не менее 2,5 пл./мм и пороговый контраст не хуже 2,0% при входной экспозиционной дозе не более 0,4 мР. Качество рентгенодиагностического процесса оценивается следующими показателями: качеством рентгеновских изображений (пространственным и контрастным разрешением), временем получения изображения, индивидуальной эффективной дозой, получаемой пациентом при обследовании, и себестоимостью одного исследования.

Результаты. Поскольку разрешающая способность узкопленочных флюорограмм находится в пределах 1,2-1,5 пл./мм, а их пороговый контраст составляет 6-7%, то по качеству (информативности) цифровые изображения, получаемые с помощью приемника с приведенными выше характеристиками, будут гарантировано в несколько раз лучше.

При флюорографии в одной проекции пациент получает эффективную дозу 0,5-

0,6 мЗв, а при проведении исследования в двух проекциях — более 1,0 мЗв, что является нарушением общепринятых норм радиационной безопасности. При цифровой рентгенографии, в зависимости от типа используемого цифрового приемника, эффективная доза, получаемая пациентом, находится, как правило, в пределах от 10 до 100 мкЗв, т. е. как минимум в 5 раз меньше.

Цифровое рентгеновское изображение становится доступным для анализа уже через 5-15 с после проведения экспозиции, в то время как пленочная флюорограмма попадает к рентгенологу через десятки или даже сотни минут после проведения исследования.

Технически перевод флюорографа на цифровую технологию сводится к замене электромеханической фотокамеры на цифровой приемник и компьютерные станции рентгенолаборанта и врача. Работы выполняются в течение одного дня. Расчет себестоимости одного исследования при условии обследования на оборудовании не менее 100 тыс. пациентов показывает, что и здесь цифровая рентгенография также имеет преимущество по сравнению с пленочной флюорографией. Главное, что при использовании цифровой технологии визуализации рентгеновских изображений резко снижаются трудозатраты и повышается комфорт работы рентгенолаборантов и врачей.

Таким образом, замена флюорографии цифровой рентгенографией позволяет одновременно улучшить все показатели качества рентгенодиагностического процесса и существенно повысить эффективность профилактических обследований органов грудной клетки.

Мирошниченко С.И., Коваленко Ю.Н. Переход от флюорографии к цифровой рентгенографии как путь комплексного обеспечения качества профилактических обследований органов грудной клетки.// Медицинская визуализация. Приложение. Сборник тезисов 1-го Съезда лучевых диагностов Южного Федерального округа. – М.: Видар, 2009. — С.68

ПУТИ ПЕРЕХОДА К ЦИФРОВОЙ ТЕХНОЛОГИИ В РЕНТГЕНОЛОГИИ

Коваленко Ю.Н., Мирошниченко С.И.

*Центр рентгеновских технологий Ассоциации радиологов Украины,
Киев, Украина*

Цель работы. Основной тенденцией развития современной рентгенодиагностики является полный переход на цифровую технологию визуализации рентгеновских изображений. Во многих странах Западной Европы этот процесс уже завершился или завершается, а в странах СНГ он не достиг ещё и экватора. Из-за высокой стоимости современного цифрового рентгенооборудования в независимых государствах Восточной Европы в последние годы продолжали закупать в больших количествах плёночные рентгенаппараты, что вело к всё большему их отставанию от развитых стран.

Целью работы является анализ путей перехода к цифровой рентгенологии и оценка возможности сокращения отставания стран СНГ от Западной Европы в этом направлении.

Материалы и методы. В работе используются литературные данные, а также десятилетний опыт внедрения цифровых технологий в Украине.

Обсуждение. Процесс перехода к цифровой рентгенодиагностике в Западной Европе продолжается уже 30 лет. По мере совершенствования компьютерных и цифровых технологий он прошёл несколько этапов развития.

Начался он с систем оцифровки плёночных рентгенограмм, на смену которым достаточно быстро пришли системы компьютерной рентгенографии (СКР) с технологией запоминающих люминофоров. Затем появились линейные цифровые детекторы и, соответственно, сканирующие рентгенографические системы. Четвёртым этапом перехода к цифровой технологии визуализации стало внедрение в клиническую практику полноформатных цифровых рентгеновских систем на основе матричных детекторов, которые сегодня доминируют на мировом рынке. Очевидно, что из-за ограни-

ченности финансовых ресурсов полное обновление парка рентгенодиагностической аппаратуры в течение нескольких лет практически во всех странах СНГ маловероятно, поэтому целесообразно рассмотреть возможности перевода рентгенооборудования на цифровую технологию путём доукомплектования новых рентгеновских кабинетов цифровыми приёмниками. Этот путь значительно более экономичный, чем закупка нового оборудования.

До недавнего времени единственным способом перевода на цифровую технологию уже работающих плёночных рентгеновских систем считали оснащение рентгеновских отделений системами компьютерной рентгенографии. При этом считалось, что с помощью одного дигитайзера можно было перевести на цифровую технологию несколько рентгеновских аппаратов. Однако из-за высокой стоимости импортных СКР в целом, а кассет с запоминающими люминофорами и рабочих станций рентгенолога в частности, такие системы, как правило, закупались в неполном комплекте, что приводило к низкой эффективности их использования. Кроме того, проведённые за рубежом исследования показали, что по двум основным характеристикам — квантовой эффективности обнаружения и модуляционной передаточной характеристике — системы компьютерной рентгенографии уступают традиционным системам «экран-плёнка». Поэтому в ряде стран, в частности в Украине, системы компьютерной рентгенографии не получили широкого распространения.

Использование для перевода работающих рентгенаппаратов на цифровую технологию плоских матричных детекторов, которые по всем основным параметрам лучше систем «экран-плёнка», ограничивается очень высокой их стоимостью. Цифровые приёмники на ПЗС-матрицах сложно

применять для этих целей из-за больших габаритов и массы.

Реальной альтернативой системам компьютерной рентгенографии в этом направлении являются цифровые приёмники на решётках фотодиодных матриц. При относительно небольших габаритах они близки по характеристикам к плоским матричным детекторам, а их цена существенно ниже, чем цена СКР. В комплекте со специальными передвижными устройствами подъема и поворота такие приёмники могут применяться с различными типами рентгеновских аппаратов и позволяют проводить рентгенологические исследования практически при всех положениях пациента. Возможность получения диагностического изображения на экране монитора уже через 10-15 секунд после проведения экспозиции и отсутствие участия человека в процессе визуализации рентгеновских изображений даёт дополнительные преимущества циф-

ровым приёмникам на решётках фотодиодных матриц по сравнению с системами компьютерной рентгенографии.

Вывод. Дооснащение цифровыми приёмниками функционирующих новых рентгеновских аппаратов позволяет не только значительно ускорить переход к цифровой рентгенодиагностике, но и существенно уменьшить затраты на этот переход. Достойной альтернативой системам компьютерной рентгенографии, которые наиболее часто в настоящее время используются для этих целей, являются цифровые приёмники на решётках фотодиодных матриц, которые при меньшей стоимости превосходят СКР по технико-эксплуатационным характеристикам. Кроме того, этот путь перехода к цифровой технологии в рентгенологии позволяет миновать этап применения систем компьютерной рентгенографии и тем самым сократить отставание от развитых стран в этом направлении.

Мирошниченко С.И., Коваленко Ю.Н. Пути перехода к цифровой технологии в рентгенологии// Медицинская визуализация. Специальный выпуск: Материалы IV Всероссийского Национального Конгресса Лучевых Diagnostов и Терапевтов «Радиология-2010» (Москва, 25-27 мая 2010 года). – М.: Видар, 2010 - с.208-209.

ВОЗМОЖНОСТИ КЛИНИЧЕСКОГО ПРИМЕНЕНИЯ ЦИФРОВОЙ МИКРОФУКУСНОЙ РЕНТГЕНОГРАФИИ

Коваленко Ю.Н.¹, Мирошниченко С.И.², Балашов С.В.³,
Миронова Ю.А.⁴, Потрахов Е.Н.⁵, Потрахов Н.Н.⁶, Грязнов А.Ю.⁶

¹ Национальная медицинская академия последипломного образования им. П.Л. Шупика, Киев, Украина.

² Национальный авиационный университет, Киев, Украина.

³ НПО "Телеоптик", Киев, Украина.

⁴ Детская поликлиника №3 Оболонского района, Киев, Украина.

⁵ ЗАО "ЭЛТЕХ-Мед", Санкт-Петербург, Россия.

⁶ Санкт-Петербургский Государственный электротехнический Университет "ЛЭТИ", Санкт-Петербург, Россия.

Одним из интенсивно развивающихся, начиная с 80-х годов прошлого века, направлений медицинской рентгенодиагностики является микрофокусная рентгенография. Дополнительным стимулом к дальнейшему развитию этого направления послужила разработка современных электронных средств визуализации рентгеновского изображения. В основе цифровой микрофокусной рентгенографии лежит применение маломощных ($P_{\text{ВЫХ}} < 100$ Вт) источников рентгеновского излучения, фокусное пятно которых составляет менее 0,1 мм, совместно с цифровыми приемниками рентгеновского изображения различных типов.

Микрофокусная рентгенография имеет ряд существенных преимуществ по сравнению с традиционной рентгенографией [1], обусловленных принципиальными особенностями формирования рентгеновского изображения биологических тканей при использовании источников излучения с фокусным пятном микронных размеров [2].

В настоящее время насчитывается не менее шести таких особенностей, наблюдаемых на микрофокусных рентгеновских изображениях в виде определенных эффектов [3]:

- эффект увеличения глубины резкости;
- эффект повышения контраста ("воздушной подушки");
- эффект снижения радиационной нагрузки;

- фазоконтрастный эффект;
- эффект снижения потребляемой мощности.

Благодаря перечисленным преимуществам в настоящее время разработана, освоена в серийном производстве и успешно применяется в клинической практике целое семейство микрофокусных рентгеновских аппаратов [4].

Целью работы является оценка потенциальных возможностей цифровых микрофокусных рентгенографических систем с использованием различных приемников на решетках фотодиодных матриц.

Материалы и методы. В работе приводятся результаты лабораторных испытаний микрофокусного рентгеновского аппарата с выходной мощностью 20 Вт и фокусным пятном 0,05 мм с четырьмя разными цифровыми приемниками на решетках фотодиодных матриц (рис.1):

- 1) приемник с рабочим полем 18x24 см и разрешающей способностью 7,0 пар линий на миллиметр (п.л./мм) (DR1);
- 2) приемник с рабочим полем 38x38 см и разрешающей способностью 4,0 п.л./мм (DR2);
- 3) приемник с рабочим полем 43x43 см и разрешающей способностью 4,6 п.л./мм (DR3);
- 4) приемник с рабочим полем 22x29 см и разрешающей способностью 4,6 п.л./мм (DR4).

В качестве объектов исследования были

Результаты исследования микрофокусного рентгеновского аппарата и цифрового приёмника DR1 с маммографическим фантомом



Рис. 1. Микрофокусный рентгенаппарат и цифровые приемники на решетке фото-диодных матриц

использованы водный фантом диаметром 10 см, маммографический и тканеэквивалентные фантомы, а также радиальная мира для измерения пространственного разрешения. Входная доза в плоскости приемника измерялась с помощью клинического дозиметра.

Результаты. Одной из задач исследования стала оценка возможности выявления малых очагов патологии. Для этой цели в качестве объекта исследования был выбран маммографический фантом, цифровые рентгеновские изображения которого получали с помощью приемника DR1. На снимках фантома, полученных с помощью современного пленочного маммографа, как правило видно 10-11 объектов (групп микрокальцинатов и дисков разной контрастности). Поэтому при работе с микрофокусным рентгеновским аппаратом были выбраны режимы съемки (напряжение и ток рентгеновской трубки, время экспозиции), позволившие наблюдать на цифровом рентгеновском изображении фантома 10 объектов. При увеличении расстояния "фокус – приемник" в 1,5 раза количество наблюдаемых объектов уменьшилось до 9, однако при этом уменьшилась вдвое входная доза.

Полученные данные приведены в таблице 1.

Таким образом, при использовании микрофокусного рентгеновского аппарата совместно с 1-м цифровым приемником на

Режимы съемки	Количество видимых объектов
$U_a = 36 \text{ кВ}$; $I_a = 135 \text{ мкА}$, $t = 2 \text{ с}$, $FDD = 200 \text{ мм}$, $De < 19 \text{ мР}$	10
$U_a = 36 \text{ кВ}$, $I_a = 135 \text{ мкА}$, $t = 2 \text{ с}$, $FDD = 300 \text{ мм}$, $De < 8 \text{ мР}$	9

Здесь U_a — напряжение на аноде рентгеновской трубки; I_a — анодный ток рентгеновской трубки; t — время экспозиции; FDD — расстояние "фокус — приемник"; De — входная доза в плоскости приемника

расстояниях "фокус- приемник" 200-300 мм, можно получать цифровые рентгеновские изображения, сравнимые по информативности с высококачественной аналоговой (пленочной) маммограммой.

Одним из важных преимуществ цифровой микрофокусной рентгенографии является кажущееся увеличение разрешающей способности приемника в режиме съемки с увеличением изображения (эффект увеличения глубины резкости — рис. 2). В таблице 2 приведены полученные данные об увеличении разрешающей способности исследуемых приемников в режиме съемки с увеличением изображения, которые показывают, что детальность цифровых рентгеновских изображений может быть выше, чем пленочных рентгенограмм, которая для большинства систем "экран – пленка" составляет 5,0 п.л./мм (при маммографии — 10,0 п.л./мм).

Снимки, приведенные на рисунке 3, демонстрируют повышение диагностических возможностей микрофокусной рентгенографии в режиме съемки с увеличением изображения при выявлении объектов на маммографическом фантоме.

Проведенные исследования с тканеэквивалентными фантомами показали, что

**Пространственное разрешение цифровых приемников
при микрофокусной рентгенографии**

Цифровой приемник	Пространственное разрешение приемника без увеличения	Пространственное разрешение приемника в режиме увеличения
DR1	7.0 п.л. /мм	12.0 п.л. / мм
DR2	3.7 п.л. /мм	9.0 п.л. / мм
DR3	4.6 п.л. / мм	9.0 п.л. / мм

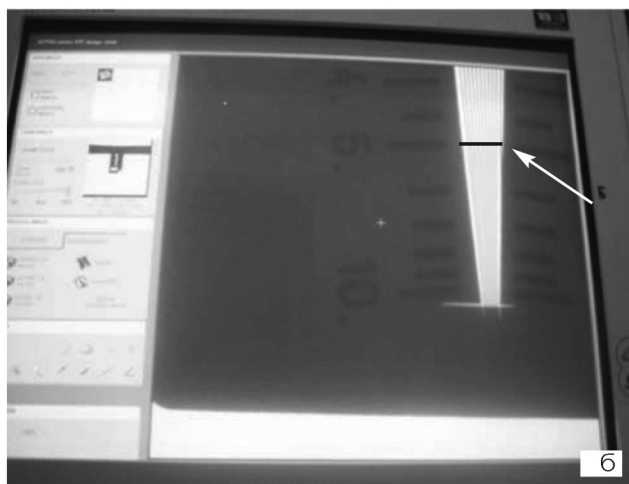
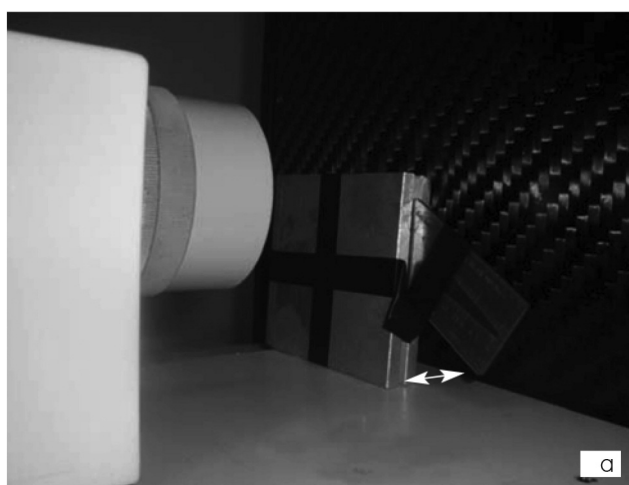


Рис. 2. Микрофокусная съемка с увеличением изображения (а) и возникающий при этом эффект увеличения разрешающей способности цифрового приемника (б)

цифровая микрофокусная рентгенография может эффективно применяться, в частности, для обнаружения травматических по-

вреждений фазарной зоны. На рисунке 4 приведена цифровая микрофокусная рентгенография, с 2-х кратным увеличением, демонстрирующая помимо линий перелома костной ткани локтевого отростка, перелом фазарной зоны локтевого отростка.

Следует также отметить, что в этом режиме качество рентгеновского изображения дополнительно улучшается за счет уменьшения влияния на него рассеянного излучения (эффекта воздушной подушки).

Опыт клинического применения показал, что:

- при одинаковой резкости рентгеновских снимков рентгеновские аппараты с микрофокусными трубками позволяют получать снимки органов, содержащих мелкие структуры, с меньшими дозами;

- при равных входных дозах в плоскости приемника микрофокусные рентгеновские аппараты позволяют получать снимки, содержащие большее количество мелких деталей изображения. Например, в стоматологии микрофокусные рентгеновские аппараты позволяют получать высококачественные рентгеновские изображения при чрезвычайно низкой экспозиции одного снимка 0,01-0,05 мАс.

Благодаря цифровой технологии визуализации можно дополнительно снизить радиационную нагрузку за счет применения специальных программ оптимизации качества изображений.

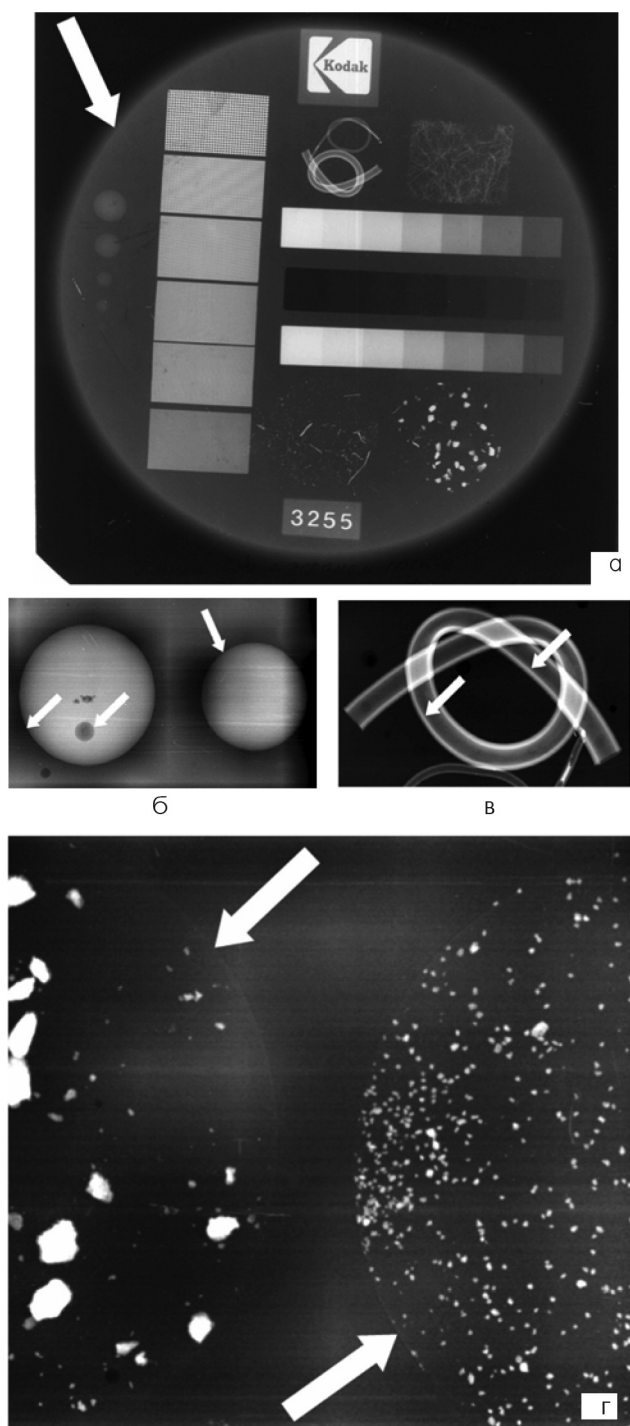


Рис. 3. Повышение диагностических возможностей микрофокусной рентгенографии в режиме съемки с увеличением изображения при выявлении объектов на маммографическом фантоме: а — рентгенограмма маммографического фантома без увеличения; б, в, г — в режиме съемки с увеличением изображения

Небольшие размеры и вес цифровой микрофокусной рентгенодиагностической



Рис. 4

аппаратуры, возможность получать рентгеновские изображения уже через несколько секунд после проведения исследования и возможность их передачи по телекоммуникационным сетям делают ее незаменимой при оказании неотложной помощи пациенту на дому или на месте получения травмы.

Выводы. Применение цифровой микрофокусной рентгенографии дает возможность:

- использовать один и тот же цифровой рентгеновский аппарат как в клинике, так и за ее пределами;
- в десятки и более раз снизить энергию, потребляемую рентгеновским аппаратом;
- уменьшить радиационную нагрузку на пациентов и персонал;
- уменьшить время получения изображения до единиц секунд;
- использовать режим съемки с увеличением изображения и последующую обработку изображений для улучшения их качества.

Цифровые микрофокусные рентгенодиагностические аппараты могут эффективно использоваться как в амбулаториях семейного врача, так и в крупных медицинских центрах при проведении оперативных вмешательств, при оказании неотложной помощи как в пределах клиник, так и за их пределами. Они могут найти широкое применение в стоматологии, неонатологии и педиатрии, травматологии, маммологии и других разделах медицины.

ЛИТЕРАТУРА

1. Васильев А.Ю. Рентгенография с прямым многократным увеличением в клинической практике. — Москва, 1998. — 195 с.
2. Потрахов Н.Н. Микрофокусная рентгенография в стоматологии и челюстнолицевой хирургии. — СПб.: ООО "Техномедиа", 2007. — 184 с.
3. Грязнов А.Ю., Потрахов Е.Н., Потрахов Н.Н. Цифровая микрофокусная рентгенография в клинической практике // Петербургский журнал электроники. — 2008. — №№ 2-3. — С. 163-166.
4. Портативные рентгенодиагностические комплексы семейства "ПАРДУС" / Потрахов Е.Н. // "Вестник Российской Военно-медицинской академии" №4 (28) — 2009, с. 99-101.

РЕЗЮМЕ. У роботі наведено результати лабораторних досліджень можливостей цифрової мікрофокусної рентгенографії. Показано ефект збільшення розрізняювальної здатності цифрового приймача в режимі зйомки зі збільшенням, ефект зниження променевого навантаження на пацієнта при цифровій мікрофокусній рентгенографії, а також інші переваги останньої. Зроблено висновок, що цифрова мікрофокусна рентгенографія має добрі перспек-

тиви та може знайти широке застосування у стоматології, неонатології і педіатрії, травматології, маммології та інших розділах медицини.

Ключові слова: цифрова мікрофокусна рентгенографія, розрізняювальна здатність цифрового приймача, детальність цифрових рентгенівських зображень, променеве навантаження на пацієнта

SUMMARY. The results of laboratory studies of digital microfocus radiography are represented in the work. They show the effect of increasing the resolution of a digital receiver using magnification mode, the effect of reducing the radiation load on patients, as well as other advantages of digital microfocus radiography. It was concluded that digital microfocus radiography has good prospects and can be widely used in stomatology, pediatrics and neonatology, traumatology, mammology and other areas of medicine.

Key words: digital microfocus radiography, the resolution of a digital receiver, the detail of digital X-ray images, radiation exposure to the patient.

Коваленко Ю.Н., Мирошніченко С.И., Балашов С.В., Миронова Ю.А., Потрахов Е.Н., Потрахов Н.Н., Грязнов А.Ю. Возможности клинического применения цифровой микрофокусной рентгенографии // Променева діагностика, променева терапія. — 2010. — №3-4. — сс. 83-86.

ВОЗМОЖНОСТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕНТГЕНОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ОРГАНОВ ГРУДНОЙ ПОЛОСТИ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

***Коваленко Ю.Н., **Федько А.А.**

** Национальная медицинская академия последипломного образования им. П.Л. Шупика 04112, Украина, г. Киев, ул. Дорогожицкая, 9*

*** Национальная Академия государственного управления при Президенте Украины 03057, Украина, Киев, ул. Эжена Потье, 20*

Цель работы. С учётом профилактической флюорографии рентгенологическое исследование органов грудной полости (ОГП) является основным радиологическим исследованием. Целью работы является оценка роли цифровых технологий в повышении эффективности рентгенологических исследований ОГП.

Материалы и методы. В работе используются результаты инвентаризации рентгенологической службы Украины 2009 года, а также опыт эксплуатации более 600 цифровых рентгеновских систем, используемых для рентгенологических исследований ОГП.

Результаты. Замена профилактической флюорографии цифровой скрининговой рентгенографией с использованием цифровых приёмников, имеющих пространственное разрешение не менее 3.5 пар линий на миллиметр, позволяет повысить информативность получаемых рентгеновских изображений даже по сравнению с обзорной рентгенограммой ОГП, в зависимости от типа применяемого цифрового детектора в

5-20 раз уменьшить лучевую нагрузку на пациента и сократить до 10-15 секунд время получения диагностической информации. Из-за низкой себестоимости получения цифрового рентгеновского изображения, цифровая рентгенография ОГП может выполняться как на цифровом флюорографе, так и на цифровом рентгенодиагностическом комплексе или на цифровой базовой рентгенографической системе. Это даёт возможность оптимизировать как оснащение рентгеновских отделений, так и нагрузку на имеющееся рентгенографическое оборудование, а при использовании телерадиологии — ещё и нагрузку на персонал.

Вывод. Применение цифровой технологии при рентгенологических исследованиях ОГП даёт возможность не только существенно улучшить все показатели качества этих исследований, но и заметно сократить расходы на функционирование рентгеновских отделений, благодаря оптимизации нагрузки на имеющееся цифровое рентгеновское оборудование и персонал.

Коваленко Ю.Н., Федько А.А. Возможности повышения эффективности рентгенологических исследований органов грудной полости при использовании цифровых технологий// Вестник муниципального здравоохранения. – 2010. – Том 5, №11. – с. 103.

РОЛЬ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В РАЦИОНАЛЬНОМ ПЕРЕОСНАЩЕНИИ РЕНТГЕНОВСКИХ ОТДЕЛЕНИЙ

Коваленко Ю.Н.¹, Федько А.А.²

¹ Центр рентгеновских технологий Ассоциации радиологов Украины, Киев, Украина

² Национальная Академия государственного управления при Президенте Украины, Киев, Украина

Цель работы. Бурное развитие радиологии в последние годы постепенно изменяет роль рентгенологических исследований в современном диагностическом процессе. В связи с этим существующие таблицы оснащения рентгеновских отделений уже не соответствуют требованиям времени.

Целью работы является оценка роли цифровых технологий в повышении эффективности работы рентгеновских отделений.

Материалы и методы. В работе используются результаты инвентаризации рентгенологической службы Украины 2009 года, а также опыт эксплуатации более 600 цифровых рентгеновских систем различного назначения.

Обсуждение. Поскольку себестоимости рентгенографий, выполненных на цифровом флюорографе (ЦФГ) и цифровом рентгенодиагностическом комплексе (ЦРДК) сопоставимы, флюорографы можно заменить цифровыми базовыми рентгенографическими системами (ЦБРС) и телерентгенодиагностическими комплексами. В состав ТРК входят палатный маломощный рентгенаппарат, цифровой приёмник и устройство подключения к Интернет.

Эти комплексы одинаково пригодны как для профилактических, так и для диагностических исследований. В настоящее время в Украине ежегодно проводится более 40 миллионов профилактических флюорографий и рентгенографических исследований. Замена флюорографии полноценной цифровой рентгенографией позволит минимизировать технологический брак, который, по литературным данным, составляет не менее 10-20%, и сделать ненужными дообследования пациентов в случае выявления патологии при профилактиче-

ском исследовании. В результате ежегодное общее количество профилактических и диагностических рентгенографий уменьшится, по нашим расчетам, примерно до 35 миллионов.

Рациональная нагрузка на рентгенографическую систему составляет примерно 7.5 тысяч исследований в год (около 30 исследований в день). В настоящее время средние значения нагрузки на флюорограф и РДК по Украине составляют соответственно 14.0 и 4.0 тысячи исследований в год, поэтому для расчёта необходимого количества рентгенографических систем целесообразно взять среднюю нагрузку на рентгенографическую систему 7 тысяч исследований в год (соответственно для ЦБРС - 10.0 тысяч, для ТРК - 5.0 тысяч). Таким образом, в системе Министерства здравоохранения (МЗ) сегодня достаточно иметь около 5.0 тысяч современных цифровых рентгенографических систем, чтобы в полном объёме удовлетворить потребности медицинских учреждений в этом виде диагностических исследований. В настоящее время в системе МЗ Украины работает около 1800 флюорографов и более 10 тысяч рентгенаппаратов.

Статистика свидетельствует, что каждые 5 лет количество рентгеноскопий в Украине уменьшается на 15-20%. Если в 1992 году было выполнено около 2.8 млн рентгеноскопий, то в 2008 вдвое меньше. При условии выполнения за рабочий день по 3-5 таких исследований, достаточно иметь в наличии 1400 рентгенаппаратов для рентгеноскопии, чтобы полностью удовлетворить потребность медицинских учреждений. Сегодня в стране работает около 1200 РДК с усилителями рентгеновского излучения (УРИ), т.е. после закупки ещё 200 таких

аппаратов и обеспечении их рационального размещения и эффективного использования, можно будет отказаться от проведения рентгеноскопий без УРИ, что считается необоснованным облучением пациента.

Учитывая, что сегодня в Украине работает более 250 компьютерных томографов и их количество ежегодно возрастает, а число проводимых на одном РДК линейных томографий не превышает 250 исследований в год (за исключением противотуберкулёзных диспансеров), становится нецелесообразной комплектация нового рентгеновского оборудования томографическими приставками.

Приведённые выше данные свидетельствуют о том, что внедрение цифровых технологий в рентгенодиагностику позволяет отказаться от флюорографов и громоздкого рентгеновского оборудования (телеуправляемых столов-штативов, традиционных РДК на 2 и 3 рабочих места), заменив их ЦБРС и ТРК на базе маломощных передвижных и переносных рентгенаппаратов с

высокочастотными устройствами питания и переносных цифровых приёмников, которые не предполагают наличия рядом врача-рентгенолога, а также специализированным оборудованием для рентгеноскопии (поворотными столами-штативами или передвижными рентгенаппаратами с С-дугой, оснащёнными УРИ и устройствами цифровой записи рентгеноскопических исследований с целью объективизации последних).

Вывод. Предложенный подход к оснащению рентгеновских отделений новым цифровым оборудованием, по предварительным расчётам, позволит, как минимум, вдвое уменьшить необходимое количество единиц рентгенодиагностической аппаратуры при обеспечении требуемого и числа рентгенологических исследований, оптимизировать нагрузку как на оборудование, так и на персонал, а также в несколько раз сократить расходы на закупку и эксплуатацию рентгеновского оборудования.

Коваленко Ю.Н., Федько А.А. Роль цифровых технологий в рациональном переоснащении рентгеновских кабинетов// Медицинская визуализация. Специальный выпуск: Материалы IV Всероссийского Национального Конгресса Лучевых Diagnostов и Терапевтов «Радиология-2010» (Москва, 25-27 мая 2010 года). – М.: Видар, 2010 - с.208.

ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ЦИФРОВОЙ МИКРОФУКУСНОЙ РЕНТГЕНОГРАФИИ В ДИАГНОСТИКЕ ТРАВМАТИЧЕСКИХ ПОВРЕЖДЕНИЙ ФИЗАРНОЙ ЗОНЫ В СЕРИИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Ю.А. Миронова

Детская поликлиника № 3 Оболонского района, Киев, Украина

Повреждения физарной зоны эпифизов или апофизов — часто встречающиеся виды травматических повреждений в детском возрасте. Рентгенография в стандартных проекциях является основным методом выявления травматических повреждений костей; принципиальным ограничением ее является низкая чувствительность для мягких тканей, что затрудняет выявление повреждений и хрящевой ткани у детей.

Цель работы. Оценка возможности применения цифровой микрофокусной рентгенографии в диагностике травматических повреждений физарных зон в эксперименте.

Материалы и методы. Использовались цифровой рентгенодиагностический комплекс, оснащенный рентгеновской трубкой с фокусными пятнами 0,6 и 1,2 мм и цифровым рентгенографическим приёмником с разрешающей способностью 4 п.л./мм, микрофокусный рентгенаппарат с рентгеновской трубкой, имеющей фокальное пятно 0,05 мм, и тканеэквивалентный фантом с моделированными изолированными переломами физарной зоны.

Результаты. На 1-м этапе исследования выполнялась традиционная цифровая рентгенография тканеэквивалентного фантома при разных экспозициях (фокальное

пятно 0,6 мм, напряжение на аноде 50-55 кВ, количество электричества 1-4 мАс, фокусное расстояние 80 см), которая, несмотря на применение постпроцессинга, не позволила увидеть на цифровой рентгенограмме перелом физарной зоны. На 2-м этапе была выполнена цифровая микрофокусная рентгенография тканеэквивалентного фантома с фокусным расстоянием 40 см и 20 см (режим увеличения) при напряжении на аноде 50 кВ и количестве электричества 0,185 мАс. Перелом был выявлен в обоих случаях, однако в режиме увеличения его диагностика не потребовала применения постпроцессинга: за счёт увеличения пространственного разрешения цифрового приёмника до 7-8 п.л./мм качество изображения повысилось, и линия перелома физарной зоны четко визуализировалась на мониторе рабочей станции рентгенолога. Полученные результаты повторялись в серии проведенных экспериментов.

Выводы. Применение цифровой микрофокусной рентгенографии в режиме увеличения в диагностике травматических повреждений физарной зоны позволяет получать высококачественные изображения, что значительно повышает вероятность постановки правильного диагноза.

Миронова Ю. А. Возможности применения цифровой микрофокусной рентгенографии в диагностике травматических повреждений физарной зоны в серии экспериментальных исследований // Невский радиологический форум 2011: /Под ред. Л.А. Тютина. – СПб.: Изд-во «Элби-СПб», 2011. – с.148

ПЛОСКИЕ ДИНАМИЧЕСКИЕ ПАНЕЛИ ПО CMOS- И HAD-МНОГОСЕНСОРНОЙ ТЕХНОЛОГИИ

С.И. Мирошниченко, А.А. Невгасимый

НПО «Телеоптик», Киев, Украина

Цифровые приемники на основе кристаллического кремния по CMOS-технологии являются следующим поколением многосенсорных приемников. В них размеры CMOS-матриц выбраны столь большими, что не требуется масштабирование в каждом из каналов, т. е. все поле цифрового приемника покрывается кристаллическим кремнием. Выбор CMOS-технологии обусловлен ее распространенностью и дешевизной.

Очевидно, что для стандартных размеров рентгенографической панели — 35x43 см использование единого кристаллического чина невозможно, т. к. освоенный серийно промышленностью диаметр кремниевых пластин не превосходит 30 см, однако в большинстве случаев ограничивается 20 см. Более того, экономически целесообразными сегодня являются чины размером от 2,5 x 5 см до 5 x 10 см, из которых затем следует набрать необходимое поле. По имеющимся данным типичная разрешающая способность кристаллических приемников по CMOS-технологии составляет 5,0 п.л./мм для общей рентгенографии и 10...12 п.л./мм — для маммографии.

Существенно меньшие внутренние шумы кристаллического кремния по сравнению с аморфным кремнием дают возможность в несколько раз увеличить чувствительность CMOS-панелей и ввести практически во всех разработках динамический режим.

Одним из путей уменьшения стоимости рентгенографического приемника является использование масштабирования в каналах. В этом случае могут быть использованы CMOS- или HAD-сенсоры меньших размеров, однако с большей чувствительностью. Масштабирование может быть выполнено с помощью линзовой оптики или с помощью оптоволоконных элементов.

Расчеты показывают, что при использовании от 80 до 200 CMOS- или HAD-сенсоров для рентгенографического поля 35x43 см имеется возможность реализации как статического, так и динамического режимов. Сами приемники при этом могут быть выполнены в виде плоских панелей толщиной 4-6 см. Экономически приемники на CMOS- или HAD-сенсорах с масштабированием в каналах будут иметь существенное преимущество по сравнению с панелями любых других типов.

Мирошниченко С. И., Невгасимый А. А. Плоские динамические панели по CMOS- и HAD-многосенсорной технологии // Невский радиологический форум 2011: /Под ред. Л.А. Тютина. – СПб.: Изд-во «Элби-СПб», 2011. – с.149

МИКРОФОКУСНЫЕ ТОМОГРАФЫ С ДИНАМИЧЕСКИМИ КМОП-ПАНЕЛЯМИ

С.И. Мирошниченко*, Н.Н. Потрахов**

*НПО «Телеоптик», Киев, Украина;

**Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет

Анализ перспектив реализации томографических режимов съемки с использованием микрофокусных источников рентгеновского излучения и цифровых рентгеновских приемников изображения на основе кристаллического кремния по КМОП-технологии показал: малые мощности микрофокусных источников при съемке широкорасходящимся пучком рентгеновского излучения приводят к тому, что рациональный размер области обследования удобно описать в виде сферы диаметром 15...20 см. Расстояние между источником и приемником принять 50...70 см, а угол наблюдения объекта — 30...45 градусов. Рациональной формой входного окна приемника является часть поверхности сферы с линейным размером 30...40 см. Для обеспечения пространственного разрешения более 5 п.л./мм при формировании трехмерных изображений необходимо, чтобы приемник имел разрешающую способность не менее 2,5 п.л./мм

и обеспечивал соотношение сигнал/шум не менее 30 при дозе во входной плоскости 75...100 мкР на кадр. Такую геометрию и характеристики могут обеспечить динамические КМОП-панели. При использовании до 100 кадров в секунду может быть получено трехмерное изображение с аксиальным вращением зоны обследования и эквивалентным динамическим диапазоном не менее 60...120. Общая дозовая нагрузка на пациента составит 0,1..0,3 мЗв, что соответствует одному снимку при пленочной флюорографии.

Следует отметить также, что дополнительными факторами повышения информативности микрофокусных исследований являются: существенно сниженное влияние рассеянного излучения на формируемое изображение, а также увеличение его четкости при диагностике мягких тканей вследствие проявления эффекта фазового контраста.

Мирошниченко С. И., Потрахов Н. Н. Микрофокусные томографы с динамическими КМОП-панелями// Невский радиологический форум 2011: /Под ред. Л.А. Тютина. – СПб.: Изд-во «Элби-СПб», 2011. – с.149

LOW DOSE RADIOGRAPHIC SYSTEM FOR PEDIATRICS

Y. Kovalenko¹, S. Miroshnichenko³, A. Nevgasimy⁴, S. Balashov³, N. Potrahov², Y. Mironova⁵

¹National Medical Academy of Postgraduate Education named after P.L. Shupyk, Kiev, Ukraine

²St. Petersburg Electro-Technical University, St. Petersburg, Russia

³National Aviation University, Kyiv, Ukraine

⁴Teleoptic PRA, Kiev, Ukraine

⁵KRU KT MO "University Hospital", Simferopol, Ukraine

Abstract — The paper deals with a specialized digital X-ray system for use in children's trauma centers and maternity hospitals. The basic requirements for such equipment: high contrast and spatial resolution of the images with minimal radiation exposure to the baby. It is proposed the set of equipment which meets these requirements: the microfocus X-ray generator (output power of less than 50 W, the focal spot of less than 50 microns), a special tripod and a digital receiver on a array of the photodiode matrices, which allows to obtain a digital image with a spatial resolution to 9.0 line pairs per millimeter with entrance exposure dose in the plane of the receiver is less than 500 mR

Index Terms — pediatrics, low-dose radiographic system, high contrast and spatial resolution, microdose radiation exposure.

I. PURPOSE

In pediatric radiology patients are significantly different from each other both by means of size, and on the density structure. On the one hand, young children have not formed bone structure, geometry objects of study are small, which requires a high contrast and spatial resolution of the images. On the other hand, the younger the child, the more sensitive it's organism to radiation. This makes ultrasonic method a preferred application when examining young children. However, in many cases, X-ray method should be used, & it is necessary to minimize the effects of radiation to the patient. The purpose of the work was to create a specialized X-ray equipment to obtain diagnostic images with high contrast and spatial resolution at microdose (several hundreds of micro-roentgen) radiation exposure to the patient.

II. MATERIALS AND METHODS

Digital X-ray system consists of a small mobile universal tripod with a special table-stand, a micro transmitter and a highly sensitive digital receiver based on photodiode matrices array.

By changing the position of a radiolucent tabletop between the transmitter and the receiver X-ray studies of objects in X-ray mode, zoom in both the horizontal and vertical planes could be performed (Fig. 1 a,b).

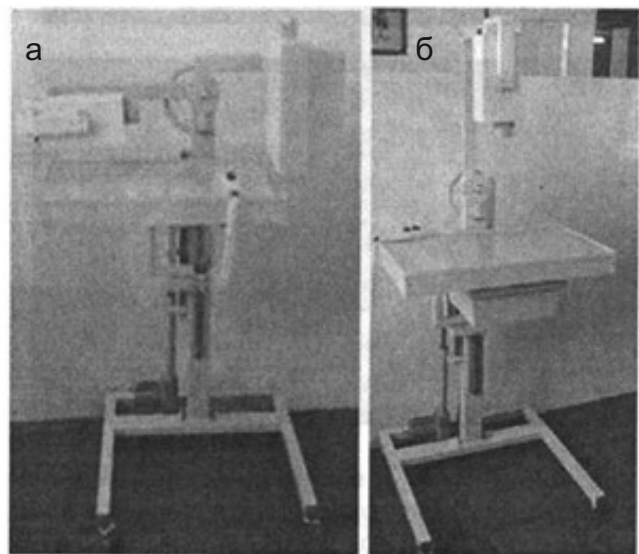


Fig. 1. Low-dose X-ray system: a - in horizontal position, b- in vertical position

III. RESULTS

Small-sized mobile radiographic system that provides high-quality digital images of X-ray generator with a power less than 50 Wt was implemented. The subject can be located directly at the receiver and away from it.

By changing the distance from the radiation source to the examined object (d_1) and the distance from the object to the receiver (d_2),

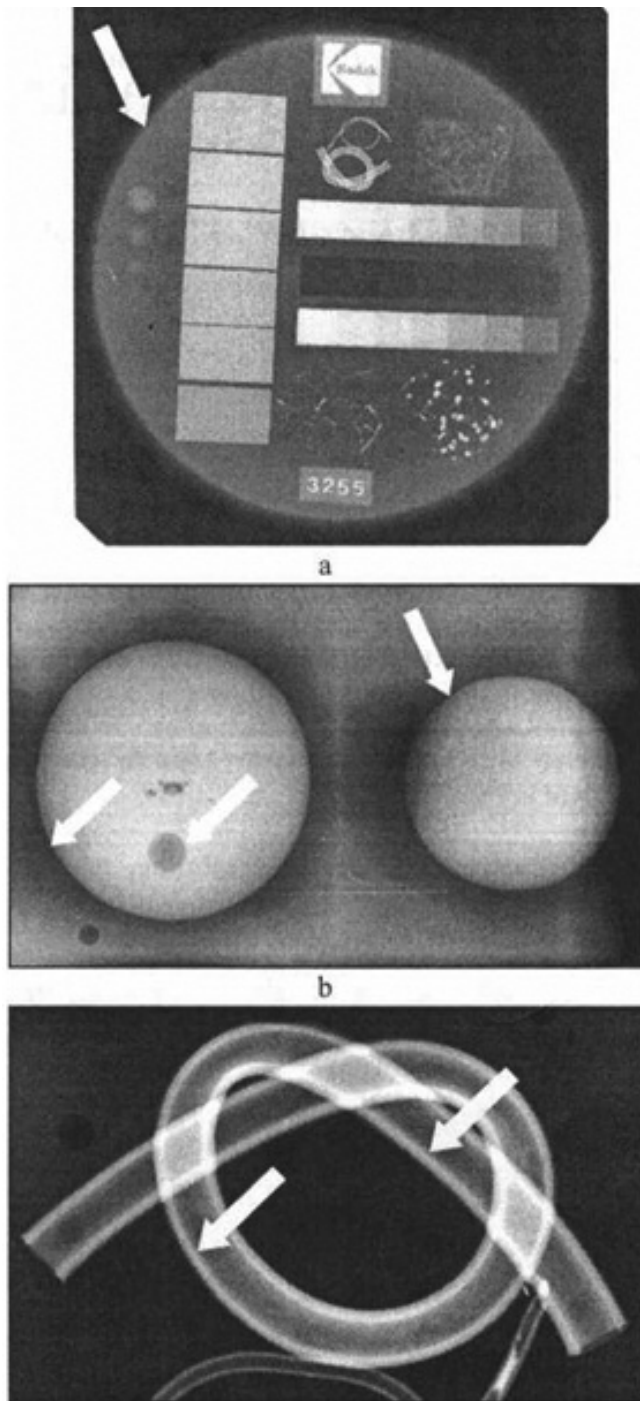


Fig. 2. Panoramic X-ray image of mammographic phantom (a) and X-ray images of some of its parts made in magnification mode (b,c)

you can change the coefficient of magnification $C_m = (d_1 + d_2) / d_1$. Use the zoom mode allows you to change the spatial resolution of the images. The larger the zoom, the higher the spatial resolution, but smaller field of view. For illustration, Figure 2 shows a snapshot of mammographic phantom, and the 2b — detailed pictures of the individual parts, made in zoom mode.

At the X-ray images of mira images with a spatial resolution of up to 9.0 line pairs per millimeter were obtained. In this case, the exposure dose in the plane of the receiver does not exceed 500 mR (microdose mode). To increase the sensitivity (lower dose) there is a binning mode in the digital receiver, where the signal of several pixels are merged into one. Binning modes and zoom extend the operator's opportunities to choose the optimal ratio "image quality-dose", which is especially important in significant variability of research objects. The possibility of a detailed analysis of the integrity of bone tissue using microfocus X-ray diffraction in combination with the assessment of soft tissue injuries using ultrasound allows to make more accurate diagnosis of traumatic injuries. A low radiation load on the object of study are responsible for the feasibility of using Low dose x-ray systems to take the X-ray images of babies who have increased sensitivity to ionizing radiation.

IV. CONCLUSION

Application of considered digital microfocus radiographic system is most promising in hospitals for x-ray examinations in infants and in children's emergency station in combination with ultrasound scanners.

DIGITAL RADIOGRAPHIC COMPLEXES FOR TRAUMATOLOGICAL DEPARTMENT

V.Sudakevich¹, Y Kovalenko², S.Miroshnichenko³, S. Balashov⁴, A. Nevgasimy⁴

¹Uman central regional hospital

²Natsionalnaya Medical Academy of Postgraduate Education named after P.L. Shupyk, Kiev, Ukraine

³National Aviation University'. Kyiv. Ukraine

⁴Teleoptic PRA, Kiev, Ukraine icn bme@mail, utm.md

Abstract — The paper deals with a budget digital X-ray equipment in operating trauma unit. The proposed set of equipment lets receive X-ray Images of required quality at a significantly reduced requirements for radiation protection in the operating room, and to protect the personnel. We consider two variants of the equipment: for operating rooms in the traumatological department in the central district hospitals on the basis of portable X-ray unit and pediatric trauma unit on the basis of micro focus X-ray generator.

Index Terms — Casualty departments, high-frequency X-ray monoblock, microfocus X-ray unit, digital detector, minimal price, radiation safety.

1. PURPOSE

Radiological imaging plays a critical role in patients with trauma. On the one hand, it allows to diagnose traumatic injuries, on the other hand, to control the quality of surgical operations. Currently, expensive X-ray equipment with C-arc is widely used, but it is a significant radiation exposure to patients and staff. The aim of the work is to develop and implement to the clinical practice the budget options of digital X-ray equipment for rapid diagnostics and monitoring performance in quasi-real time the results of surgical interventions in casualty departments with minimal radiation exposure to patients and staff.

II. MATERIALS AND METHODS

The kits consisting of: high-frequency X-ray monoblock SY-HF-110 (output power 2.2 kW) with a mobile stand, digital detector "Iona-R4000" with stand S- 30TS and adapter to the surgical table for operating (Fig.1) and microfocus X-ray unit type "Pardus", a special tri-

pod and digital detector "Iona-R2430" for pediatric & wrist trauma departments were offered (Fig.2).

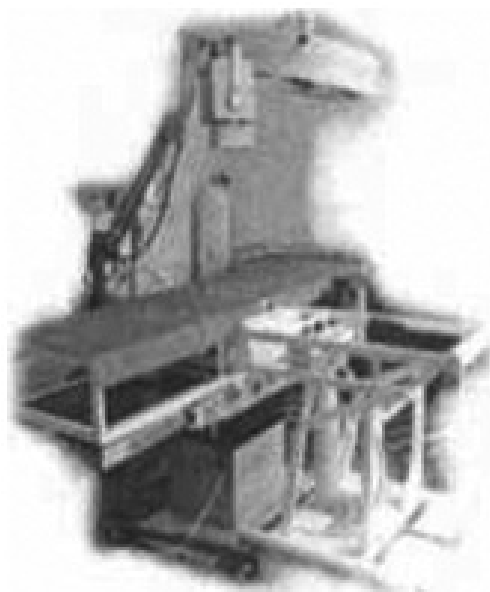


Fig.1. Digital X-ray complex in the operating room of casualty department



Fig.2 Microfocus digital X-ray complex

Both complexes can carry out examinations in direct and lateral views. Microfocus X-ray generator allows to perform X-ray images in zoom mode, and thereby enhance its detail

III. RESULTS

Digital images, obtained using this equipment, provides the necessary diagnostic information trauma surgeon, Producing an image on the screen is less than 15 seconds, which allows surgeons to control the accuracy of operations & to do control images in near-real-time. Typically, an X-ray image is performed in die beginning of the operation and after it is completed (Fig. 3). At the osteosynthesis it

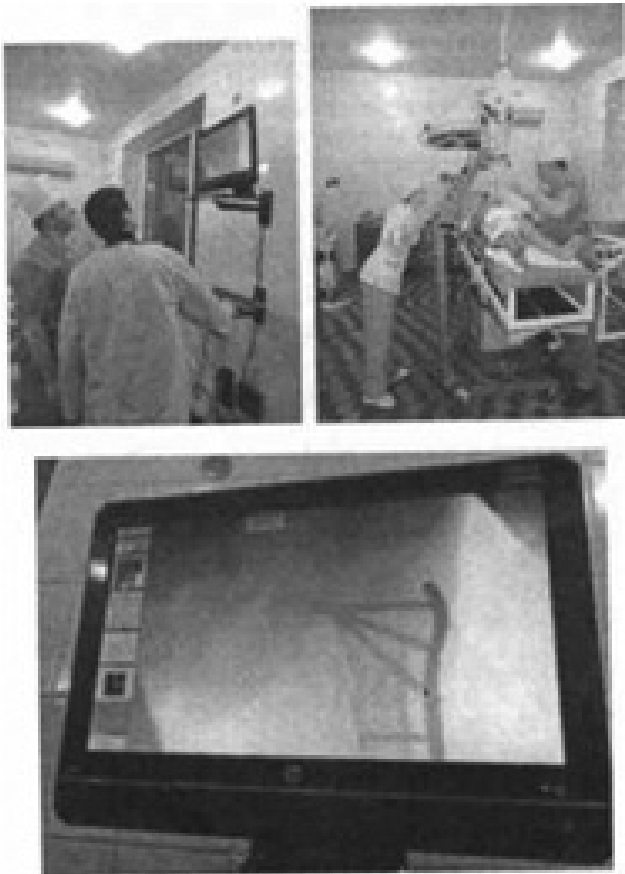


Fig. 3 Control of the results of the operation

could be necessary to get a few more images for the control precision of manipulation. Using the zoom mode at the digital microfocus X-ray helps to determine pathology, which is not visible on standard X- ray images.

Sudakevich V., Kovalenko Y., Miroshnichenko S., Nevgasimy A., Balashov S., Digital Radiographic Complexes for Traumatological Department//2nd International Conference on Nanotechnologies and Biomedical Engineering. German- Moldovan Workshop on Novel Nanomaterials for Electronic, Photonic and Biomedical Applications, Chisinau, April 18-20, 2013: Proceedings/ resp. for ed. Serghei Railean. – Chisinau: S.n., 2013 (Tipogr. ASM). – p.643-644.

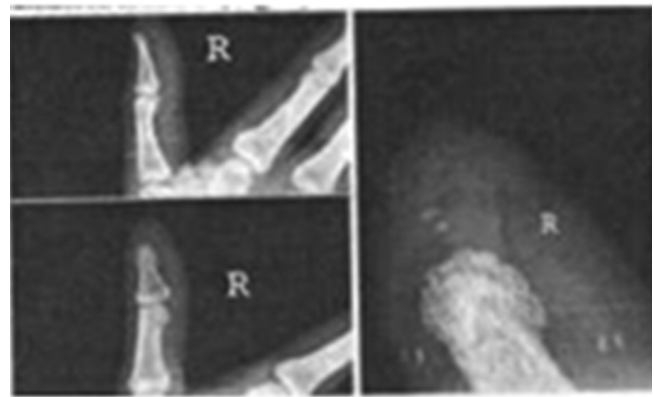


Fig. 4 Rheumatoid arthritis: surface erosion not visible on traditional plain X-ray

For an example, the panoramic image and finger image in zoom mode, which allowed to make the diagnosis of rheumatoid arthritis (Fig. 4).

Because during the year, in central district hospital fewer than a thousand operations usually are performed requiring X-ray inspection, the total number of X-ray images for the year will not exceed 3000. This means that even if the exposure lime of 1 s, time of X-ray system being a source of ionizing radiation docs not exceed one hour per year. Considering that the radiation leakage in accordance with the regulations must not exceed 1 -0 mSv /hat a distance of 1,0 m, we can say that when the personnel follows the requirements of radiation safety, referred in the operating instructions, using such systems will not be dangerous to the patient or the staff of X-ray room.

The proposed digital systems allow for a minimal price to provide total radiation safety for staff and patients. If necessary, a digital image can be written to disk and given to the patient or sent for consultation in X-ray department, where it can be viewed on the radiologist's workstation.

IV. CONCLUSION

The proposed equipment systems for digital radiography promptly provide the necessary information for trauma surgeons and can therefore he recommended as a budget option for use in casualty departments, including the operating room.

ТЕЛЕРАДИОЛОГИЯ И РАДИАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Ю.Н. Коваленко

Национальная медицинская академия последипломного образования им. П. Л. Шупика, Киев, Украина

Цель работы

Одними из основных препятствий приближения рентгенодиагностики к пациенту и внедрения в клиническую практику телерадиологии являются существенно завышенные требования к радиационной безопасности в рентгенодиагностических кабинетах. Целью работы является определение условий обеспечения рационального уровня радиационной безопасности при выполнении рентгенологических исследований.

Материалы и методы

Анализируются основные требования к радиационной безопасности, приводимые в нормативных документах. На основе анализа статистических данных о проводимых в Украине рентгенодиагностических исследованиях проводится расчёт максимально возможных эффективных доз, которые потенциально могут получить персонал и посторонние люди, находящиеся в процедурной и за её пределами. На основании полученных результатов определяются условия обеспечения радиационной безопасности выполнения рентгенодиагностических исследований для персонала и населения.

Результаты

Основным требованием большинства нормативных документов к радиационной безопасности является не превышение годового лимита дозы для различных катего-

рий персонала и населения. Для населения этот показатель составляет 1,0 мЗв/год. За рациональный уровень безопасности можно принять условия проведения рентгенодиагностических исследований, при которых никто из персонала и посторонних лиц за год не сможет получить эффективную дозу, превышающую 0,1 мЗв. Показано, что исходя из требований нормативных документов, рентгенографические аппараты и флюорографы при двухсменной работе могут находиться в состоянии источника ионизирующего излучения не более 4-х часов в году, а рентгеноскопические — 250. Для телерадиологии сегодня можно использовать рентгенографические аппараты. С учётом требований к излучению утечки и рассеянного излучения определены условия радиационной безопасности для персонала и населения при выполнении рентгенографических исследований.

Выводы

При выполнении инструкции по эксплуатации рентгенографических аппаратов они не являются источниками радиационной опасности для персонала и населения и могут, при правильном размещении, использоваться в отдельных помещениях, не требующих специального дооборудования средствами радиационной защиты.

Коваленко Ю.Н. Телерадиология и радиационная безопасность// Невский радиологический форум 2013: сборник научных трудов/ Под ред. Н.А. Карловой. – СПб.: ЭЛБИ-СПб, 2013. – с. 222.

МИКРОДОЗОВАЯ РЕНТГЕНОГРАФИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ПЕДИАТРИИ

Ю. Н. Коваленко¹, С. И. Мирошниченко³, А. А. Невгасимый⁴, С. В. Балашов³,
Н. Н. Потрахов², Ю. А. Миронова⁵

¹Национальная медицинская академия последипломного образования
им. П. Л. Шупика, Киев, Украина

²Санкт-Петербургский электротехнический университет,
Санкт-Петербург, Россия

³Национальный авиационный университет, Киев, Украина

⁴НПО «Телеоптик», Киев, Украина

⁵КРУ КТМО «Университетская клиника», г. Симферополь, Украина

В педиатрической рентгенологии пациенты значительно отличаются друг от друга как по геометрическим размерам, так и по плотностной структуре. С одной стороны, у детей раннего возраста костные структуры не сформированы, геометрические размеры объектов исследования малы, что требует высокого контрастного и пространственного разрешения получаемых изображений. С другой стороны, чем меньше возраст ребёнка, тем чувствительнее его организм к радиации. Это требует применения низкодозовых рентгеновских технологий. Целью работы являлось создание специализированного рентгеновского оборудования, позволяющего получать диагностические изображения с высоким контрастным и пространственным разрешением при микродозовой (единицы и сотни микрорентген) лучевой нагрузке на пациента.

Материалы и методы

Цифровая рентгенографическая система состоит из передвижного малого универсального штатива со специальным столом-подставкой, микрофокусного излучателя и высокочувствительного цифрового приёмника на основе решётки фотодиодных матриц. Перемещающиеся

между излучателем и приёмником рентгенопрозрачные деки позволяют выполнять рентгенографические исследования объектов в режиме рентгеновского увеличения изображения как в горизонтальной, так и в вертикальной плоскостях.

Результаты

Реализована малогабаритная передвижная рентгенографическая система, позволяющая получать цифровые изображения высокого качества при мощности рентгеновского генератора менее 50 Вт. Использование режима увеличения изображения расширяет возможности оператора в выборе оптимального соотношения «качество изображения — доза»: при выполнении снимков рентгеновской миры пространственное разрешение изменялось от 1,7 до 8,0 пар линий на миллиметр. При этом экспозиционная доза в плоскости приёмника составляла от 5 до 500 мкР (микродозовый режим).

Выводы

Применение рассмотренной цифровой микрофокусной рентгенографической системы наиболее перспективно в родильных домах для рентгеновских исследований новорожденных и в детских травматологических пунктах.

Коваленко Ю.Н., Мирошниченко С.И., Невгасимый А.А., Балашов С.В., Потрахов Н.Н., Миронова Ю.А. Микродозовая цифровая рентгенографическая система для педиатрии // Невский радиологический форум 2013: сборник научных трудов / Под ред. Н.А. Карловой. – СПб.: ЭЛБИ-СПб, 2013. – с. 202. (с.221)

ЦИФРОВОЙ РЕНТГЕНОГРАФИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ОПЕРАЦИОННЫХ ТРАВМАТОЛОГИЧЕСКИХ ОТДЕЛЕНИЙ

Судакевич В.Г.¹, Коваленко Ю.Н.², Мирошниченко С.И.²,
Балашов С.В.³, Невгасимый А.А.⁴

¹ Уманская центральная районная больница, г. Умань, Украина

² Национальная Медицинская Академия Последипломного Образования
им. П.Л. Шупика, г. Киев, Украина

³ Национальный авиационный университет, г. Киев, Украина

⁴ НПО "Телеоптик", г. Киев, Украина

Цель работы. Разработать и внедрить в клиническую практику бюджетный вариант цифрового рентгеновского оборудования для выполнения контроля результатов оперативных вмешательств в травматологических отделениях.

Материалы и методы. Для операционных травматологических отделений предложен комплект оборудования в составе: высокочастотный моноблок SY*HF*110 (выходная мощность 2.2 кВт) с передвижным штативом, цифровой приёмник "Иона*P4000" со стойкой S*30Ц и адаптер к хирургическому столу. Летом 2012 года в такой комплектации оборудование введено в эксплуатацию в операционной травматологического отделения Уманской ЦРБ.

Результаты. За 5 месяцев проведено более 100 контролей результатов оперативных вмешательств. Качество получаемых цифровых изображений в полном объёме обеспечивает хирурга необходимой диагно-

стической информацией. Время получения изображения на экране монитора не превышает 15 секунд, что даёт возможность хирургу во время операций оперативно контролировать точность выполняемых манипуляций, а также оперативно выполнять контрольные снимки в послеоперационный период. В операционной обеспечена полная радиационная безопасность для персонала. При необходимости цифровое изображение может быть записано на диск и отдано пациенту или передано для консультации в рентгеновское отделение, где оно может быть просмотрено на автоматизированном рабочем месте рентгенолога.

Выводы. Предложенный комплекс оборудования для цифровой рентгенографии оперативно и в полном объёме обеспечивает необходимой информацией хирурга и поэтому может быть рекомендован как бюджетный вариант для применения в операционных травматологических отделений.

Судакевич В.Г., Коваленко Ю.Н., Мирошниченко С.И., Балашов С.В., Невгасимый А.А. Цифровой рентгенографический комплекс для операционных травматологических отделений// Променева діагностика, променева терапія. – 2013.– №1-2 – с. 126.

ПОЕТАПНА МОДЕРНІЗАЦІЯ РЕНТГЕНІВСЬКОГО ОБЛАДНАННЯ ЯК ЄДИНИЙ РЕАЛЬНИЙ ШЛЯХ ОНОВЛЕННЯ МАТЕРІАЛЬНО-ТЕХНІЧНОЇ БАЗИ РЕНТГЕНОЛОГІЧНОЇ СЛУЖБИ В УМОВАХ ОБМЕЖЕНОГО ФІНАНСУВАННЯ

Ю.М. Коваленко, С.І. Мірошніченко

м. Київ (стаття з журналу «Променева діагностика, променева терапія», 2014, № 4, с. 63-68 в скороченні)

Минулого року в журналі «Insights Imaging» надруковано рекомендації Європейського товариства радіології (ЄКР) щодо оновлення матеріально-технічної бази апаратури для візуалізації, згідно з якими рентгенівське обладнання, залежно від інтенсивності використання, має оновлюватися через 8-14 років [1]. Проте в Україні в медичних закладах є обладнання, яке працює вже понад 50 років. Заміні в країні підлягає вже понад 80% рентгенодіагностичної апаратури. Цей показник знаходиться в межах 70-80% протягом усіх років незалежності країни, тобто ситуація не покращується.

Для того, щоб матеріально-технічна база рентгенологічної служби оновлювалася щорічно, потрібно витратити на закупівлю нового обладнання понад 100 млн доларів США [2].

На жаль, у найкращі роки ці витрати не перевищували 20,0-30,0 млн доларів. А в останні 2 роки обсяги закупівель рентгенівського обладнання в країні були мінімальними. Враховуючи те, що економічна ситуація в Україні навряд чи поліпшиться найближчим часом, метою роботи є пошук варіанта оновлення парку рентгенівського обладнання в умовах гострого дефіциту фінансових ресурсів.

Коли не вистачає фінансових ресурсів, особливо гостро стає питання ефективного їх використання. І воно вже було в центрі уваги радіологів країни, коли в середині 90-х років минулого сторіччя, незважаючи на значні витрати на закупівлю обладнання, ситуація в рентгенодіагностиці з кожним роком погіршувалася.

Якщо у 1989 році було проведено 23836.2 тисячі рентгенодіагностичних досліджень та 20576.5 тисячі флюорографій, то у 1994 – відповідно 18203.7 та 14892.1

тисячі (табл. 1). За ці ж роки майже на тисячу осіб в Україні скоротилася кількість рентгенологів. Значною мірою це було пов'язано з радіофобією, яка виникла після Чорнобильської аварії, та застарілим рентгенодіагностичним обладнанням, яке неодноразово виробило свій ресурс. Очевидною була необхідність модернізації рентгенологічної служби. Проте цю задачу, як і сьогодні, потрібно було вирішувати в умовах обмежених фінансових ресурсів, за яких повна заміна рентгенодіагностичного обладнання на нове була неможлива – потрібно було шукати більш раціональні варіанти переоснащення рентгенівських відділень, які б дозволили одночасно і зменшити колективну ефективну дозу для населення країни [3]. Тоді, враховуючи на ситуацію, що склалася, питанням розвитку променевої діагностики в Україні зайнялася група провідних радіологів країни на чолі з міністром охорони здоров'я [4]. До роботи були підключені Український науково-дослідний інститут онкології та радіології, державне українське об'єднання «Політехмед» та Асоціація радіологів України. Її результатом став проект Національної програми розвитку променевої діагностики в Україні [2].

На той час тільки в системі МОЗ України нараховувалося понад 2.5 тисячі лікувально-профілактичних закладів різного рівня надання медичної допомоги, зокрема 27 лікарень, які мали статус обласних (аналогічна кількість кардіологічних, протитуберкульозних та онкологічних закладів обласного рівня), 625 – міських, 134 – спеціалізованих, 109 – дитячих міських, 488 – центральних районних та 1047 дільничних лікарень [2, 13-15]. Практично в кожному з вищеперерахованих закладів було рентгенівське відділення або кабінет, які напри-

Рентгенологічні дослідження в системі Міністерства охорони здоров'я (МОЗ) України у 1989-1999 рр. [5-8]

Дослідження, обладнання	Роки				
	1989	1993	1995	1997	1999
Рентгенодіагностичні дослідження, тис.	23836.2	19521.4	16931.4	15253.5	16343.2
Профілактичні флюорографії, тис.	20576.5	14636.2	15247.4	15142.0	16176.0
Комп'ютерні томографії, тис.	немає даних	немає даних	немає даних	157.0	221.3
Мамографії, тис.	98.9	87.5	70.8	59.9	96.3
ВСЬОГО, тис. %	44511.6 100.0	34245.1 77.9	32320.4 72.6	30612.4 68.8	32836.8 73.8
Рентгенодіагностичні апарати, шт.	9362	10754	11040	10706	10630
Комп'ютерні томографи, шт.	20	59	69	71	76
Мамографи, шт.	233	314	335	309	315

кінці 90-х років минулого століття були укомплектовані рентгенодіагностичним обладнанням, понад 70% якого виробило свій ресурс [2].

Тоді з урахуванням середнього ресурсу радіологічного обладнання 10 років було проведено розрахунки щодо необхідних щорічних витрат на оновлення його парку, щоб утримувати апаратуру на певному рівні. Ці витрати становили тоді понад 50.0 млн доларів на рік. Трохи більшу суму у 90-х роках минулого століття становили поточні витрати на променеву діагностику, майже 90% яких припадало на витратні матеріали: рентгеновську плівку, реактиви, періодичну заміну касет із підсилюючими екранами (рис. 1).

Треба також відмітити, що у 90-х роках спостерігалось недофінансування поточних витрат рентгенологічної служби. На підтвердження цього можна навести наступне. У період з 1990 по 2000 рік захворюваність населення України зросла на 4% (рис. 2)

[16, 17]. Оскільки за допомогою рентгенодіагностики встановлюється понад 70% діагнозів [13-15], то і кількість рентгенологічних досліджень мала б збільшитися, проте вона скоротилася майже на 30%. Тобто для повної забезпеченості населення рентгенологічними дослідженнями на плівку та



Рис. 1. Приблизна структура поточних витрат на рентгенодіагностику в середині 90-х років ХХ сторіччя

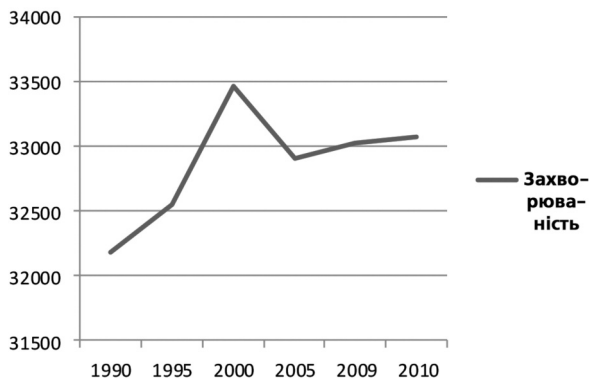


Рис. 2. Динаміка захворюваності населення України у 1990-2010 рр.

реактиви необхідно було б витратити близько 70.0 млн доларів.

Скорочення поточних витрат було реальним джерелом коштів на закупівлю нового обладнання. Але це можливо лише за умови впровадження в клінічну практику цифрової технології візуалізації рентгеновських зображень. Саме тому перехід до цифрової рентгенодіагностики було визначено пріоритетним напрямком проекту Національної програми розвитку променевої діагностики в Україні. Слід також зауважити, що серед проаналізованих варіантів такого переходу найбільш ефективною виявилася модернізація працюючого рентгенодіагностичного обладнання цифровими приймачами [2].

Основною перевагою модернізації є те, що основні кошти вкладаються в нову технологію, а не в залізо. Досвід показав доцільність такого варіанта переходу до цифрової технології візуалізації рентгеновських зображень [18, 19]. Саме модернізація працюючого рентгеновського обладнання дозволила впровадити цифрову рентгенодіагностику таким невеликим містам, як Кам'янець-Подільський, Комсомольськ, Прилуки та ін.

Протягом 2000-2006 рр. в Україні було введено в експлуатацію понад 600 цифрових рентгеновських систем, значна кількість з яких являла собою працюючі флюорографи та рентгенодіагностичні комплекси, дообладнані цифровими приймачами «Альфа» виробництва НВО «Телеоптик» (Київ). Додатковою перевагою такого переходу до цифрової технології візуалізації

рентгеновських зображень було те, що до модернізації були залучені підприємства з різних регіонів країни, які займалися ремонтом та обслуговуванням рентгеновського обладнання. Тобто такий шлях до цифрової рентгенодіагностики має і значний соціальний ефект, оскільки до виробництва, поставки й експлуатації цифрових рентгеновських систем залучається велика кількість українських громадян, а це додаткові робочі місця та платежі до бюджету.

Слід також зауважити те, що у 2007-2011 рр. кількість модернізацій рентгеновського обладнання значно зменшилася, наслідком чого стало уповільнення переходу до цифрової рентгенодіагностики. За останні 7 років було закуплено менше 500 одиниць цифрового рентгеновського обладнання. На жаль, під виглядом цифрового частково купувалося імпортне аналогове обладнання, яке хоч і було виготовлено нещодавно, але розроблялось ще у минулому сторіччі. Пора вже всім зрозуміти, що сучасне закордонне обладнання коштує значно дорожче за те, що виробляється, а правильніше, складається в Україні, оскільки більша частина складових вітчизняної рентгеновської апаратури завозиться з-за кордону. Ще одним недоліком закупівель останніх років було те, що основні кошти вкладалися не в нові технології, а в «залізо». Ще на початку цього сторіччя Всевітня організація охорони здоров'я (ВООЗ) наголосила, що сьогодні основним обладнанням для рентгенодіагностики є базова рентгенографічна система, оскільки вона проста, надійна та зручна у використанні. В нашій країні використання цифрових базових рентгенографічних систем (ЦБРС) дозволяє уніфікувати рентгеновське обладнання, оскільки ЦБРС успішно замінюють як флюорограф, так і рентгенодіагностичний комплекс на 2 робочі місця (без томографії), а також оптимізувати потрібну кількість одиниць рентгеновської апаратури та звільнити значну кількість приміщень. Проте у нас, мабуть, по інерції продовжують закуповувати універсальні рентгенодіагностичні комплекси на 2 і 3 робочі місця, а також телекеровані столи-штативи, які є обладнанням 80-х років минулого сторіччя. Викор-

нувати рентгенографію органів грудної порожнини або кінцівок на телекерованому столі-штативі — це те ж саме, що їздити до булочної на таксі. І коштує телекерований стіл-штатив як дві ЦБРС!

Потрібно використовувати позитивний досвід впровадження цифрової технології рентгенівських зображень, який отримано в країні у минулому десятиріччі. А він таки є!

Завдяки поступовому переходу до цифрової рентгенодіагностики та більш широкому впровадженню в клінічну практику високотехнологічних методів візуалізації на сьогодні на ту ж саму кількість профілактичних та діагностичних рентгенологічних досліджень рентгенівської плівки та реактивів купується щорічно майже на 20.0 млн доларів менше, ніж у минулому сторіччі, але ще є понад 30.0 млн доларів, які можна додатково заощадити. Відновити кількість рентгенологічних досліджень в країні вдалося протягом 11 ро-ків (див. табл. 2), але при цьому слід підкреслити, що цей результат отримано на меншій кількості обладнання та меншою кількістю рентгенологів (табл. 3).

Якщо мінімізувати витрати на рентгенівську плівку та реактиви, то можна отримати кошти, потрібні на щорічне оновлення обладнання. Ще певну кількість грошей можна заощадити за рахунок оптимізації навантаження на обладнання та персонал, а це цілком можливо за умови викори-

стання цифрової технології візуалізації рентгенівських зображень. Але ще більші резерви є в оптимізації системи надання медичної допомоги населенню на первинному рівні, де цифрова рентгенодіагностика є найоперативнішим методом отримання об'єктивної діагностичної інформації про пацієнта: вже через 10-15 с після проведення експозиції лікар має можливість аналізувати стан пацієнта та приймати рішення щодо його лікування. Особливе значення це має в надзвичайних ситуаціях, коли рішення потрібно приймати миттєво [20].

Отже, потрібне прискорення переходу до цифрової рентгенодіагностики. Для цього слід максимізувати ефективність використання грошей, тобто необхідно, щоб максимальна частина коштів витрачалась на перехід до цифрової технології візуалізації рентгенівських зображень. На наш погляд, це доцільно зробити в 2 етапи: на першому етапі працююче рентгенівське обладнання доукомплектується цифровим приймачем, а на другому етапі вже оновлюється генератор, трубка, кабелі та штативна частина. Підставою для цього є дані, наведені в табл. 4, а також те, щорічні середньостатистичні витрати на рентгенівську плівку для забезпечення рентгенодіагностики у центральній районній лікарні (ЦРБ) перевищують 25.0 тисяч доларів. У медичних закладах вже стало «доброю» традицією

Таблиця 2

Рентгенологічні дослідження в системі МОЗ України у 2000-2011 рр.

Дослідження, обладнання	Роки				
	2000	2003	2006	2009	2011
Рентгенодіагностичні дослідження, тис.	16955.1	18444.8	20655.8	21603.7	22293.8
Профілактичні флюорографії, тис.	17229.3	20488.1	21674.9	21088.8	20564.9
Комп'ютерні томографії, тис.	225.2	195.4	302.4	358.6	429.1
Магнітно-резонансні томографії, тис.	20.9	72.5	101.9	161.4	179.9
Мамографії, тис.	104.8	163.9	306.0	591.6	720.5
ВСЬОГО, тис.	34535.3	39364.7	43041.0	43804.1	44188.2
%	100.0	114.0	124.6	126.8	128.0

Рентгенологічні дослідження в системі МОЗ України у 2000-2011 рр.

Дослідження, обладнання \ Роки	2000	2003	2006	2009	2011
Рентгенодіагностичні апарати	9315	8972	9003	9032	8799
Флюорографи	1690	1712	1791	1839	1799
Комп'ютерні томографи	72	86	107	123	122
Магнітно-резонансні томографи	9	22	34	44	43
Мамографи	228	224	256	252	233
ВСЬОГО, тис. обладнання	11314	11016	11191	11290	10996
Рентгенологи, в т.ч. з вищою категорією	3956	3768	3686	3731	3753
з вищою категорією	708	956	1017	1172	1265
з другою категорією	1052	999	971	834	805
всього атестованих, %	686	578	549	528	492
	61.8	67.2	68.8	67.9	68.3
Кількість одиниць обладнання в розрахунку на одного рентгенолога	2.86	2.92	3.03	3.03	2.93

перекладати більшу частину цих витрат на пацієнтів, але все одно валюта для закупівлі плівки потрібна.

З наведених даних дуже добре видно, що доукомплектувавши цифровим прийма-

чем працюючий рентгенівський апарат (рис.3), вже за рік можна його окупити і в подальшому вже накопичувати гроші на інші складові обладнання. Слід зазначити, що і далі оновлення може проходити поступово.

Таблиця 3

Складова витрат на цифрову технологію візуалізації у ціні обладнання

Назва обладнання	Орієнтовна ціна, дол. США	Складова цифрової технології, %
Цифровий приймач на трансформерній стійці	20 000	85
Цифрова базова рентгенографічна система	87 000	20
Рентгенодіагностичний комплекс на 2 робочі місця	90 000	18
Рентгенодіагностичний комплекс на 3 робочі місця (два цифрових приймача: для рентгенографії та рентгеноскопії)	170 000	19
Цифровий телекерований стіл-штатив (динамічний цифровий приймач формату 35x43 см)	180 000	17

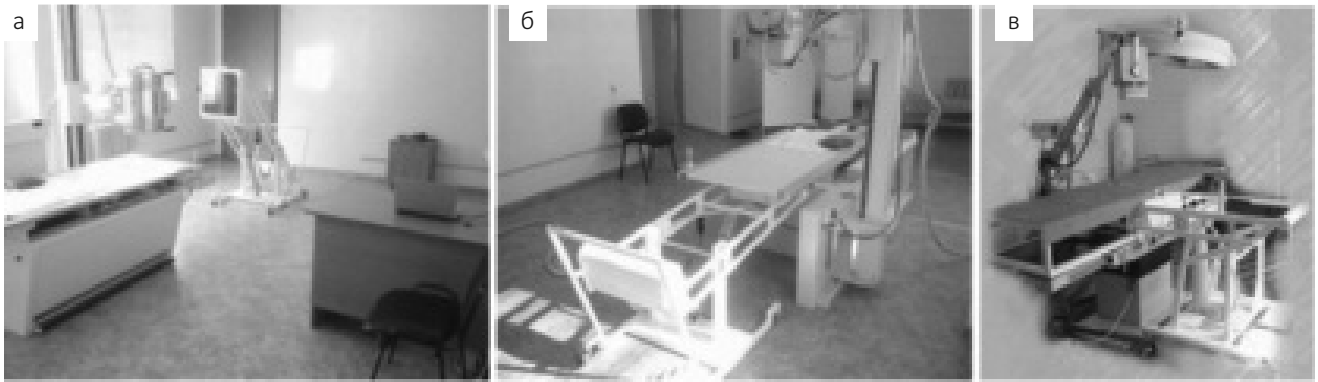


Рис. 3. Приклади доукомплектування працюючого рентгенівського обладнання цифровим приймачем: **а,б** – рентгенодіагностичного комплексу на 2 робочі місця; **в** – палатного рентгенапарата, що використовується в операційній травматологічного відділення

Наприклад, на другому етапі доцільно буде замінити рентгенівський генератор з трубою, а вже на третьому – штативну частину. Таким чином, протягом 3-4 років можна повністю оновити обладнання.

Більш того, за певних умов медичні заклади на базі працюючого обладнання зможуть отримати новітні технології візуалізації, які у новому обладнанні будуть мати далеко не всі покупці. Однією з таких технологій є рентгенівський томосинтез, завдяки якому на рентгенодіагностичному комплексі на 2 робочі місця, який має томографічну приставку, можна отримувати діагностичну інформацію, порівняну з комп'ютерною томографією, із значно меншим променевим навантаженням на пацієнта.

Проте для найбільш ефективного переведення на цифрову технологію кожного рентгенівського відділення попередньо потрібно провести його аудит, завданням якого є визначення технічного стану обладнання та робочого навантаження на нього, аналіз потенціалу наявного персоналу і можливостей оптимізації діяльності відділення та планування етапів переходу до цифрової рентгенодіагностики.

Висновки. Скорочення поточних витрат на рентгенівську плівку та реактиви дозволяє спрямувати заощаджені кошти на оновлення рентгенівського обладнання. Прискорення скорочення цих витрат можливе за умови, якщо гроші будуть вкладатися в цифрову технологію візуалізації, а не в «залізо». Тому найбільш ефективним шляхом

переходу до цифрової рентгенодіагностики є доукомплектування працюючого рентгенівського обладнання цифровими приймачами, що дає можливість інвестувати в цифрову технологію візуалізації до 85% виділених коштів. Враховуючи гострий дефіцит у країні фінансових ресурсів, перехід до цифрової рентгенодіагностики доцільно проводити в кілька етапів. Проведення попереднього аудиту рентгенівського відділення дозволяє визначити найбільш ефективні кроки до цифрової рентгенодіагностики у кожному конкретному випадку.

Література

1. *Renewal of radiological equipment // Insights Imaging, 2014. — № 5. — P. 543–546.*
2. *Обґрунтування необхідності створення Національної програми розвитку променевої діагностики в Україні / Я.С. Бабій (ред.), В.Ф. Девко, В.Т. Дьомін, Ю.М. Коваленко, А.П. Лазар, В.Є. Медведєв, С.І. Мірошніченко, Б.Ф. Сінюта, В.О. Соломка. – К., 1999. – 56 с.*
3. *Дёмин В.Т., Коваленко Ю.Н., Мирошніченко С.И., Полежаев В.Г. Лучевая диагностика в Украине // Медицина Украины. – 1995. – № 3. – С. 39-42.*
4. *Сердюк А.М., Горбань Є.М., Пилипенко М.І., Лазар А.П. Радіологічна служба України: стан та завдання практики та науки // Український радіологічний журнал. – 1995. — №1. – С.5-13.*
5. *Показники діяльності радіологічної служби України в 1989-1994 р.р.: довідник / В.Є. Медведєв, В.Т. Дьомін. – К., 1995. – 32 с.*
6. *Показники діяльності радіологічної служби*

- України в 1995-1997 рр.: довідник / В.Є. Медведєв, Я.С. Бабій, В.Т. Дьомін, Л.Л. Теряєва – К., 1998. – 40 с.
7. Показники діяльності радіологічної служби України в 1996-1998 р.р.: довідник / В.Є. Медведєв, Я.С. Бабій, В.Т. Дьомін. – К., 1999. – 48 с.
8. Показники діяльності радіологічної служби України в 1997-1999 р.р.: довідник / В.Є. Медведєв, Я.С. Бабій, В.Т. Дьомін. – К., 2000. – 48 с.
9. Показники діяльності радіологічної служби системи МОЗ України в 1998-2000 рр.: довідник / В.Є. Медведєв, Я.С. Бабій, В.Т. Дьомін, Д.А. Петрук. – К., 2001. – 60 с.
10. Показники діяльності радіологічної служби України в 2003-2005 рр.: довідник / В.Є. Медведєв, І.М. Дикан. – К., 2007. – 32 с.
11. Показники діяльності радіологічної служби України в 2004-2006 рр.: довідник / В.О. Рогожин, І.М. Дикан. – К., 2007. – 32 с.
12. Показники діяльності радіологічної служби України в 2008-2009 рр.: довідник / О.А. Федько, Ю.М. Коваленко. – К., 2010. – 80 с.
13. Показники здоров'я населення та використання ресурсів охорони здоров'я в Україні за 2008-2009 роки: довідник / За ред. З.М. Митника. – К., 2010. – 332 с.
14. Показники здоров'я населення та використання ресурсів охорони здоров'я в Україні за 2011 рік: довідник / За ред. М.В. Голубчикова. – К., 2012. – 186 с.
15. Медико-демографічна ситуація та основні показники медичної допомоги населенню в регіональному аспекті. 2011 рік (Інформаційно-аналітичне видання) – К., 2012. – 192 с.
16. Охорона здоров'я України: стан, проблеми, перспективи / В.М. Князевич, В.В. Лазоришинець, І.В. Яковенко, Г.О. Слабкий, Ю.В. Вороненко, В.Ф. Москаленко, М. . Голубчиков, Д.Д. Дячук. – Київ, 2009. – 438 с.
17. http://www.ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2007/oz_rik/oz_u/zahvor_06_u.html
18. Гнидь Н.И., Цвигун Б.Я., Коваленко Ю.Н. Цифровая технология как метод повышения эффективности использования флюорографа // Охорона здоров'я України. – 2004. — № 3. – С. 55-57.
19. Розенфельд Л.Г., Медведєв В.Е., Дыкан И.Н., Девко В.Ф., Мирошниченко С.И., Коваленко Ю.Н. Организационные основы цифровой рентгенодиагностики в Украине: проблемы и перспективы их решения // Охорона здоров'я України. – 2004. – № 4. – С. 46-49.
20. Цифровые рентгеновские технологии помогают спасти жизнь раненым бойцам // Радиологічний вісник. – 2014. — № 3. – С.9-12.

Коваленко Ю.М., Мірошниченко С.І. Поетапна модернізація рентгенівського обладнання як єдиний реальний шлях оновлення матеріально-технічної бази рентгенологічної служби в умовах обмеженого фінансування // Променева діагностика, променева терапія. – 2014.– №4 – с. 97-101.

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО РАЦИОНАЛЬНОМУ ПЕРЕОСНАЩЕНИЮ РЕНТГЕНОВСКИХ ОТДЕЛЕНИЙ В УСЛОВИЯХ ОСТРОГО ДЕФИЦИТА ФИНАНСОВЫХ РЕСУРСОВ

Коваленко Ю.Н., Мирошниченко С.И.

Центр рентгеновских технологий Ассоциации радиологов Украины, Киев

За 23 года независимости Украины состояние рентгеновской службы страны практически не улучшилось. Как и в начале 90-х годов прошлого столетия, около 80% рентгеновского оборудования уже выработало свой ресурс, и большая часть этой аппаратуры требует замены. Кроме того, в настоящее время ситуация усугубляется увеличивающимся с каждым годом дефицитом квалифицированных кадров при одновременном увеличении количества дорогого высокотехнологического радиологического оборудования, эксплуатация которого предполагает наличие специалистов, способных оперативно и грамотно обрабатывать большие объемы диагностической информации. Можно в какой-то степени объяснять ситуацию недостатком финансовых ресурсов, однако, на наш взгляд, основная причина сложившейся ситуации в бессистемном и нерациональном расходовании имеющихся средств с ориентацией на закупку дорогого, преимущественно импортного оборудования.

То, что выбранный вариант переоснащения рентгеновской службы был неправильным, можно говорить сегодня уверенно – результаты налицо. Поэтому есть надежда, что в ближайшее время, особенно учитывая экономическую ситуацию в стране, умные люди, целью которых будет улучшение состояния здравоохранения, а не собственного благосостояния, постараются использовать более рациональные пути переоснащения рентгеновских кабинетов. Тем более, что положительный опыт в этом направлении в Украине уже есть. Мы рассмотрим в этой статье несколько примеров рационального подхода к переоснащению рентгеновских кабинетов.

Сегодня уже, наверное, все знают, что основная часть коллективной дозы для населения страны формируется профилакти-

ческими флюорографическими обследованиями [1-3]. Именно поэтому первые шаги по переходу к цифровой рентгенодиагностике были сделаны в направлении замены пленочной флюорографии скрининговой цифровой рентгенографией. Первый опыт замены на флюорографе пленочной флюорокамеры цифровым приемником был получен в 1999-2000 гг. в Киеве (рис. 1) и позже был распространен на другие города, такие как Тернополь, Хмельницкий, Каменец-Подольский, Комсомольск, Прилуки и др.

Какие основные преимущества такого подхода к переоснащению рентгеновского отделения и когда он дает наибольший эффект?

Ниже приведены основные составляющие положительного эффекта, полученного в результате замены флюорографии скрининговой цифровой рентгенографией [2-4]:

— повышение эффективности профилактических рентгенологических исследований;



Рис. 1. Первый флюорограф, дооборудованный цифровым приемником «Альфа»

- возможность выдачи врачебных заключений в реальном времени, т.к. время получения диагностического изображения составляет единицы секунд;
- разделение не только во времени, но и в пространстве процессов получения изображений и их описания;
- уменьшение в 10-15 раз лучевой нагрузки на пациентов; при этом возможно уменьшение на 30 и более процентов коллективной дозы на население Украины;
- сокращение количества рентгенографических исследований органов грудной полости на 1,0-2,0 млн;
- уменьшение количества флюорографических кабинетов в масштабах страны примерно на 400 единиц;
- уменьшение эксплуатационных расходов;
- отказ от пленочного архива и вредного для здоровья персонала фотохимического процесса: электронный архив в 800 раз меньше пленочного по объему.

Поэтому на Украинском конгрессе радиологов 2009 года было принято решение обратиться к Министерству здравоохранения с предложением замены флюорографии скрининговой цифровой рентгенографией.

Экономический аспект перехода от флюорографии к цифровой рентгенографии был достаточно подробно рассмотрен в 2003-2004 гг. [2-6]. Так, капитальный ремонт флюорографа 12Ф7 с заменой флюорокамеры приемником малодозовым с цифровой обработкой изображений «Альфа-В» в поликлинике №1 Каменца-Подольского уже за первый год работы позволил почти на 50% снизить себестоимость рентгенологических обследований органов грудной полости (ОГП) при увеличении почти в 2 раза количества проводимых исследований [5]. В [6] было показано, что с увеличением рабочей нагрузки на цифровой флюорограф себестоимость скрининговой цифровой рентгенограммы становится меньше себестоимости пленочной флюорограммы, а повышение эффективности ранней диагностики туберкулеза позволяет сократить затраты на его лечение, а также на социальные выплаты, связанные с инвалидизацией больных туберкулезом.

Выделим еще раз экономические преимущества капитального ремонта пленочных флюорографов с заменой флюорокамеры на цифровой рентгеновский приемник.

Во-первых, стоимость такого ремонта не превышает 25,0 тысяч долларов, что существенно меньше, чем стоимость нового оборудования. При этом восстанавливается ресурс оборудования, т.е. оно может еще гарантированно работать в течение как минимум 5 лет. Основные статьи дальнейшей экономии:

1. Экономия на флюорографической пленке и реактивах даже без учета технологического брака составляет около 200 долларов на каждую тысячу исследований. Если ежегодно делается 20000 профилактических обследований ОГП, то такая экономия составит примерно 4,0 тыс. долларов в год.

Если же учесть, что при флюорографии патология выявляется в 5-10% случаев [6-8], что влечет за собой дополнительное рентгенографическое дообследование ОГП в двух проекциях, то еще до 4,0 тыс. долларов будет ежегодно экономиться на рентгеновской пленке.

2. Более чем в 10 раз сокращаются трудозатраты рентген-лаборанта в расчете на 1 рентгенографическое исследование, что позволяет говорить о возможном уменьшении количества ставок рентген-лаборантов в рентгенодиагностических кабинетах в медицинских учреждениях, где есть дефицит квалифицированных рентген-лаборантов. Сокращение одной ставки рентген-лаборанта позволяет экономить до 2000 долларов в год.

3. Уменьшается необходимая площадь помещений. В рентгенофлюорографических кабинетах становятся ненужными фотолaborатория и флюоротека, а в рентгенодиагностических – комната для пленочных архивов.

Например, для Киева сокращение необходимой площади на 1 кв. м означает экономию более 100 долларов в год на аренде и коммунальных платежах (по рыночным ценам). В этом случае для любого рентгеновского кабинета экономия составит не менее 600 долларов в год.

4. Уменьшается расход электроэнергии:

при цене 0,03 доллара за киловатт экономия составляет около 25 долларов на каждую тысячу профилактических обследований ОГП.

Несложные расчеты показывают, что меньше чем за 3 года деньги, вложенные в капитальный ремонт пленочного флюорографа, окупятся. При этом следует также заметить, что будет сэкономлено примерно 20,0 тыс. долларов валютных средств, которые обычно тратятся на закупку пленки и реактивов. Эти деньги могут быть с успехом использованы в дальнейшем для замены флюорографа цифровой базовой рентгенографической системой, которая, в соответствии с рекомендациями Всемирной организации здравоохранения, считается основным оборудованием для рентгенодиагностики.

В настоящее время основным методом рентгенологического исследования является рентгенография. В Украине ежегодно получают около 30,0 млн рентгенографических изображений [9]. Потенциально необходимо с учетом профилактических исследований до 40 млн [10]. Такой объем исследований можно обеспечить, имея примерно 5-6 тыс. рентгенографических систем. При этом средняя нагрузка на один аппарат составит 7,0-7,5 тыс. исследований в год, что соответствует рациональной нагрузке на рентгеновское оборудование.

Внедрение в клиническую практику цифровых базовых рентгенографических систем (ЦБРС) (рис. 2) позволяет унифицировать рентгенографическое оборудование в медицинских учреждениях. ЦБРС могут применяться в качестве бескабинных флюорографов с увеличенным кожно-фокусным расстоянием, а также могут заме-

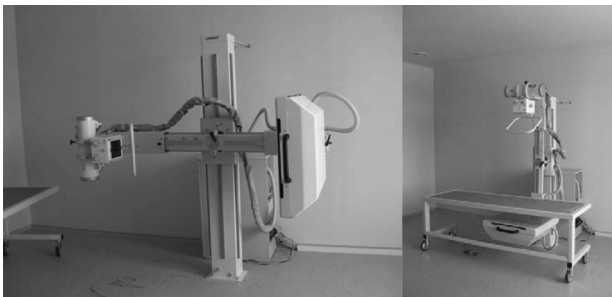


Рис. 2. Цифровая базовая рентгенографическая система

нить рентгенодиагностические комплексы на 2 рабочих места без томографии, что дает возможность дополнительно снизить лучевую нагрузку на пациентов и существенно сократить затраты на переоснащение медицинских учреждений.

Перспективным направлением представляется внедрение в клиническую практику цифровой микрофокусной рентгенографии (рис. 3), которая дает возможность дополнительного улучшения качества изображения за счет применения режима съемки с увеличением и снижения лучевой нагрузки на пациента [11,12].



Рис. 3. Цифровая микрофокусная рентгенографическая система

Учитывая дефицит финансовых ресурсов, можно предложить поэтапную закупку цифровых базовых рентгенографических систем, которых в медицинском учреждении должно быть, как правило, не менее двух. Во многих поликлиниках в настоящее время стоят 2 рентгенодиагностических комплекса (РДК) и флюорограф. Если годовая нагрузка на флюорограф превышает 15,0 тыс. исследований, то целесообразно его перевести на цифровую технологию путем замены флюорокамеры цифровым приемником. Если годовое количество профилактических рентгенисследований меньше 15,0 тысяч, то более рационально дооснастить один или оба рентгенодиагностических комплекса цифровым приемником «Иона-Р4000» на стойке S-30Ц (рис. 4), что позволит проводить как профилактические, так и диагностические рентгенографиче-



Рис. 4. Рентгенодиагностический комплекс РУМ-20М, дооборудованный тележкой S-30Ц с цифровым приемником «Иона-Р4000»

ские исследования с использованием цифровой технологии визуализации рентгеновских изображений.

После этого можно списать флюорограф и сделать в кабинете, где он был установлен, ремонт для подготовки к установке цифровой базовой рентгенографической системы (ЦБРС), которую можно будет купить без цифрового приемника: его можно будет снять со стойки S-30Ц, что позволит продолжать вести электронный архив.

Следующим шагом является списание одного из старых рентгенодиагностических комплексов и реконструкция рентгеновского кабинета: из него делаются 2 процедурные (16 кв. м – для ЦБРС и 24 кв. м – для кабинета цифровой рентгеноскопии) с центральным расположением пультовой. После этого можно покупать вторую цифровую базовую рентгенографическую систему.

Отдельно следует сказать о телерентгенодиагностических комплексах (ТРДК) (рис. 5), которые постепенно начинают внедряться в клиническую практику. Это легкие цифровые рентгенографические комплексы, которые запитываются от обычной однофазной электрической сети и, как правило, не предполагают наличия рядом врача-рентгенолога. Основная задача таких комплексов – максимально приблизить исследование к пациенту. В условиях перехода к семейной медицине такие комплексы могли бы быть размещены в амбулаториях семейной медицины для проведения профилактических рентгенографических исследований ОГП, а также оперативной рентгенодиагностики при травмах [13]. Еще одной областью применения таких комплексов могла стать оперативная диагностика пострадавших при

масштабных катастрофах и чрезвычайных ситуациях с целью определения возможности их транспортировки или необходимости оказания медицинской помощи на месте. По данным, опубликованных в средствах массовой информации (СМИ) в начале августа, из 1390 раненых участников антитеррористической операции умерло 390, т.е. фактически каждый третий. Это значение существенно выше среднего статистиче-



Рис. 5. Телерентгенодиагностический комплекс

ского соотношения: 1 из 5. Одной из причин этого является отсутствие сортировки раненых в местах получения ранения с применением средств оперативной диагностики с целью выявления нетранспортабельных пациентов и объективной оценки их состояния. Возможно, полученный опыт приведет в дальнейшем к более широкому применению передвижных медицинских пунктов и полевых госпиталей, в которых телерентгенодиагностические комплексы могут использоваться также в операционных для проведения операций с использованием рентгенографического контроля.

Следующим шагом перехода к цифровой рентгенодиагностике является закупка оборудования для цифровой рентгеноскопии. Основным преимуществом цифровой рентгеноскопии является то, что цифровая запись всего исследования в память компьютера с возможностью его последующего многократного просмотра делает этот вид исследования объективным и позволяет отказаться от выполнения прицельных снимков, что, в свою очередь, дает возможность сократить время выполнения рентгеноскопии и уменьшить лучевую нагрузку на пациента [14]. Первые системы цифровой рентгеноскопии появились в 2003-2005 гг. в городах Хуст, Комсомольск и Ялта как результат дооборудования поворотных столов-штативов цифровыми приемниками «Альфа-С» (рис. 6). Полученный положительный опыт клинического применения цифровой рентгеноскопии привел к тому, что системой цифровой записи рентгеноскопических исследований стали оснащать некоторые типы рентгенодиагностических комплексов, оборудованных усилителями рентгеновского изображения (УРИ), что позволяло не только дополнительно снижать лучевую нагрузку на пациентов, но и делать исследование объективным.

Однако основной проблемой для Украины в этом направлении является то, что сегодня только треть эксплуатирующихся в стране рентгенодиагностических комплексов на 3 рабочих места оборудована УРИ. Согласно международным стандартам радиационной безопасности [15], выполнение рентгеноскопии без УРИ является необоснованным облучением паци-

ента и, соответственно, нарушением Закона Украины 15/98-вр «Про захист людини від впливу іонізуючого випромінювання». Для лучшего понимания обоснованности требования выполнения рентгеноскопии с использованием УРИ или цифрового приемника в таблице приведены лучевые нагрузки на пациентов для основных видов рентгеноскопических исследований [14]. При выполнении рентгеноскопии ОГП без УРИ пациент получает более 8,0 мЗв, ЖКТ – более 10 мЗв, при ирригоскопии – более 15,0 мЗв.

Безусловно, если для обеспечения возможности проведения рентгеноскопических исследований идти по пути закупки дорогостоящих рентгенодиагностических комплексов на 3 рабочих места, которые цивилизованные страны уже не покупают, или телеуправляемых столов-штативов, которые тоже являются оборудованием 80-х



Рис. 6. Цифровая рентгеноскопия с использованием приемника «Альфа-С»

годов прошлого века, то стране не хватит никаких средств. Однако существуют и более рациональные варианты получения оборудования для выполнения рентгеноскопических исследований с использованием цифровой технологии визуализации рентгеновских изображений:

1) закупка поворотных столов-штативов с системами цифровой визуализации;

2) капитальный ремонт находящихся в эксплуатации поворотных столов-штативов с дооборудованием их динамическими цифровыми приемниками и современными высокочастотными питающими устройствами с режимом импульсной рентгенографии.

При этом, если на закупку нового оборудования нужно будет найти более 100,0 тыс. долларов, то ремонт имеющейся рентгеновской аппаратуры обойдется почти в 2 раза дешевле практически при одинаковом конечном результате. В последнем случае в обновлении рентгенодиагностических отделений могут принимать активное участие отечественные предприятия, занимающиеся обслуживанием и ремонтом рентгеновского оборудования, что является дополнительным преимуществом данного варианта переоснащения рентгеновских кабинетов.

Таким образом, вместо двух рентгенодиагностических комплексов на 3 рабочих места и флюорографа в медицинском учреждении достаточно иметь один комплект оборудования для цифровой рентгенографии, две ЦБРС и, при необходимости, 1-3 ТРДК. Ну а в освободившемся после списания второго РДК на 3 рабочих места кабинета можно разместить оборудование для цифровой маммографии и рентгеновского томосинтеза.

Внедрение цифровой скрининговой маммографии нам необходимо, если мы действительно думаем о наших женщинах. В Украине ежегодно от рака молочной железы (РМЖ) гибнет более 8,0 тыс. женщин, что сравнимо с потерями от эпидемии туберкулеза [16].

Опыт многих стран мира показывает, что выявление рака молочной железы на ранней стадии позволяет не только снизить на 15-30% смертность от этого заболевания, но и избежать инвалидизации женщин после оперативного вмешательства.

Одним из эффективных методов выявления РМЖ на ранней стадии является маммографический скрининг, внедрение которого в Украине, как и в других небогатых странах, возможно только лишь на основе цифровых технологий из-за больших расходов на пленку и реактивы, а также необходимости иметь большое количество высококвалифицированных рентген-лаборантов и врачей.

Цифровая технология позволяет не только в 40 раз уменьшить затраты на расходные материалы, но и сократить потребности в количестве необходимого медицинского персонала за счет разнесения в пространстве и во времени процессов получения и описания маммограмм.

Таким образом, цифровая маммография позволяет не только значительно уменьшить стоимость одного исследования, но и повысить эффективность маммографических обследований. При этом следует отметить, что цифровые маммографы выпускаются и в Украине (рис. 7).

В настоящее время за рубежом все более широкое применение в клинической практике находит рентгеновский томосинтез, который в решении определенных клинических задач может заменить компьютерную томографию (КТ). В частности, за рубежом в настоящее время рассматривается вопрос о замене рентгеновским томосинтезом низкодозовой КТ для проведения скрининга рака легкого, поскольку при практически одинаковом качестве диагностической информации лучевая нагрузка на пациента уменьшается практически на порядок [17]. Появляются публикации об успешном применении томосинтеза в пульмонологии, остеологии и педиатрии [18-22]. Следует отметить, что оборудование для рентгеновского томосинтеза существенно дешевле компьютерных томографов. Учитывая этот факт, а также то, что в отличие от компьютерных томографов системы рентгеновского томосинтеза будут производиться в Украине, можно сделать однозначный вывод: они будут более доступны для отечественных медицинских учреждений.

Выводы. В условиях острого финансового дефицита переход к цифровой технологии визуализации становится необходимым условием переоснащения рентге-

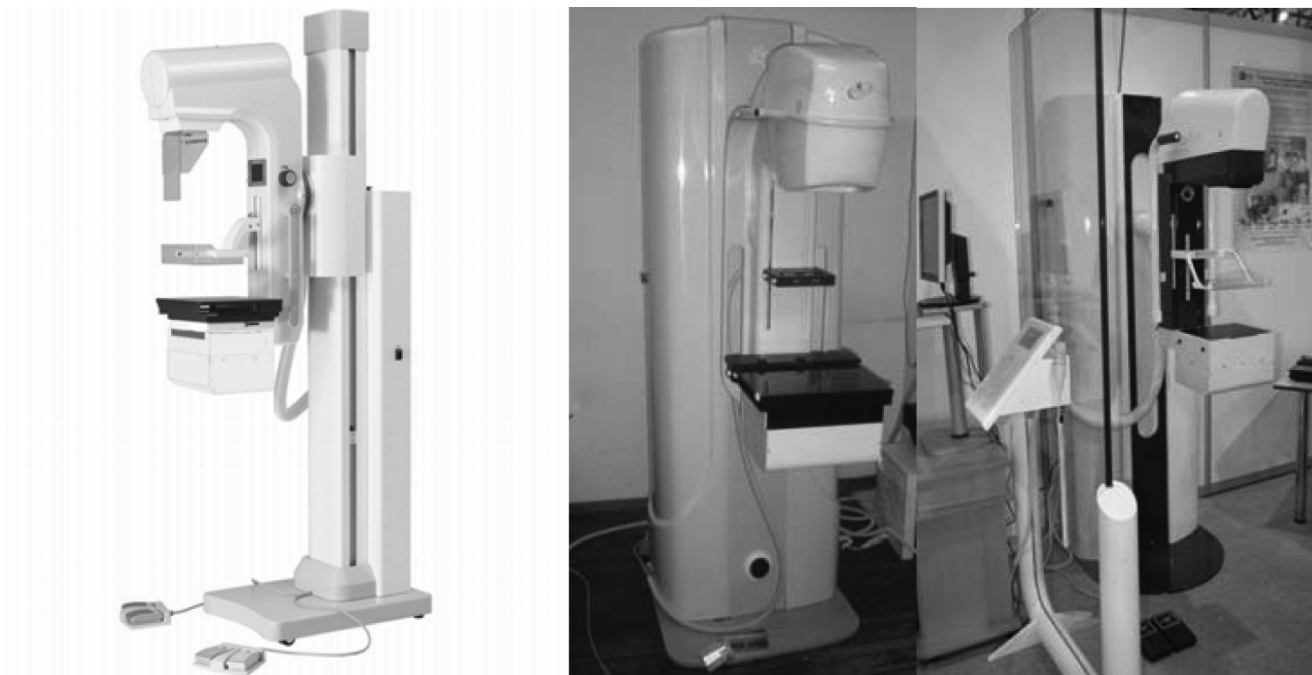


Рис. 7. Цифровые маммографы, оснащенные малодозовым приемником «Иона-М7000»

Таблица 1

Лучевые нагрузки на пациента при рентгеноскопических исследованиях

Исследование	Эффективная доза с УРИ	Эффективная доза с цифровым приемником	Эффективная доза с цифровым приемником без прицельных снимков
ОГП	3,65 мЗв tср = 180 с + 4 приц. снимка	2,74 мЗв уменьшение времени и мощности экспозиционной дозы	1,89 мЗв
ЖКТ	7,04 мЗв tср = 240 с + 4 приц. снимка	6,58 мЗв уменьшение времени и мощности экспозиционной дозы	5,34 мЗв
Ирригоскопия	6,85 мЗв tср = 300 с + 4 приц. снимка	5,34 мЗв уменьшение времени и мощности экспозиционной дозы	3,49 мЗв

новских отделений, по-скольку позволяет не только сократить расходы на рентгеновскую пленку и химические реактивы, но и уменьшить количество помещений, оборудования и персонала, которое позволяет обеспечить требуемое число рентгенологических исследований. Экономичным путем перевода рентгеновского оборудования на цифровую технологию является ка-

питальный ремонт эксплуатирующейся аппаратуры с ее дооборудованием цифровыми рентгеновскими приемниками. Рациональный подход к переоснащению рентгеновских кабинетов позволяет не только обновить оборудование и вывести их на современный технологический уровень, но и внедрить в клиническую практику новые технологии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дыкан И.Н., Коваленко Ю.Н., Медведев В.Е., Мирошниченко С.И. Основные пути снижения дозовых нагрузок при проведении рентгенологических исследований // У спец. вып. журн. "Екологічний вісник": "Антропогенно-змінене середовище України: ризики для здоров'я населення та екологічних систем"(Мат. міжнар. конф.). — К.: Чорнобильінтер-інформ. 2003. — С. 331-333.
2. Розенфельд Л.Г., Медведев В.Е., Дикан І.М., Макомела Н.М., Осадовський В.Р., Мірошниченко С.І., Коваленко Ю.М. Оцінка ефективності плівкових і цифрових способів рентгенологічних обстежень органів грудної порожнини // Променева діагностика, променева терапія. — 2003. — №1. — С. 85-88.
3. Розенфельд Л.Г., Медведев В.Е., Дикан І.М., Макомела Н.М., Осадовський В.Р., Мірошниченко С.І., Коваленко Ю.М. Концепція застосування рентгенологічних досліджень для ранньої діагностики органів грудної порожнини // Журнал практического врача. — 2003. — №1. — С.75-78.
4. Kovalenko Y.N. Comparative estimate of X-ray methods of lung imaging // Pulmonology: Supplement Abstract book of 3-rd Congress of European Region International Union against Tuberculosis and Lung Diseases. — М., 2004. — P.125.
5. Гнидь Н., Цвигун Б., Коваленко Ю. Цифровая технология как метод повышения эффективности использования флюорографа // Охорона здоров'я України. — 2004. — №3. — С.55-57.
6. Мельник В.М., Осадовський В.Р., Коваленко Ю.М. Економічні аспекти скринінгових рентгенологічних досліджень для ранньої діагностики патології органів грудної порожнини // Променева діагностика, променева терапія. — 2004. — № 4. — С.15-7.
7. Мельник В.М. Медико-економічні аспекти виявлення туберкульозу методом скринінгової флюорографії // Променева діагностика, променева терапія. — 2001. — № 4. — С. 61-63.
8. Коваленко Ю.Н., Осадовський В.Р. Применение цифровых рентгенологических исследований для ранней диагностики патологии органов грудной полости // Журнал практического лікаря. — 2001. — № 6. — С. 76-80.
9. Показники діяльності радіологічної служби України у 2008-2009 роках (Довідник) / Федько О.А., Коваленко Ю.М. — К., 2010. — 80 с.
10. Федько О.А., Коваленко Ю.М. Раціональний шлях переоснащення рентгено-діагностичних відділень лікувально-профілактичних закладів новим рентгенівським обладнанням //Радіологічний вісник. — 2009. — № 4 (33). — С. 27-31.
11. Коваленко Ю.Н., Мирошниченко С.И., Балашов С.В., Миронова Ю.А., Потрахов Н.Н., Грязнов А.Ю. Цифровая микрофокусная рентгенография: оценка возможности клинического применения // Променева діагностика, променева терапія. — 2010. — №3-4. — С.44-47.
12. Шармазанова О.П., Миронова Ю.А., Коваленко Ю.М., Балашов С.В. Діагностика пошкоджень зон росту кісток за допомогою цифрової мікрофокусної рентгенографії (експериментальне дослідження) // Український радіологічний журнал, 2013. — Том XXI, вип. №3. — С. 278-283.
13. Коваленко Ю.Н. Лучевая диагностика при травмах на первичном этапе оказания медицинской помощи: новые технические и организационные возможности // Радиология-практика, 2013. — №4. — С. 83-90.
14. Коваленко Ю.Н., Мирошниченко С.И., Чижевский В.А. Роль цифровых технологий в снижении радиационных рисков в рентгенодиагностике // Радіологічний вісник. — 2009. — № 2. — С.28-30.
15. IAEA (1996) Basic safety standards: safety for protection against ionising radiation and for the safety of radiation sources. Safety Series no. 115, 1996.
16. Коваленко Ю.Н., Мирошниченко С.И. Возможности оптимизации структуры рентгенологической службы при переходе к цифровой технологии визуализации рентгеновских изображений// Променева діагностика, променева терапія. — 2012. — № 4 — С. 65-68.
17. Коваленко Ю.Н., Корчинская А.Г., Миронова Ю.А. Применение компьютерной томографии для скрининга рака легкого: обсуждение американского и европейского опыта // Радіологічний вісник. — 2014. — № 2 (51). — С. 10-13.
18. Dobbins J.T., Page H. McAdams Chest Tomosynthesis: Technical Principles and Clinical Update // Eur J Radiol. — 2009. November, 72(2). — P. 244-251.
19. Sone S, Kasuga T, Sakai F, Hirano H, Kubo K, Morimoto M, Takemura K, Hosoba M. Chest imaging with dual-energy subtraction digital tomosynthesis // Acta Radiol. — 1993, Jul, 34(4). — P. 346-350.
20. Hayashi D, Xu L, Roemer FW, Hunter DJ, Li L, Katur AM, Guermazi A. Detection of osteophytes and subchondral cysts in the knee with use of tomosynthesis // Radiology. — 2012, Apr, 263(1). — P. 206-215.
21. Canella C, Philippe P, Pansini V, Salleron J, Flipo RM., Cotten A. Use of tomosynthesis for erosion evaluation in rheumatoid arthritic hands and wrists// Radiology. — 2011, Jan, 258(1). — P.199-205.
22. Боголепова Н.Н., Ростовцев Н.Н. Опыт использования томосинтеза в детском лечебном учреждении // Медицинская визуализация. — 2010. — №2. — С. 67-72.

Коваленко Ю.Н., Мирошниченко С.И. Предложения по рациональному переоснащению рентгеновских отделений в условиях острого дефицита финансовых ресурсов// Медицинский рынок. — 2014, осень. — С. 8-14.

ЦИФРОВЫЕ РЕНТГЕНОВСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОМОГАЮТ СПАСАТЬ ЖИЗНЬ РАНЕНЫМ БОЙЦАМ

А.А. Носов, С.И. Мирошниченко, Ю.Н. Коваленко,
г. Киев

Вот уже более пятнадцати лет Центр рентгеновских технологий Ассоциации радиологов Украины обращает внимание на необходимость ускорения перехода к цифровой технологии визуализации рентгеновских изображений в клинической практике [1-6]. И это связано не только с тем, что при этом экономится валюта, которая ежегодно в размере более 50.0 миллионов долларов США расходуется на закупку рентгеновской пленки и реактивов, и рабочее время персонала рентгеновских отделений, уменьшается количество необходимых для них помещений, сокращаются коммунальные платежи, что в нынешних условиях приобретает особую актуальность.

Экономические преимущества цифровой рентгенодиагностики — не самое главное. Быстрая (в течение секунд) визуализация диагностических изображений, возможность программной автоматической оптимизации их качества делают сегодня цифровую рентгенографию самым оперативным объективным методом диагностики, что позволяет ее использовать для контроля над проведением операций [7, 8]. А ненужность фотолабораторий и невысокая потребляемая мощность от сети питания предоставляют возможность использования легких рентгено-графических комплексов как в стационарных, так и в полевых условиях [8-10].

Безусловно, сложнее доказать клинические преимущества цифровой рентгенодиагностики, хотя вряд ли сегодня можно возражать против того, что замена пленочной флюорографии цифровой рентгенографией позволила бы более эффективно и своевременно выявлять патологию легких при меньшем лучевом облучении обследуемых, что оказало положительное влияние на жизнь и здоровье населения [1-3]. Но даже в сравнении с традиционной рентгенографией цифровая технология имеет преимущества благодаря скорости получения диагностической информации и уменьшению влияния

субъективного фактора на ее качество, что в определенных ситуациях помогает спасать жизни пациентам. Об одной из таких ситуаций пойдет речь в этом материале.

В связи с ужесточением боевых действий на севере Луганской области Восточной Украины и непосредственным приближением линии фронта (как следствие резкое возрастание количества раненых) в середине июня этого года на базе городской больницы г. Счастья был развернут оперативно-функционирующий военно-полевой госпиталь для приема военных и пострадавшего мирного населения. Его основной задачей были сортировка поступающих раненых и оказание им первичной квалифицированной специализированной медицинской помощи.

До 80% поступающих в госпиталь раненых имели минно-взрывные (осколочные) ранения и другие травматические повреждения и нуждались в рентгенологической помощи. Рентгенологические исследования в госпитале выполнялись в рентгеновском отделении, в приемном отделении и операционной. Для их проведения использовались 2 стационарных рентгенодиагностических комплекса и один палатный аппарат типа «Арман», которые были выпущены еще в прошлом тысячелетии (рис.1).

До конца лета в госпитале использовалась пленочная технология визуализации рентгеновских изображений. Рентгеновские пленки обрабатывались в проявочных баках, поэтому время получения рентгенограмм составляло от 10 до 20 минут. Из-за экстремальных условий работы количество снимков низкого качества доходило в отдельные дни до 50%. Из-за больших временных затрат на получение рентгенограмм и значительного количества бракованных снимков почти третья часть раненых бойцов не получала рентгенологической помощи. Так, из 124 раненых, поступивших в августе в госпиталь, рентгенологическую помощь не полу-



Рис. 1. Рентгеновое оборудование полевого госпиталя

чали 38 человек (31%). Хирургическая помощь была оказана только 74 бойцам (60%), из которых 30 были выписаны, а 44 – эвакуированы в плановом порядке в медицинские учреждения более высокого уровня.

По разным причинам, в т.ч. из-за высокого риска хирургического вмешательства вследствие недостаточных диагностических данных, 48 бойцам хирургическая помощь не оказывалась. Из них умерло 12 человек. Двум раненым оказать помощь в условиях полевого госпиталя было невозможно, и они экстренно были отправлены в окружной госпиталь.

Эффективность оказания медицинской помощи раненым бойцам в госпитале существенно повысилась после передачи ему в последних числах августа НПО «Телеоптик» цифрового рентгеновского приемника «Иона-Р4000», установленного на мобильной стойке S-30Ц (рис. 2), что позволило с началом осени использовать цифровую технологию визуализации рентгеновских изображений при проведении рентгенологических исследований. Это, в частности, дало возможность обследовать раненых, находящихся в бессознательном состоянии, которые составляли до 10% от общего количества пациентов. Позитивные изменения в работе госпиталя наглядно демонстрируют результаты оказания им медицинской помощи раненым в сентябре, когда в госпиталь поступило 146 раненых.

Если в августе было сделано 184 рентгенограммы, то в сентябре количество цифровых рентгеновских изображений возросло

почти на порядок (1384). При этом только 2 пациента (1%) не получили рентгенологическую помощь и были отправлены в окружной госпиталь без обследования. Это удалось достигнуть благодаря двум факторам: снимки оператор получал в течение 10-15 с (рис. 3), и даже если качество снимка его не устраивало, он имел возможность его быстро переделать. Но благодаря применению в цифровом приемнике программного обеспечения для оптимизации качества изображений такие случаи возникали редко, поскольку получаемые цифровые рентгеновские изображения позволяли решать клинические задачи (рис. 4).

Однако главное в том, что кардинально изменилась эффективность работы госпиталя: хирургическая помощь была оказана 139 раненым (95%), после чего они вернулись в строй либо были эвакуированы в высокоспециализированные лечебные учреждения, т.е. не только диагностическая, но и лечебная помощь была оказана практически всем пациентам. При этом если в августе вернулось в строй 30 бойцов, что составило 41% от тех, кому была оказана хирургическая помощь, то в сентябре эти показатели составили, соответственно, 97 и 70%. В 3 раза снизилась внутригоспитальная смертность пациентов: в августе умерло 12 человек (10%), в сентябре – 5 (3%).

И эти показатели достигнуты при условии, что источниками рентгеновского излучения были аппараты прошлого тысячелетия! Это еще раз подчеркивает правильность того,



Рис. 2. Монтаж и настройка цифрового приемника в госпитале



Рис. 3. Проведение цифровой рентгенографии раненому бойцу

что в современных условиях, когда в стране дефицит финансовых ресурсов, наиболее рациональным путем переоснащения рентгеновских отделений является капитальный ремонт оборудования с дооснащением его современными цифровыми приемниками. А применение в операционных палатных аппаратах вместе с цифровыми приемниками, установленными на мобильных стойках, позволяющих оперативно выполнять цифровую рентгенографию в двух проекциях, – это экономичная альтернатива хирургическим рентгеновским аппаратам с С-дугой.

Учитывая опыт применения цифровой рентгенодиагностики в госпитале г. Счастье руководство Ассоциации радиологов Украины обратилось к правительству с просьбой закупить цифровые приемники с мобильными стойками для госпиталей в районе боевых действий. Будем надеяться, что если не правительство, то волонтеры, обеспечивающие нашу армию, как это было в случае с госпиталем в г. Счастье, обратят внимание на технологию, помогающую спасти жизнь раненым бойцам.

ЛИТЕРАТУРА

1. Демин В.Т., Коваленко Ю.Н., Мирошниченко С.И., Полежаев В.Г. Лучевая диагностика в Украине // Медицина Украины. – 1995. – № 3. – С. 39-42.
2. Мирошниченко С.И., Коваленко Ю.Н. Пути обновления рентгенодиагностического оборудования в Украине: предложения АО “Телеоптик” по модернизации отделений лучевой диагностики // Медицинские вести. – 1998. – № 3. – С.14-15.
3. Обґрунтування необхідності створення національної програми розвитку променевої діагностики в Україні / Бабій Я.С.(ред.), Девко В.Ф., Дьомін В.Т., Коваленко Ю.М., Лазар А.П., Медведєв В.Є., Мечев Д.С., Мірошниченко С.І., Сінюта Б.Ф., Соломка В.О. – К.: Медицина України, 1999. – 56 с.
4. Розенфельд Л.Г., Медведєв В.Є., Дыкан И.М., Девко В.Ф., Мирошниченко С.И., Коваленко Ю.Н. Организационные основы цифровой рентгенодиагностики в Украине: проблемы и перспективы их решения // Охорона здоров'я України. – 2004. — № 4. – С. 46-49.



Рис. 4. Примеры цифровых рентгенограмм

- а — Проникающее осколочное ранение грудной и брюшной полости с поражением печени;
- б — Множественное осколочное ранение левой голени;
- в — Множественные проникающие осколочные ранения брюшной полости, малого таза и мягких тканей левого бедра;
- г — Осколочное ранение правого плеча;
- д — Осколочное ранение н/з правой голени (ребенок)

5. Федько О.А., Коваленко Ю.М. Раціональний шлях переоснащення рентгенодіагностичних відділень лікувально-профілактичних закладів новим рентгенівським обладнанням // *Радіологічний вісник*. — 2009. — № 4(33). — С. 27-30.
6. Коваленко Ю.Н., Мирошніченко С.И. Возможности оптимизации структуры рентгенологической службы при переходе к цифровой технологии визуализации рентгеновских изображений // *Променева діагностика, променева терапія*. — 2012. — № 4 — С. 65-68.
7. Sudakevich V., Kovalenko Y., Miroshnichenko S., Nev-gasimy A., Balashov S. Digital Radiographic Complexes for Traumatological Department // *2nd International Conference on Nanotechnologies and Biomedical Engineering. German — Moldovan Workshop on Novel Nanomaterials for Electronic, Photonic and Biomedical Applications, Chisinau, April 18-20, 2013: Proceedings / Resp. for ed. Serghei Railean. — Chisinau: S.n., 2013 (Tipogr. ASM). — P. 643-644.*
8. Коваленко Ю.Н. Лучевая диагностика при травмах на первичном этапе оказания медицинской помощи: новые технические и организационные возможности // *Радиология-практика*. — 2013. — № 4. — С. 83-90.
9. Коваленко Ю.Н., Цвигун Г.В. Возимые легкие цифровые рентгенодиагностические комплексы // *В сб.: Невский радиологический форум — 2009. — Санкт-Петербург, 2009. — С. 264-265.*
10. Коваленко Ю.Н., Цвигун Г.В. Легкие телерентгено-диагностические комплексы: новые возможности в проведении рентгенологических исследований // *В сб.: Променева діагностика, променева терапія. Матеріали Українського конгресу радіологів УКР–2009. — К., 2009. — С. 213-214.*

Носов А.А., Мирошніченко С.И., Коваленко Ю.М. Цифровые рентгеновские технологии помогают спасти жизнь раненым бойцам // *Радіологічний вісник*. — 2014. — №3 — с. 9-12.

IMPROVEMENT OF PEDIATRIC DIAGNOSTIC IMAGING DUE TO APPLICATION OF DIGITAL MICROFOCUS RADIOGRAPHY

Iuliia Myronova¹, Yuriy Kovalenko²

¹ KRU KTMO , Simferopol, Ukraine

² National Medical Academy of Postgraduate Education named after P.L. Shupyk , Kyiv, Ukraine

Aim. Pediatric patients differ significantly from each other as by the geometric dimensions as well as by the density of the structures. Bone structures in infants are not totally formed, the geometric dimensions of objects are small what requires high contrast and spatial resolution of the X-ray images. The aim of the work is to evaluate the diagnostic capabilities of a digital microfocus radiography in pediatrics.

Materials and methods. The results of clinical application of digital microfocus X-ray system in a children's emergency hospital are presented. More than 150 children aged from 1 to 17 years were examined. The examinations were performed using the zoom mode from 1.0 to 2.0.

The composition of microfocus X-ray system includes an X-ray source (output power up to 50 W, focal spot size less than 50 microns), X-ray universal tripod to perform examinations in the zoom mode, and digital receiver (the size of the working field is 25x30 cm, resolution is 4.0 p.l/ mm).

Results. Various fractures of the upper extremities were identified in 109 (72.6%) examined patients. Damages of physeal zones were detected in 38 (34.8%) patients due to the peculiarities of microfocus radiography. Visualization of the growth zone fracture presents as an enlightenment line on the verge of ossifi-

cated & non-neossificated tissues which is not determined by conventional radiography, explains physical and technical characteristics of microfocus X-ray, primarily an increase of the receiver resolution in zoom mode (the effect of increasing the depth of field). It should be noted that this sign determined in different types of physeal zone damages without displacement which is a certain difficulty in diagnostics using conventional or digital radiography, i.e. the use of digital X-ray microfocus allows to objectify damages of physeal zones without displacement. In addition, with the help of digital microfocus radiography additional information was received at the "missed" fractures with damage of single bone trabeculaes, the diagnostics of which also causes difficulties on convention or digital X-ray images.

Conclusions. Using digital X-ray microfocus radiography allows to objectify the damages of physeal zones and improve the detection of "missed" fractures, what avoid hyper- or underdiagnostics of such injuries in a timely manner to establish the diagnosis and to carry out the appropriate treatment of these patients. Consumption of digital X-ray equipment energy is reduced in the ten or more times and radiation load on patients and staff is also reduced.

Myronova Iuliia, Kovalenko Yuriy Improvement of pediatric diagnostic imaging due to application of digital microfocus radiography// Book of Abstracts [Elektronski izvor] / Third International Conference on Radiation and Applications in Various Fields of Research, RAD 2015, June 8-12, 2015, Budva, Montenegro – p.65

IMPORTANCE OF DIGITAL RADIOGRAPHY WHEN RENDERING URGENT SURGICAL AID IN THE CONDITIONS OF MILITARY FIELD HOSPITAL

A. Nosov, Y. Kovalenko; Kiew/UA

This poster is published under an open license.

Please read the disclaimer for further details.

Aims and objectives

A film radiographic diagnostics was used initially in military field hospital after its deployment in the area of combat operations, that restricted its possibilities on rendering both radiological, and urgent surgical help to incoming wounded men. The situation has cardinally changed after the hospital passed to digital radiodiagnosis. The purpose of the work is to demonstrate the role of digital radiography in rendering urgent surgical aid in the conditions of military field hospital.

Methods and materials

The comparative analysis of 2 months of provision of urgent surgical aid is performed in the work. Within the first month, when film radiology diagnosis was still used in the hospital (time of obtaining an image made 10-20 minutes, 50% of resulting pictures were of poor quality), 124 wounded men were received.

In the second month when a digital detector was already used in the hospital (time of digital image production not exceeding 15 sec., spatial resolution of the digital detector making 4.0 lp/mm, the number of poor quality images under 10 %), 146 wounded men were received in the hospital.

Also mobile digital detector in tandem with a mobile X-ray and X-ray transparent surgical table, enabled instant intraoperative radiological control (Fig. 1,2).

Results

In the first month surgeries were made to 74 wounded persons (60 %) after which 30 patients (41 %) have been discharged, and 44 (59 %) – routinely evacuated to tertiary care units. For various reasons 48 wounded men (39 %) were not provided with surgical intervention, including due to high risk of surgical intervention owing to insufficient diagnostics.

For 2 wounded men (1 %) the conditions of the military field hospital were not sufficient to



Fig. 1: One of the operating rooms in a temporarily functioning military field hospital.

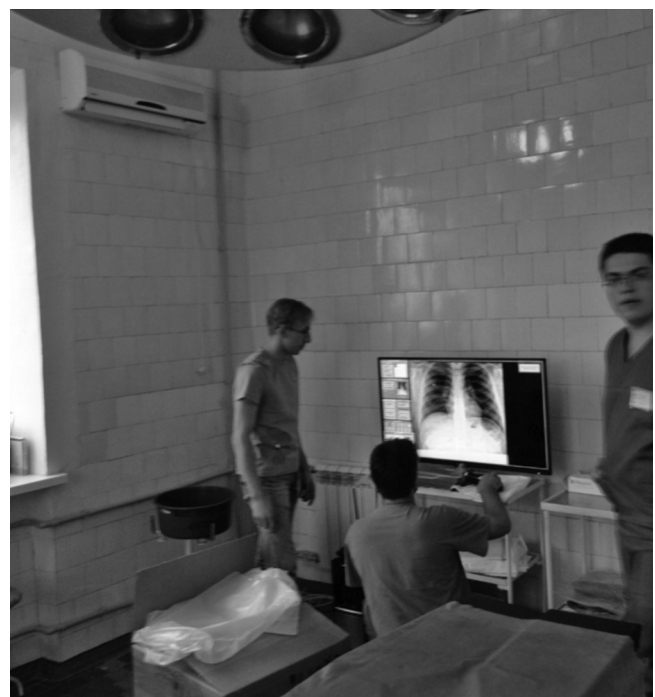


Fig. 2: Operating room for intervention under X-ray control.

provide them with due aid. 12 wounded died (10 %).

In the second month the surgical aid has been rendered to 139 wounded men (95 %) after which 97 patients (70 %) have been discharged from hospital, and 42 (29 %) — routinely evacuated to tertiary care units. For a variety of reasons 5 wounded men (3 %) were not aided surgically, and died. For 3 wounded men (2 %) the conditions of the military field hospital were not sufficient to provide them with due aid.



Fig. 3: Multiple shrapnel wounds of soft tissues of the left foot and the left tibia (digital X-ray).



Fig. 4: Multiple shrapnel wounds of soft tissues of the left foot and the left tibia (photo in a field hospital radiology department).

Clinico-radiographic examples of using digital radiology in the radiology department and the operating room in a field hospital (Fig. 3-6).

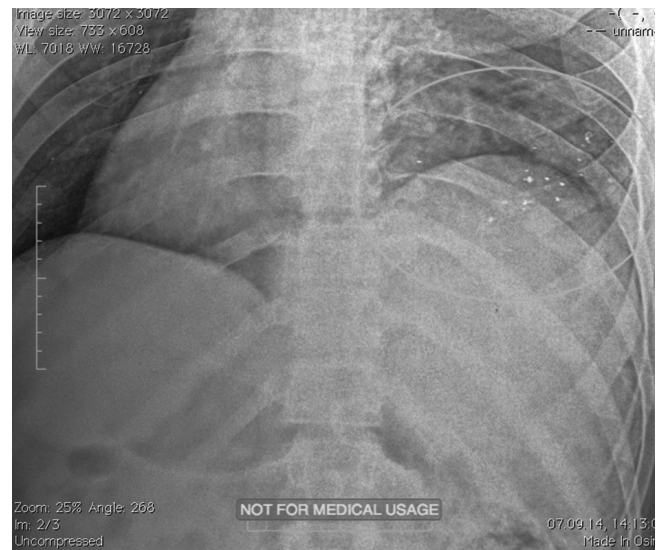


Fig. 5: Multiple shrapnel wounds of the right half of the abdomen and right hemithorax with the affected lung and liver (digital X-ray).

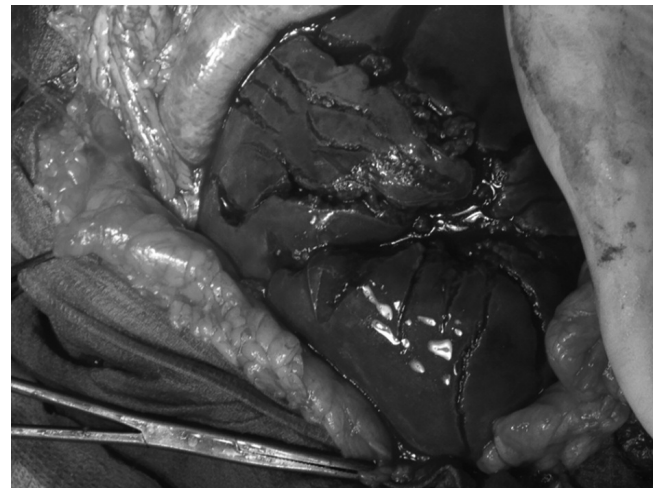


Fig. 6: Multiple shrapnel wounds of the right half of the abdomen and right hemithorax with the affected lung and liver (photo in the operating room of a field hospital).

Conclusion

Use of digital radiography in the military field hospital allowed rendering surgical help practically all (95%) of wounded. Thus the number of patients transferred to other care units, decreased practically by 2 times. In-hospital mortality decreased by 3 times.

Nosov A., Kovalenko Y. Importance of digital radiography when rendering urgent surgical aid in the conditions of military field hospital// DOI:10.1594/ecr2015/C-1723//DOI-Link: <http://dx.doi.org/10.1594/ecr2015/C-1723>

ТЕЛЕМЕДИЧНИЙ СЕРВЕР ЯК НЕОБХІДНИЙ АТРИБУТ СУЧАСНОГО РЕНТГЕНОЛОГІЧНОГО ВІДДІЛЕННЯ

Балашов С.В., Коваленко Ю.М.

Національний авіаційний університет, м. Київ, Україна

Національна медична академія післядипломної освіти ім. П.Л. Шупика,

м. Київ, Україна

На поточний час в Україні працює приблизно 1000 рентгенодіагностичних систем, оснащених приймачами «Альфа» та «Іона», де автоматизоване робоче місце (АРМ) оператора являє собою міні-PACS (Picture Archiving and Communication System — систему передачі та архівації зображень), яка дозволяє отримувати зображення з цифрового приймача, зберігати базу даних та самі зображення, забезпечити доступ та обробку зображень з переглядової станції лікаря-рентгенолога або з переглядових станцій лікарів-спеціалістів. На базі такої міні-PACS можна будувати закриту радіологічну мережу в межах однієї лікарні. За 15 років, які минули з початку впровадження цифрових рентгенівських систем в Україні, помітно змінилася ситуація з інформаційними технологіями (ІТ-технологіями) як у державі, так і в медичних закладах. З'явилась можливість побудувати велику розподілену медичну інформаційну мережу, яка дозволить більш ефективно зберігати та використовувати діагностичну інформацію.

Мета роботи — запропонувати варіант підключення кабінетів цифрової рентгенодіагностики до зовнішніх інформаційних мереж з метою ефективного використання ними можливостей сучасних ІТ-технологій.

Матеріали та методи. У роботі на підставі аналізу можливостей розгортання закритих радіологічних мереж, які використовують приймачі «Альфа» або «Іона», методів доступу до баз даних та архівування знімків обґрунтовується необхідність наявності проміжного пристрою для підключення до зовнішніх інформаційних мереж, роль якого може виконати телемедичний (DICOM) сервер, який не тільки забезпечить дозвільний доступ до бази діагностичної інформації ззовні, але й одночасно зберігатиме базу даних цифрової рентгенодіагностичної системи (РДС), а за необхідності іншого радіологічного обладнання.

Результати та обговорення. Цифрові рентгенодіагностичні системи мають один інформаційний вузол, яким є АРМ оператора, через який проходять всі потоки інформації. Саме через АРМ оператора отримується діагностична інформація при виконанні рентгенологічних досліджень, на ньому зберігається база даних, тому всі запити ззовні на отримання результатів якихось досліджень також замикаються на ньому. Із збільшенням обсягів діагностичної інформації, а також кількості звернень до електронних архівів суттєво збільшується час, який персонал витрачає на виконання рутинних операцій її пошуку, копіювання та передачі іншим спеціалістам та пацієнтам, що відволікає його від виконання основних обов'язків та знижує продуктивність роботи кабінету рентгенодіагностики. Крім того, захист бази даних та її резервне копіювання здійснюється в межах системного блоку АРМ оператора. Тому у разі серйозного пошкодження цього блоку або його крадіжки є ризик втрати бази даних. Доступ до бази даних є тільки у часи роботи цифрового рентгенівського обладнання. Ключова роль АРМ оператора у роботі цифрової РДС не дозволяє підключати його до телекомунікаційних мереж, що збільшило ризики його зовнішнього пошкодження. Все це обумовлює необхідність наявності додаткового пристрою для обслуговування зовнішніх запитів на отримання діагностичної інформації. Цей пристрій також має взяти на себе ще й функції другого інформаційного вузла для розвантаження АРМ оператора. Встановлення у рентгенологічному відділенні телемедичного (DICOM) сервера дозволяє не тільки мати оперативну копію бази даних із можливістю дозвільного зовнішнього доступу до неї у будь-який час доби, але й автоматично шифрувати діагностичну інформацію,

формувати її у пакети даних, які передаються для зберігання у зовнішні дата-центри («хмари»), що мінімізує втрати робочого часу персоналу рентгенологічних відділень на виконання не властивих їм функцій та дозволяє залучити до професійного зберігання та керування вторинною передачею діагностичної інформації зовнішніх ІТ-компаній. При цьому сервера можуть виконувати як функції зберігання, так і функції керування базою чи базами даних для декількох цифрових систем рентгенологічного відділення або відділення функціональної діагностики.

Висновки. Швидке зростання обсягів діагностичної інформації в кабінетах цифрової рентгенодіагностики обумовлює необхідність розвантаження АРМ оператора як інформаційного вузла. Оснащення рентгенологічних відділень телемедициними серверами вирішує питання поєднання всіх цифрових РДС медичного закладу в єдину мережу, формує надійний центр збереження та актуального цілодобового дозвольного доступу до діагностичної інформації ззовні. Але вкрай необхідним атрибутом рентгенологічного відділення телемедициний сервер стає при передачі функцій зберігання та вторинного керування діагностичною інформацією зовнішнім ІТ-компаніям.

Балашов С.В., Коваленко Ю.М. Телемедицинский сервер как необходимый атрибут современного рентгенологического отделения/ Матеріали Конгресу "Радіологія в Україні-2015" (тези та короткі повідомлення)// Радіологічний вісник. – 2015.– №1-2 – с. 67.

МОДЕРНІЗАЦІЯ РЕНТГЕНІВСЬКОГО ОБЛАДНАННЯ ЯК ПРИКЛАД ЕФЕКТИВНОГО ВИКОРИСТАННЯ КОШТІВ НА ОНОВЛЕННЯ МАТЕРІАЛЬНО-ТЕХНІЧНОЇ БАЗИ РЕНТГЕНОДІАГНОСТИКИ

Балашов С.В.¹, Коваленко Ю.М.², Мірошніченко С.І.

¹Національний авіаційний університет, м. Київ

²Національна медична академія післядипломної освіти ім. П.Л. Шупика, м. Київ

Вступ: На сьогодні в медичних закладах України знаходиться понад 10.0 тисяч одиниць рентгенівського обладнання, яке виробило свій технічний ресурс. До того ж майже 50% обладнання, що офіційно належить рентгенівському відділенню, знаходиться в несправному стані або частково виконує свої функції. Наприклад, на рентгенодіагностичному комплексі на 3 робочі місця можна виконувати тільки рентгенографічні дослідження. Є непоодинокі випадки, коли в такому комплексі взагалі використовуються тільки стіл та стійка знімків, а дослідження проводяться за допомогою палатного рентгенівського апарата. При цьому щорічно оновлюється менше ніж 100 одиниць рентгенівського обладнання. За таких умов вже через кілька років майже 100% рентгенівських апаратів у медичних закладах будуть із виробленим технічним ресурсом.

Мета роботи. Показати ефективність та технологічну цінність принципів модернізації рентгенівського обладнання на основі новітніх технологій, а також економічні переваги цього шляху оновлення матеріально-технічної бази рентгенодіагностики.

Матеріали та методи. У роботі використано 15-річний досвід компанії «Телеоптик» з переведення на цифрову технологію рентгенівського обладнання та проведено порівняльний аналіз цього напрямку оновлення матеріально-технічної бази рентгенівських відділень із закупівлею аналогічного нової рентгенівської апаратури.

Обговорення. Перші проекти з модернізації рентгенівського обладнання було проведено у 1999-2005 роках, коли на десятках працюючих флюорографах флюорокамери замінили цифровими приймачами «Альфа-В», а на стійки знімків рентгенодіагностичних комплексів встановили цифрові приймачі

«Альфа-Р» виробництва компанії «Телеоптик» (Київ). На кількох поворотних столах-штативах тоді встановили цифрові приймачі для рентгеноскопії «Альфа-С1100». На більшій частині переведеного на цифрову технологію рентгенівського обладнання було також встановлено нові середньо- та високочастотні пристрої живлення, рентгенівські трубки та високовольтні кабелі. На сьогодні працює понад 80% модернізованого на початку століття обладнання, хоча модернізація передбачає подовження технічного ресурсу лише на 5 років. На модернізованому обладнанні виконано мільйони рентгенологічних досліджень, що дозволило заощадити на рентгенівській плівці та реактивах значно більше коштів, ніж було витрачено на модернізацію обладнання. Переведення на цифрову технологію одного флюорографа дозволяє в середньому заощаджувати на витратних матеріалах щорічно 1.5-2.0 тисячі доларів, а рентгенодіагностичного комплексу – 3.0-4.0 тисячі доларів. А враховуючи те, що на модернізацію рентгенівського обладнання було витрачено як найменше на третину менше коштів, ніж на закупівлю нової аналогічної апаратури, можна впевнено говорити про більшу ефективність інвестицій у модернізацію, ніж у закупівлю нового обладнання. Сьогодні різниця у вартості нового та модернізованого обладнання сягає вже 50%, тобто ефективність використання цього шляху оновлення матеріально-технічної бази рентгенодіагностики стає ще більшою.

Наприклад, для закупівлі нового цифрового флюорографа необхідно близько 50.0 тисяч доларів, цифрового рентгенівського апарата для рентгенографії – близько 100.0 тисяч доларів, телекерованого стола-штатива для цифрової рентгенографії та рентгеноскопії – понад 150.0 тисяч доларів, тоді час як

модернізація обладнання, що знаходиться в експлуатації, потребує значно менших вкладень. Розрахунки показують, що дообладнання рентгенографічного апарата цифровим приймачем потребує близько 20.0 тисяч доларів, а дообладнання поворотного стола-штатива динамічним цифровим приймачем – близько 30.0 тисяч доларів. Навіть глибока модернізація рентгенографічного апарата із заміною всієї рентгенівської частини та схем керування штативами потребує менше коштів, ніж закупівля нового цифрового флюорографа. Якщо при закупівлі нового рентгенодіагностичного обладнання в нову цифрову технологію візуалізації інвестується 20% від загальної суми вкладених коштів, то при дообладнанні апаратів, що експлуатуються цифровими приймачами, цей показник перевищує 80%. Крім того, модернізацію можна виконувати поетапно. Її проводять українські підприємства, і тому все модернізоване обладнання забезпечується

технічним супроводженням на весь час експлуатації на відміну від більшої частини нового імпортного обладнання.

На сьогодні в Україні налагоджене виробництво сучасних динамічних цифрових рентгенівських приймачів, які дозволяють записувати динамічні процеси навіть із використанням штативних пристроїв для рентгенографії. Їх використання разом із сучасними височастотними пристроями живлення з режимом імпульсної скопії та накопичувачами електричної енергії дозволяє по-новому підійти до оснащення рентгенівських кабінетів.

Висновки. Таким чином, в умовах обмеженого фінансування модернізація працюючого рентгенівського обладнання на основі новітніх цифрових технологій є найбільш ефективним шляхом оновлення матеріально-технічної бази рентгенодіагностики, який дозволяє вивести її на сучасний рівень і надає можливість рентгенологам використовувати у роботі телерадіологію.

Балашов С.В., Коваленко Ю.М., Мірошніченко С.І. Модернізація рентгенівського обладнання як приклад ефективного використання коштів на оновлення матеріально-технічної бази рентгенодіагностики/ Наукові матеріали IV Національного конгресу з міжнародною участю "Радіологія в Україні", м. Київ, 23-25 березня 2016 р.// Радіологічний вісник. – 2016. – №1-2 – с. 55-56.

ВИКОРИСТАННЯ ВІДДАЛЕНИХ СЕРВЕРІВ ДЛЯ ЗБЕРІГАННЯ ДІАГНОСТИЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ ТА ТЕЛЕРАДІОЛОГІЇ

Коваленко Ю.М.¹, Балашов С.В.¹, Кузнєцов О.В.²

¹Національна медична академія післядипломної освіти ім. П.Л. Шупика, м. Київ

²Національний авіаційний університет, м. Київ

Вступ. За останні п'ятнадцять років кількість радіологічних досліджень в Україні збільшилася більше як у 1,5 рази, а кількість діагностичної інформації – в кілька разів за рахунок впровадження в клінічну практику нового високоінформативного радіологічного обладнання. Щорічно в країні виконується близько 30.0 млн рентгенологічних досліджень, понад 20 млн профілактичних флюорографій, понад 800.0 тисяч мамографій, близько 1.0 млн комп'ютерних та 500.0 тисяч магнітно-резонансних томографій, понад 30.0 млн ультразвукових досліджень та близько 700 тис. радіонуклідних досліджень. На одного радіолога сьогодні припадає понад 3 одиниці радіологічного обладнання. Річне навантаження на радіологічне обладнання в різних медичних закладах відрізняється в кілька разів. Більша частина діагностичної інформації після проведення радіологічних досліджень на аналоговому обладнанні втрачається. Проте через недосконалість електронних архівів та їх обмежену ємність значна кількість діагностичної інформації втрачається і при проведенні радіологічних досліджень на цифровому обладнанні. Крім того, сьогодні медичні заклади значні кошти витрачають на утримання аналогових архівів, радіологи витрачають значний час на пошук необхідної інформації та підготовку звітності, а пацієнти – на отримання додаткових консультацій.

Мета. Підвищити ефективність використання діагностичної інформації, отриманої при проведенні радіологічних досліджень, за рахунок удосконалення системи її зберігання та передачі з використанням сучасних інформаційних технологій.

Матеріал та методи. У роботі використано досвід використання інформаційних систем при експлуатації рентгенівського обладнання цифрових рентгенівських приймачів «Альфа» та «Іона», а також наведено результати дослідних робіт з впровадження

телерадіологічного сервісу, проведених спільно компанією «Телеоптик» з групою компаній «Інтелект-Сервіс».

Результати досліджень та їх обговорення. Очевидно, що ефективно збереження та управління діагностичною інформацією можливе лише в електронному вигляді. Проте розрахунки показують, що якщо всі радіологічні дослідження виконуватимуться за допомогою цифрової технології візуалізації, то щорічно в країні створюватиметься кілька десятків петабайт діагностичної інформації. Управління таким обсягом інформації потребує високоякісного системного адміністрування та розподіленої інформаційної системи зберігання та передачі зображень. Було проведено дослідження щодо передачі діагностичних зображень на віддалені сервери компаній «Телеоптик» та «Інтелект-Сервіс» по закритих каналах зв'язку з подальшим її переглядом через DICOM-переглядач з різних комп'ютерів. Доступ до зображень надавався за допомогою спеціального паролю, який надавався через онлайн сервіс «Твій час». Таким паролем може бути цифровий підпис, отриманий пацієнтом. Доступ до знімків, які зберігаються на віддаленому сервері, мають також рентгенологи медичного закладу, де виконувалися радіологічні дослідження, за допомогою цифрового підпису, отриманого на радіологічне відділення медичного закладу. Нині такий підпис отримано двома медичними закладами м. Комсомольськ і йде дослідна експлуатація сервісу.

На стадії розробки знаходиться інтерфейс сайту «Телерадіологія в Україні», за допомогою якого провадитимуться телеконсультації. Сайт взаємодіє з онлайн сервісом «Твій час», з якого приходить запит на консультацію, за допомогою якого надається доступ консультанту до електронної бази даних пацієнта і проводяться фінансові розрахунки за послуги, що надаються на сайті «Телерадіологія

в Україні». Основними завданнями останнього є надання можливості радіологам дистанційного опису результатів радіологічних досліджень як у закладі, де він працює, за умови укладання договору на послуги віддаленого зберігання діагностичної інформації, так і особисто в режимі «Друга думка» за умови реєстрації на сайті та надходження до нього запиту на телеконсультацію.

Висновки. Таким чином, зберігання діагностичної інформації дозволить медичним закладам захистити бази даних від випадко-

вого знищення, більш ефективно використувати наявні кадри радіологів та залучати до роботи у себе найкращих спеціалістів. Крім того, персонал радіологічного відділення буде звільнений від необхідності результатів досліджень на переносні носії. Відповідно, пацієнт буде захищений від втрати результатів проведених йому радіологічних досліджень. Крім того, у нього з'явиться можливість отримати консультацію в інших спеціалістів без виїзду безпосередньо до них.

Коваленко Ю.М., Балашов С.В., Кузнєцов О.В. Використання віддалених серверів для зберігання діагностичної інформації та телерадіології/ Наукові матеріали IV Національного конгресу з міжнародною участю "Радіологія в Україні", м. Київ, 23-25 березня 2016 р.// Радіологічний вісник. – 2016.– №1-2 – с. 74-75.

ПРОМЕНЕВА ДІАГНОСТИКА В УКРАЇНІ НА РІВНІ ХХІ СТОРІЧЧЯ – РЕАЛІЇ І МОЖЛИВОСТІ

С.І. Мірошніченко¹, С.В. Балашов¹, Ю.М. Коваленко²

¹Національний авіаційний університет, м. Київ

²Національна медична академія післядипломної освіти ім. П.Л. Шупика, м. Київ

Минулого року в «Медичному ринку» було передруковано статтю з журналу «Променева діагностика, променева терапія» «Поетапна модернізація рентгенівського обладнання як єдиний реальний шлях оновлення матеріально-технічної бази рентгенологічної служби в умовах обмеженого фінансування», в якій було показано, що коли в країні обмаль коштів, тільки шляхом раціонального поетапного оновлення працюючого рентгенівського обладнання реально відновити матеріально-технічну базу рентгенодіагностики [1]. Багато хто з недовірою, на жаль, ставиться до слова «модернізація», розглядаючи її як щось недосконале, і тому вважає, що дістанися рівня рентгенодіагностики ХХІ сторіччя шляхом модернізації працюючого обладнання, яке було вироблено в 70-80-х роках ХХ століття, неможливо. У цій статті ми спробуємо показати, що це не зовсім так. Наш погляд на це питання більш оптимістичний.

По-перше, визначимо, що таке рентгенодіагностика ХХІ сторіччя. Це виконання ВСІХ рентгенодіагностичних досліджень (рентгенографічних, рентгеноскопичних, томографічних, маммографічних) за цифровою технологією візуалізації, використання комп'ютерних технологій для ідентифікації, обробки, аналізу та зберігання діагностичної інформації, а також інформаційних технологій - для її передачі. **Немає у ХХІ сторіччі місця ані «мокрій», ані «сухій» плівці! Якщо для аналізу діагностичної інформації використовується негатоскоп, то це є аналогова рентгенодіагностика минулого сторіччя! Це дуже важливо усвідомити!** Для вирішення юридичних питань сьогодні є цифровий підпис, який вже майже повністю витіснив паперові документи в банківському секторі. Той, хто цього не розуміє, залишається в минулому...

Сьогодні в нашій країні більшість людей використовує для фіксації якихось подій у

своєму житті смартфони, які поєднують у собі цифрові та інформаційні технології, і зразу ж пересилають отримані зображення друзям за допомогою Інтернету. Чому на побутовому рівні ми живемо у ХХІ сторіччі, а на роботі залишаємося у ХХ?

Хтось заперечить, що не можна порівнювати смартфон із плівковим фотоапаратом минулого сторіччя, як не можна порівнювати РУМ-20, наприклад, із сучасною системою Sonialvision G4 компанії «Шимадзу», де на одному робочому місці можна виконувати всі рентгенодіагностичні дослідження за цифровою технологією, зокрема цифровий томосинтез. Так, але саме таких систем в Україні поки що немає зовсім! Є одна система з рентгенівським томосинтезом цієї компанії та кілька цифрових рентгенодіагностичних систем інших фірм, які дозволяють виконувати цифрову рентгеноскопію, цифрову рентгенографію та цифрову маммографію.

Широке застосування цифрових та інформаційних технологій у побуті стало можливим завдяки тому, що на ринку наявні смартфони різних компаній із різною ціною, які хоча й поступаються у багатьох випадках приладам компанії Apple за дизайном та функціональними можливостями, але їх більше в населення! А у рентгенодіагностиці більшість медичних закладів продовжує користуватися «плівковими фотоапаратами та дрововими телефонами» і купувати ще й нові такі ж саме апарати...

А можливості у переході до цифрової діагностики ХХІ сторіччя в Україні були і є не погані завдяки тому, що в країні виробляються цифрові рентгенівські приймачі, які є основою сучасних цифрових рентгенодіагностичних систем. Якість цих приймачів підтверджена їх експортом у понад 20 країн світу, зокрема в Західну Європу та США. Сьогодні група компаній «Телеоптик» виготовляє динамічні цифрові

приймачі, які дозволяють проводити цифрову рентгенографію, рентгеноскопію, маммографію та рентгенівський томосинтез, а також рентгенодіагностичні системи на їх основі.

Перехід до рентгенодіагностики XXI століття в Україні розпочався ще у 2000 році, коли почали переводити на цифрову технологію візуалізації рентгенівських зображень перші флюорографи та рентгенодіагностичні комплекси. Протягом шести років на цифрову технологію було переведено понад 600 одиниць рентгенівського зображення, зокрема було встановлено в медичних закладах країни перші системи цифрової рентгеноскопії та цифрові маммографи. У 2004-2006 роках на цифрову технологію щорічно переводилося понад 100 одиниць рентгенівського обладнання. Про те, що рівень українських цифрових систем відповідає сучасному рівню рентгенодіагностики, свідчить, зокрема, той факт, що у 2000-2005 роках понад 10 доповідей з їх клінічного застосування було включено до наукової програми Європейського конгресу радіологів у Відні. Але після цього процес переходу до цифрової рентгенодіагностики в країні загальмувався: за наступні 10 років кількість цифрових систем тільки подвоїлась. Крім того, з'явилась помітна кількість **псевдоцифрових систем**, коли за допомогою системи комп'ютерної рентгенографії (в якій використовуються касети із запам'ятовуваним люмінофором) рентгенівське зображення переводилося у цифровий вигляд, після чого за допомогою термографічного принтера або лазерної мультиформатної камери знову поверталось до аналогового шляхом роздруківки на плівці й аналізувалося за допомогою негатоскопу. Багато з тих, хто купив таке обладнання, навіть сьогодні ще не зрозумів, що його просто «розвели» на гроші, оскільки медичні заклади, заплативши за «цифрову» рентгенівську апаратуру великі кошти, реально продовжили користуватися аналоговою рентгенодіагностикою, але при цьому в 4 рази збільшили витрати на плівку. Інші просто повернулися до плівкової рентгенодіагностики... І, мабуть, це більш розумний шлях, оскільки і якість рентгенівських зображень у цьому випадку краща (після аналого-циф-

рового та цифро-аналогового перетворення якість зображення буде гірша), і витрати на плівку менші.

На жаль, і сьогодні такі псевдоцифрові рентгенівські системи продовжують закуповуватися, щоправда, останнім часом частіше замість системи комп'ютерної рентгенографії до комплексу поставки включають плоский цифровий детектор, але від цього реально цифровим рентгенівське обладнання не стає! Просто збільшується його ціна, а аналогова технологія залишається.

Значною мірою сумна ситуація, яка склалася з оновленням матеріально-технічної бази рентгенодіагностики, пов'язана з бажанням домінуючих операторів ринку медичного обладнання отримувати надприбутки та необізнаністю керівництва медичних закладів. Думка рентгенологів останніх, як правило, не цікавить, особливо у випадку, коли є можливість покращити своє матеріальне становище.

Як наслідок, нині в Україні на цифрову технологію переведено лише близько 15% рентгенодіагностичного обладнання. Але вже понад 600 одиниць цифрових рентгенівських систем виробило свій технічний ресурс і потребує, якнайменше, оновлення автоматизованих робочих місць (АРМ) рентген-лаборантів та рентгенологів. Крім того, є певна кількість рентгенівських систем, в яких встановлено цифрові приймачі з недостатньою розрізняльною здатністю (менше ніж 2,5 пари ліній на міліметр (п.л./мм) для флюорографів та 3,5 п.л./мм — для цифрових рентгенівських апаратів, що використовуються для загальної рентгенодіагностики). З урахуванням того, що ще 12 років тому Асоціацією радіологів України (АРУ) було рекомендовано переходити до використання приймачів високого розрізнення (4,0 п.л./мм та вище) [2], в таких апаратах ще доцільно замінити і цифровий приймач. Слід зауважити, що скануючі цифрові рентгенівські системи модернізації не підлягають. А оскільки забезпечити високу розрізняльну здатність у них неможливо, то, швидше за все, краще просто їх вивести з експлуатації разом із плівковими флюорографами та рентгенодіагностичними комплексами, в яких немає підсилювача рентгенівського зображення (ПРЗ). До того

Таблиця 1

**Дані про обладнання для променевої діагностики та персонал,
що на ньому працює (2015 р.)**

Обладнання (з урахуванням приватних)		Фахівці
Рентгенівські апарати – 8663 од. (9782 од.)		Рентгенологи – 3167 осіб
Флюорографи – 1687 од. (1710 од.)		
Ангіографи – 65 од. (76 од.)		
Мамографи – 289 од. (327 од.)		
Комп'ютерні томографи – 152 од. (290 од.)		
Магнітно-резонансні томографи – 50 од. (108 од.)		
Ультразвукові сканери – 4186 од. (5180 од.)		Спеціалісти з УЗД - 2266 осіб
ВСЬОГО:	14955 од. (17473 од.)	5433 особи

Таблиця 2

Стан кадрового забезпечення променевої діагностики (2015 р.)

А. Укомплектованість кадрами	
Спеціальність	Укомплектованість (з урахуванням сумісництва), %
Рентгенологи	73,09 (86,87)
Спеціалісти з УЗД	74,23 (90,95)
Б. Атестація кадрів	
Спеціальність	Атестовано, %
Рентгенологи	69,2
Спеціалісти з УЗД	78,4

Таблиця 3

Ефективність використання обладнання (2015 р.)

Обладнання	Кількість одиниць обладнання	Виконано досліджень	Навантаження на обладнання	
			Раціональне	Реальне
Рентгенівські апарати	8663	18 419 894	7500	2126
Флюорографи	1687	15 450 941	15000	9159
Мамографи	289	595 003	5000	2059
Комп'ютерні томографи	152	434 434	3000	2858
Магнітно-резонансні томографи	50	151 350	3000	3027
Ультразвукові сканери	4186	24 716 009	5000	5904
ВСЬОГО:		14 955 од. (17 473 од.)		

ж у більшості випадків скануючі системи мають достатньо складний інтерфейс та зберігають зображення не в стандартному DICOM-форматі. Тобто на сьогодні ми маємо лише 15% сучасного рентгенодіагностичного обладнання, значна частина якого вже потребує оновлення. Що стосується використання радіологічних та шпитальних інформаційних систем, які є ознакою променевої діагностики XXI сторіччя, то поки вони впроваджені в обмеженій кількості медичних закладів, переважна більшість яких приватна.

Для того, щоб краще усвідомити необхідність прискорення переходу до цифрової рентгенодіагностики, проаналізуємо деякі дані з сучасного стану променевої діагностики в Україні (поки без окупованих територій Донбасу та Криму). У табл. 1 наведено дані з наявного обладнання для променевої діагностики та кількості радіологів, що працюють на ньому, а в табл. 2 – інформацію з наявності та кваліфікації спеціалістів. Дані про ефективність використання обладнання наведено в табл. 3. До цього потрібно додати ще таку інформацію:

1. Загальна вартість обладнання, що використовується в нашій країні, сягає кількох мільярдів доларів США [3].
2. На проведення радіологічних досліджень (витратні матеріали, ремонт та технічне обслуговування обладнання) щорічно безповоротно витрачається близько 50,0 млн доларів.
3. Близько 70% радіологічного обладнання, зокрема понад 80% рентгенівської апаратури, виробило свій технічний ресурс і потребує заміни, а щорічні витрати на оновлення матеріально-технічної бази променевої діагностики замість 400,0 млн доларів становлять менше ніж 100,0 млн. За таких умов, вже незабаром майже все радіологічне обладнання виробить свій ресурс та буде морально застарілим, що призведе до відтоку спеціалістів із радіології.
4. Середній вік рентгенологів у країні вже переткнув позначку 45 років, тобто більше половини працюючих спеціалістів вже пенсіонери.

Наведені дані свідчать про те, що сьогодні найгірший стан справ у рентгенодіагностиці:

найбільша кількість обладнання (понад 11 000 одиниць) і досліджень (понад 35,5 млн); найгірший стан обладнання (понад 80% потребує оновлення) та нестача кваліфікованого персоналу (з наявних 3,17 тис. спеціалістів менше ніж 70% атестовано; при цьому значна кількість кращих спеціалістів працює за сумісництвом, зокрема в приватних закладах, на ультразвукових сканерах, комп'ютерних та магнітно-резонансних томографах); значний середній вік рентгенологів; найнижча ефективність використання обладнання (коефіцієнт навантаження на рентгенівські апарати для загальної рентгенодіагностики становить 0,28, для маммографів – 0,41, для флюорографів – 0,61, для комп'ютерних томографів – 0,95, для магнітно-резонансних томографів – 1,01, для УЗ-сканерів – 1,18). Безумовно, є проблеми і в комп'ютерній (КТ) та магнітно-резонансній томографії (МРТ), ультразвуковій діагностиці (УЗД), проте вони менші і до того ж значною мірою компенсуються приватним сектором медицини. Вже половина КТ та МРТ і значна кількість ультразвукових досліджень виконується в приватних медичних закладах, де й обладнання, як правило, краще, та й і фахівців туди намагаються залучати кращих. Саме тому сьогодні потрібно зосередитися на виведенні на сучасний рівень загальної рентгенодіагностики.

І першочерговим завданням у напрямку приведення рентгенодіагностики до сучасного рівня є, безумовно, переведення всього рентгенодіагностичного обладнання на цифрову технологію візуалізації рентгенівських зображень, без чого впровадження інформаційних технологій у клінічну практику неможливо. Крім того, якщо врахувати скорочення витрат на рентгенівську плівку та реактиви, можна говорити про отримання додаткових ресурсів на оновлення матеріально-технічної бази рентгенодіагностики, які можуть сягнути після повного переходу до цифрової візуалізації в рентгенодіагностиці 30,0 млн. доларів на рік, тобто вдвічі пришвидшити процес оновлення рентгенодіагностичного обладнання.

У попередній статті було наведено дані, що в ціні нового рентгенівського обладнання вартість цифрових технологій становить приблизно 20%, а при модернізації працюючого

сягає 85%. Отже, саме другий шлях є більш реальним в Україні в сучасних економічних умовах.

Саме тому цей шлях визначений Асоціацією радіологів України як основний у переоснащенні рентгенівських відділень, про що записано в резолюції 4-го Національного конгресу з міжнародною участю «Радіологія в Україні».

З урахуванням раціональних шляхів переоснащення рентгенівських кабінетів в умовах обмеженого фінансування [4, 5] можна виділити кілька основних напрямків переведення рентгенівських кабінетів на цифрову технологію:

1. Цифрова рентгенографія. З урахуванням профілактичних рентгенографічних обстежень органів грудної клітки (ОГК) щорічно потрібно виконувати близько 35,0 млн рентгенографій ОГК. Для цього потрібно близько 5,0 тис. цифрових рентгенографічних систем. Є близько 1,0 тис. одиниць цифрового рентгенографічного обладнання, яке відповідає сучасному рівню рентгенодіагностики. Тобто необхідно ще 4,0 тисячі. Навіть за умови уніфікації рентгенівського обладнання і закупівлі тільки цифрових базових рентгенографічних систем (ЦБРС – рис. 1), ціна яких сьогодні становить близько 2,0 млн грн., на оновлення рентгенівської апаратури для рентгенографії потрібно 80,0 млрд грн.

Ці витрати можуть бути скорочені, а строки переходу до цифрової рентгенодіагностики значно скорочені, якщо йти шляхом поетапної модернізації працюючого рентге-

нівського обладнання. На першому етапі аналогове рентгенівське обладнання дообладнується цифровими приймачами, що дозволяє скоротити щорічні витрати на рентгенівську плівку та реактиви. А вже на другому етапі можуть бути замінені рентгенівська частина апаратури (генератор, рентгенівська трубка, високовольтні кабелі), а також її штативні пристрої. Залежно від глибини модернізації цей шлях переходу до цифрової рентгенодіагностики дозволяє заощадити від 30 до 85% фінансових ресурсів [1].

Для наближення рентгенодіагностики до пацієнтів, а обробки результатів досліджень – до спеціалістів в амбулаторіях сімейної медицини можуть бути встановлені телерентгенодіагностичні комплекси, до складу яких входить палатний рентгенівський апарат та стійка з цифровим приймачем (рис. 2). Такі комплекси призначені для проведення цифрової рентгенографії ОГК та кінцівок і передачі результатів досліджень за допомогою Інтернету рентгенологам, оскільки не передбачають їх присутності поруч з обладнанням. У разі виникнення надзвичайної ситуації з великою кількістю постраждалих такі комплекси можуть бути легко переміщені до місця її виникнення та використані для їх попереднього рентгенографічного дослідження та сортування [6]. Крім того, такі саме комплекси можуть використовуватися і при низці інвазивних втручань [1, 5-7].

2. Цифрова рентгеноскопія. Наразі рентгеноскопичних досліджень в Україні виконується близько одного мільйона. На жаль, до сьогодні це рентгенологічне до-



Рис.1. Цифрова базова рентгенографічна система: а – процедурна з рентгенівським апаратом та каталкою з рентгенопрозорою декою; б – АРМ рентген-лаборанта з пультом керування рентгенівським апаратом на базі сенсорного монітора; в – АРМ рентгенолога з двома IPS-моніторами, один з яких має матрицю 8 мегапикселів.

слідження є суб'єктивним, оскільки його результати, в кращому випадку, фіксуються за допомогою кількох прицільних знімків, які не можуть відтворити динамічні процеси, що досліджуються при рентгеноскопії. Крім того, значна частина таких досліджень і нині виконується без використання підсилювача рентгенівського зображення (ПРЗ), що значно збільшує променеве навантаження як на пацієнта, так і на персонал [4, 5].

Перехід до цифрової рентгеноскопії дозволяє не тільки значно зменшити опромінення пацієнта і рентгенолога, але й зробити це дослідження об'єктивним за рахунок цифрового запису всього дослідження в пам'ять комп'ютера АРМ рентген-лаборанта. Спільний перегляд такого запису рентгенологом разом із клініцистами дозволяє приймати об'єктивні рішення з вибору тактики лікування хворого.

Незважаючи на те, що перші системи цифрової рентгеноскопії в Україні з'явилися ще у 2003-2005 роках, широкого розповсюдження вони, на жаль, не отримали. Для проведення мільйона рентгеноскопій потрібна одна тисяча одиниць відповідного обладнання. Безумовно, найкращим варіантом було б створення тисячі спеціалізованих кабінетів для проведення рентгеноскопічних досліджень, обладнаних поворотними столами-штативами з динамічними цифровими приймачами з робочим полем 35x43 см (рис. 3). Перевагою такого варіанта є те, що в такому випадку за допомогою цього обладнання можна виконувати як рентгеноскопічні, так і повноцінні рентгенографічні дослідження. Проте, щоб створити 1,0 тисячу нових кабінетів для рентгеноскопії, потрібно понад 2,5 млрд грн. А ось дооснастити всі поворотні столи-штативи з ПРЗ апаратурою для цифрового запису рентгеноскопічних досліджень цілком реально. І цей шлях потребує на порядки менших коштів. Крім того, є практичний досвід його реалізації.

3. Цифрова томографія (рентгенівський томосинтез). Останнім часом завдяки появі значної кількості комп'ютерних томографів поздовжня плівкова томографія в медичних закладах практично не використовується, оскільки при КТ отримується на порядки більше діагностичної інформації при



Рис.2. Один із варіантів розміщення телерентгенодіагностичного комплексу в амбулаторії сімейної медицини.

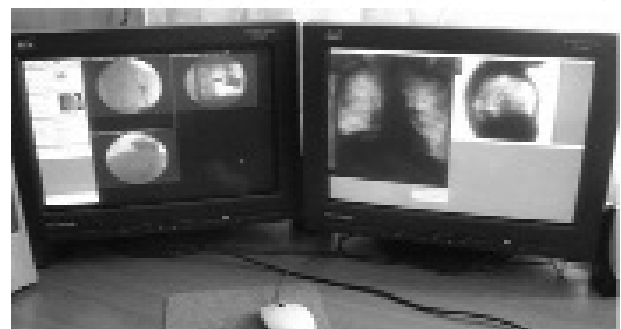


Рис. 3. Цифровий рентгенодіагностичний комплекс для проведення рентгеноскопічних досліджень: а – поворотний стіл-штатив із цифровим приймачем; б – АРМ рентгенолога, на монітори якого виведено результати рентгенографічних та рентгеноскопічних досліджень

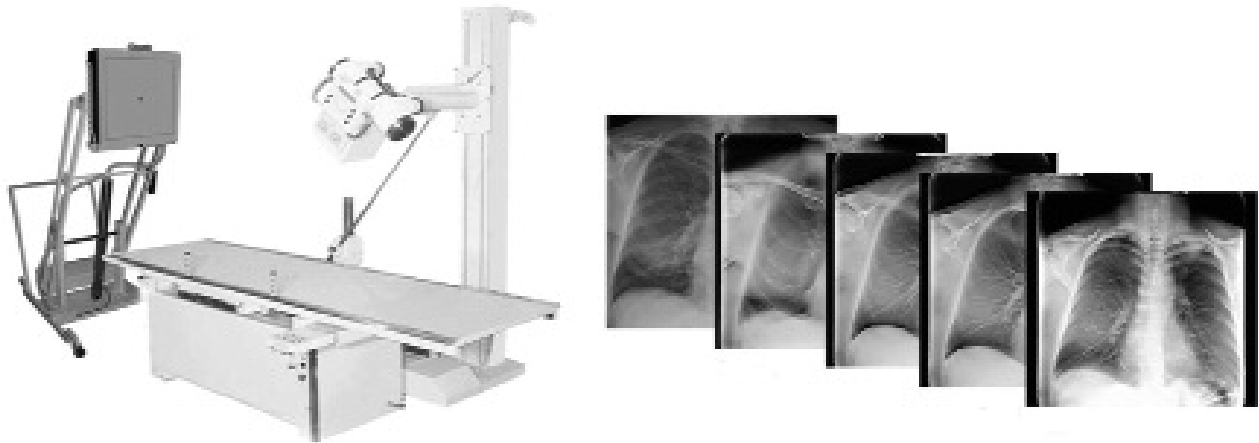


Рис. 4. Цифровий рентгенодіагностичний комплекс, обладнаний двома цифровими рентгенівськими приймачами, на якому можуть виконуватися томографічні дослідження за цифровою технологією (рентгенівський томосинтез)

порівняному променевому навантаженні на пацієнта. Проте поява динамічних цифрових приймачів і високочастотних рентгенівських генераторів із режимом «пульс-флюоро» забезпечила можливість проведення повздовжньої томографії за цифровою технологією з подальшою обробкою отриманої діагностичної інформації за допомогою спеціального програмного забезпечення для реконструкції пошарових зображень об'єкта дослідження. Ця технологія пошарової візуалізації отримала назву рентгенівського томосинтезу. За 4-6 секунд, протягом яких рентгенівська трубка обертається навколо об'єкта дослідження на кут від 40 до 60 градусів, отримується до 100 рентгенівських зображень, з яких реконструюється понад 100 повздовжніх зображень об'єкта дослідження. При цьому якість отриманих пошарових зображень об'єкта дослідження наближається до комп'ютерних томограм при меншому променевому навантаженні на нього. Наявність у рентгенівських апаратах режиму рентгенівського томосинтезу суттєво розширює можливості рентгенодіагностики (рис. 4). На жаль, в Україні поки що є лише поодинокі приклади використання рентгенівського томосинтезу в клінічній практиці.

4. Цифрова мамографія. Впровадження в Україні в клінічну практику справжньої цифрової мамографії може створити сприятливі умови для започаткування в країні мамографічного скринінгу, ви-

користання якого в багатьох країнах світу дозволило суттєво зменшити смертність жінок від раку молочної залози (РМЗ) [8], який є однією з найбільш розповсюджених форм цієї недуги [9]. Проте впровадження масових мамографічних обстежень в Україні можливо лише за умови використання цифрової технології візуалізації через значні витрати на мамографічну плівку та реактиви, необхідність навчання значної кількості рентгенологів (необхідно мати понад 900 підготовлених для аналізу мамограм спеціалістів) та організації передачі діагностичної інформації між різними медичними закладами. Цифрова мамографія має низку переваг перед аналоговою, проте їх реалізація досягається лише за умови, що цифрові мамографи в повному обсязі відповідають міжнародним вимогам до такого типу обладнання [8]. На жаль, із близько 100 цифрових мамографів, які сьогодні є в медичних закладах країни, лише одиниці відповідають цим вимогам (рис. 5). Основними недоліками наявних цифрових мамографів є мале робоче поле (має бути 24x30 см), недостатня просторова розрізняльна здатність (має бути не менше ніж 7,0 п.л. на міліметр) та відсутність робочої станції рентгенолога, оснащеної двома або трьома моніторами, з яких два є спеціалізованими медичними п'ятимегапіксельними моніторами з яскравістю до 1000 кд/кв. м та відношенням контрасту 1:1000 (рис.4б). За відсутності такої робочої станції рентгено-

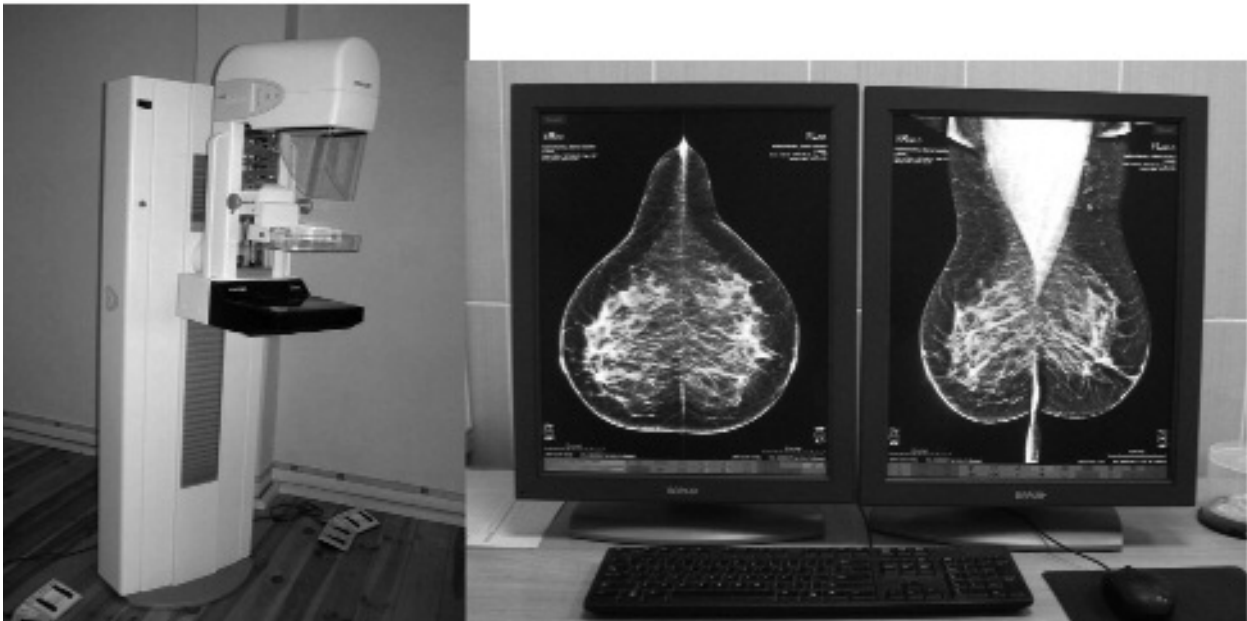


Рис. 5. Сучасний цифровий мамограф: а – штатив із цифровим приймачем 24х30 см; б – робоча станція рентгенолога з двома монохромними 5-мегапіксельними моніторами, які мають високу яскравість та контрастність

лог не може виявляти РМЗ на ранній стадії: на моніторі він отримує лише частку відсотка від діагностичної інформації, отриманої за допомогою цифрового приймача. І це просто дискредитує цифрову мамографію. Тому основним завданням у цьому напрямку є закупівля цифрових мамографів, які в повному обсязі відповідають міжнародним вимогам.

Після повного переходу до цифрової технології візуалізації в рентгенодіагностиці стає можливим новий рівень ідентифікації, обробки, аналізу, зберігання та передачі діагностичної інформації та створюються сприятливі умови для впровадження інформаційних технологій у медичних закладах [10].

Чому пришвидшений перехід до цифрової рентгенодіагностики є сьогодні пріоритетним завданням?

1. Основною перевагою цифрової рентгенодіагностики є те, що вона дозволяє одночасно покращити ВСІ показники якості рентгенодіагностики: підвищення ймовірності отримання правильного діагнозу відбувається одночасно із скороченням часових та матеріальних витрат на проведення дослідження, а також зменшенням променевого навантаження на пацієнта.

2. Цифрова рентгенодіагностика дає можливість оптимізувати навантаження як на обладнання, так і на персонал за рахунок рознесення у часі і просторі процесів отримання діагностичного зображення та його аналізу.
3. Впровадити в медичних закладах радіологічні та шпитальні інформаційні системи з метою автоматизації лікувально-діагностичного процесу.
4. залучити до консультацій пацієнтів кращих експертів країни та світу.
5. залучити до рентгенодіагностики молодь, оскільки працювати на застарілому обладнанні молоді люди не будуть. Сьогодні середній вік рентгенологів вже перевищив 45 років, і незабаром може статися ситуація, коли 70% променевої діагностики виконувати буде нікому.
6. залучити додатково щорічно до 30 млн доларів на закупівлю обладнання за рахунок скорочення витрат на рентгеновську плівку та реактиви.
7. скоротити частину персоналу (посад) за рахунок зменшення обсягів роботи.
8. звільнити значну частину приміщень за рахунок раціональної комплектації рентгеновським обладнанням відділень променевої діагностики.

Висновки

1. На повне переоснащення матеріально-технічної бази променевої діагностики потрібні ресурси (понад 3,0 млрд дол.), яких сьогодні немає ні в держави, ні в регіонів, тому доцільно зосередитися на найбільш проблемній ділянці – рентгенодіагностиці. Інші ділянки підтримає приватний сектор.

2. Пріоритетним завданням у переоснащенні рентгенівських відділень є переведення їх на цифрову технологію, що дозволить:

- отримати додаткові ресурси на оновлення матеріально-технічної бази променевої діагностики за рахунок скорочення витрат на рентгенівську плівку та реактиви;
- заощадити значну кількість часу персоналу та пацієнтів за рахунок оперативного отримання, обробки та передачі діагностичної інформації;
- скоротити чисельність персоналу рентгенівських відділень та одночасно залучити молодих спеціалістів у рентгенодіагностику;
- оптимізувати робоче навантаження як на обладнання, так і на персонал;
- залучати для консультацій у складних випадках найкращих спеціалістів країни та світу.

3. Заощадити значні ресурси на функціонування рентгенологічної служби можна шляхом виведення з експлуатації всіх плівкових і скануючих флюорографів та раціонального оснащення обладнанням рентгенівських відділень, а також широкого використання в медичних закладах радіологічних та шпитальних інформаційних систем.

4. Раціональним та економічним шляхом оновлення рентгенівських відділень є поетапна модернізація працюючого в них обладнання, що дозволяє заощадити значні кошти.

5. З метою наближення цифрової рентгенодіагностики до пацієнтів та підвищення її ефективності доцільно встановлювати телерентгенодіагностичні комплекси у відокремлених амбулаторіях сімейних лікарів.

6. В Україні є всі умови для виведення рентгенодіагностики на рівень XXI сторіччя.

Гальмування цього процесу пов'язано або з недостатньою інформованістю про наявні можливості на місцях, або з відсутністю там бажання це роботи внаслідок цікавих пропозицій із минулого сторіччя.

ЛІТЕРАТУРА

1. Коваленко Ю.М., Мірошніченко С.І. *Поетапна модернізація рентгенівського обладнання як єдиний реальний шлях оновлення матеріально-технічної бази рентгенологічної служби в умовах обмеженого фінансування // Променева діагностика, променева терапія. – 2014. – № 4. – С. 63-68.*

2. Розенфельд Л.Г., Медведев В.Е., Дикан І.Н., Девко В.Ф., Мірошніченко С.І., Коваленко Ю.Н. *Организационные основы цифровой рентгенодиагностики в Украине: проблемы и перспективы их решения // Охорона здоров'я України. – 2004. – № 4. – С. 46-49.*

3. *Обґрунтування необхідності створення Національної програми розвитку променевої діагностики в Україні / Я.С. Бабій (ред.), В.Ф. Девко, В.Т. Дьомін, Ю.М. Коваленко, А.П. Лазар, В.Є. Медведев, С.І. Мірошніченко, Б.Ф. Сінюта, В.О. Соломка. – К., 1999. – 56 с.*

4. Коваленко Ю.Н., Мірошніченко С.І. *Возможности оптимизации структуры рентгенологической службы при переходе к цифровой технологии визуализации рентгеновских изображений // Променева діагностика, променева терапія. – 2012. – № 4. – С. 65-68.*

5. Коваленко Ю.Н., Мірошніченко С.І. *Предложения по рациональному переоснащению рентгеновских отделений в условиях острого дефицита финансовых ресурсов // Медичний ринок. – 2014, осінь. – С. 8-14.*

6. Коваленко Ю.Н. *Лучевая диагностика при травмах на первичном этапе оказания медицинской помощи: новые технические и организационные возможности // Радиология – практика. – 2013. – № 4. – С. 83-89.*

7. Носов А.А., Мірошніченко С.І., Коваленко Ю.Н. *Цифровые рентгеновские технологии помогают спасать жизнь раненым бойцам // Радиологічний вісник. – 2014. – № 3. – С. 9-12.*

8. *European guidelines for quality assurance in breast cancer screening and diagnosis: Fourth Edition. – European Communities, 2006. – 416 p.*

9. *Статистика рака в Украине. <http://www.cancer.org.ua/statistika-raka-v-ukraine>*

10. Коваленко Ю.М. *Інформаційні технології в радіології // Медичний ринок. – 2015. – С. 15-18.*

A TOMOSYNTHESIS USING STANDARD RADIOGRAPHIC TABLE WITH LINEAR TOMOGRAPHY CONSOLE

Y. Kovalenko¹, S. Miroshnichenko², A. Nevhasymy²; ¹Kiev/UA, ²Kyiv/UA

Aims and objectives

Use of tomosynthesis is one of the methods helping to raise X-ray diagnostics efficiency. Currently the tomosynthesis is realized as a rule by using special tripod devices [1-4]. At the same time there are a significant number of standard radiographic tables with linear tomography console. Only in Ukraine there are several thousand of such equipment units. The aim of this work was the realization of tomosynthesis on a standard radiographic table with tomography option.

Methods and materials

The pilot unit included high-frequency generator with pulsed-fluoro mode, a standard radiographic table with linear tomography console, rotating anode X-ray tube with two focal spots, dynamic digital receptor based on PSA technology with 43x36 cm field of view and 4096x2664 matrix, as well as a workstation with back projection method image reconstruction software. Paraffin thorax phantom model served as examination object. X-ray test target was used to assess the spatial resolution of the experimental assembly.

Main operating parameters of tomosynthesis: source-detector distance - 100 cm; X-ray tube voltage - 120 kV; angle - $\pm 20^\circ$; scan time - 4 s. Generator operation – pulsed-fluoro mode with the frequency of 15 frame per second.

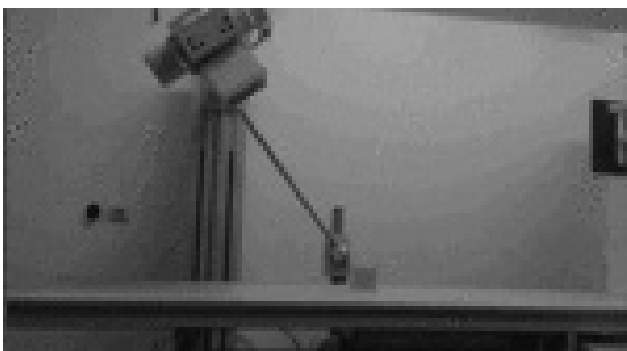


Fig. 1: Standard radiographic tables with linear tomography console and DDR

Results

90 slices of the phantom were acquired. Resolution in the image plane was 2.1x1.6 line pairs per millimeter (lp / mm), which is better than with CT, and PSF (Point Spread Function - PSD0.5) value - 0.2-0.5 lp / mm along the vertical axis. Total exposure of tomosynthesis was 16.2 mAs, that is only by 3-5 times higher than with the standard chest radiography. The obtained slices of the phantom showed its details, equivalent to the bronchial tree and not visible on radiographic images (Fig.2 a, b, c, d). Figure 5 shows a chest tomosynthesis, which is made on this standard radiographic table with linear tomography console. Also, the digital pulse fluoroscopy mode was realized on the experimental assembly in question.

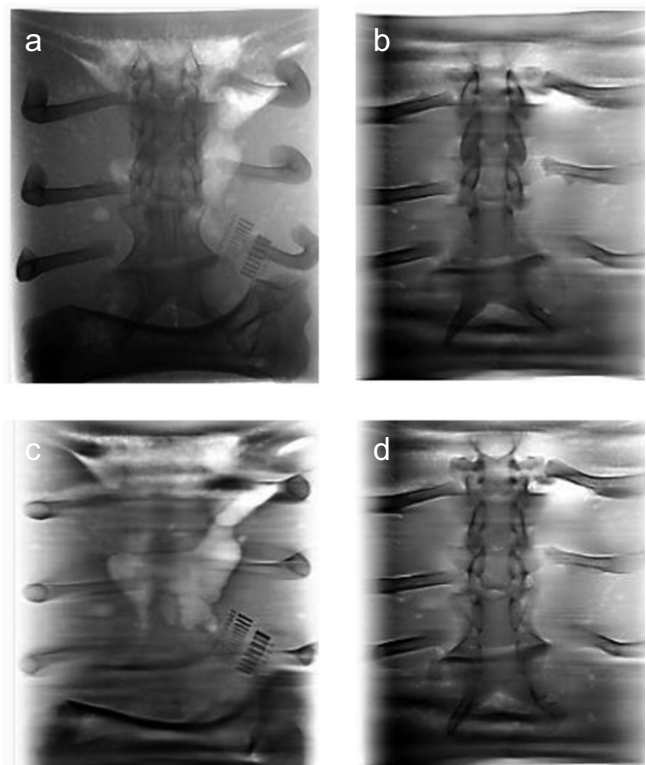


Fig. 2: a - The image of the Paraffin thorax phantom: the tube focus over center of DDR
b - 27th slice of the Paraffin thorax phantom
c - 64th slice of the Paraffin thorax phantom
d - A chest tomosynthesis

Conclusion

Refitting the standard radiographic tables with tomography console used in healthcare entities with dynamic digital receptor enables to realize on them digital radiography, digital pulse fluoroscopy and tomosynthesis. This significantly expands the diagnostic capabilities of the available radiographic equipment.

References

1. Terzi A, Bertolaccini L, Viti A, Comello L, Ghirardo D, Priotto R, Grosso M; Lung cancer detection with digital chest tomosynthesis: baseline

results from the observational study SOS. *J Thorac Oncol.* 2013 Jun;8(6):685-92. doi: 10.1097/JTO.0b013e318292bdef

2. Izumo T. Tomosynthesis in Respiratory Medicine. *Medical Now.* 2014; 75: 31-39.

3. Tsutomu Gomi, Hiroshi Hirano Clinical Potential of Digital Linear Tomosynthesis Imaging of Total Joint Arthroplasty.

4. Gomi T, Nakajima M, Fujiwara H, et al. Comparison between chest digital tomosynthesis and CT as a screening method to detect artificial pulmonary nodules: a phantom study. *Br J Radiol* 2012;85:e622-e629.

Kovalenko Y., Miroshnichenko S., Nevhasymy A. A Tomosynthesis Using Standard Radiographic Table with Linear Tomography Console//DOI-Link: <http://dx.doi.org/10.1594/ecr2017/C-0967>

ТОМОСИНТЕЗ ЯК НОВИЙ МЕТОД РЕНТГЕНОЛОГІЧНОЇ ВІЗУАЛІЗАЦІЇ

А.Р. Бойко,
ВІЦ "Медицина України"

Сьогодні в клінічній практиці все більшого поширення набуває новий метод рентгенологічної візуалізації, який отримав назву томосинтезу (ТС). Термін «томосинтез» спочатку виник у галузі математичної обчислювальної діагностики, об'єднаний загальним терміном «обчислювальна томографія», і в літературі зустрічається на початку 80-х років. Томосинтез є розвитком відомої лінійної томографії (ЛТ) з використанням цифрової технології візуалізації рентгенівських зображень, тому, зокрема, він може бути реалізований на обладнанні для лінійної томографії, якщо замість плівки використовувати цифровий динамічний приймач [1]. Але на відміну від ЛТ, при якій виходить чітке зображення тільки одного досить товстого зрізу об'єкта дослідження, що знаходиться на певній відстані від касети з плівкою, при ТС можна отримати велику кількість чітких зрізових зображень досліджуваного об'єкта.

Свого часу ЛТ, незважаючи на низку переваг, таких як низька вартість, доступність і простота підготовки пацієнта до дослідження, поступилася місцем комп'ютерній томографії (КТ), яка давала на порядок більше діагностичної інформації про пацієнта (його м'які тканини, кістки та судини) і забезпечувала її високу вірогідність (95% і вище). І хоча КТ значно дорожча за лінійну томографію і променеве навантаження на пацієнта за неї вище, останніми роками ЛТ відійшла на задній план і сьогодні майже не використовується. Можливість отримання великої кількості чітких зрізів досліджуваного об'єкта дає томосинтезу значні переваги над традиційною рентгенографією (РГ) та ЛТ, а також дозволяє йому конкурувати з КТ, оскільки при порівнянні інформативності діагностичних зображень обладнання для ТС дешевше, а променеве навантаження на пацієнта менше, ніж при КТ [1, 2]. При ТС просторова роздільна здатність в площині зображення досягає 2,0 пар ліній на міліметр (д/мм), що краще, ніж у

традиційних комп'ютерних томографів [1]. Навіть таку перевагу КТ, як тривимірна реконструкція об'єкта дослідження, може бути в найближчі роки поставлено під сумнів, якщо вдасться реалізувати побудову тривимірних реконструкцій при ТС за допомогою методу нелінійного зворотного проектування, що використовує алгоритми нелінійної фільтрації, засновані на структурно-орієнтованому підході до обробки зображень [2].

Клінічне застосування ТС почалося з досліджень молочної залози (МЗ), де він отримав назву Цифрового Томосинтезу Молочної Залози (ЦТМЗ) — DBT (Digital Breast Tomosynthesis). Перші наукові публікації щодо застосування томосинтезу в цій галузі з'явилися ще у 2004-2005 роках, де були представлені переваги DBT порівняно з цифровою мамографією (ЦМГ) — DM (Digital Mamography). Цей напрямок застосування томосинтезу на сьогодні є найбільш дослідженим [3-16].

Рак молочної залози найбільш часто зустрічається серед новоутворень у жінок працездатного віку, але добре піддається лікуванню при виявленні на ранніх стадіях [5]. Точність діагнозу на ранніх стадіях захворювань, за різними джерелами, становить не більше ніж 85%, що часто призводить до необхідності проведення додаткових досліджень і, як наслідок, збільшення дозового навантаження на пацієнта, збільшення вартості досліджень і додаткових стресових чинників у обстежуваних тощо. Дані проблеми успішно долаються з використанням цифрового томосинтезу молочної залози — сучасної технології, що використовує можливості 3D-мамографії. ЦТМЗ забезпечує можливість отримання тривимірних зображень молочної залози й огляду отриманого зрізу, усуваючи зображення тканин, що знаходяться зверху або знизу, які призводять до ускладнення діагностики під час звичайної рентгенівської мамографії. З'являється можливість оці-

нити внутрішню архітектуру тканин молочної залози, наявність мікрокальцинатів, асиметричних структур у різних анатомічних площинах у результаті лише одного сканування [12, 13].

Новоутворення краще візуалізуються при ЦТМЗ, ніж на двовимірних мамограмах, особливо при високій щільності грудей. Однак при цьому не завжди є впевненість у тому, що утворення доброякісне [10]. На думку інших авторів, режим томосинтезу дозволяє уточнити характер контурів виявлених утворень, у тому числі форму та краї об'ємного утворення [7, 8, 9]. ЦТМЗ дозволяє збільшити виявлення раку МЗ у жінок із щільною структурою залоз, яка погано проглядається у 2D-режимі мамографії [6, 10]. Так, наявність на зображенні ЦТМЗ таких ознак, як внутрішньопротокові кальцинати, може вказувати на злоякісність процесу [7, 8]. Порівняно з двовимірною цифровою мамографією при томосинтезі краще виявляються вузлові утворення і кальцинати на тлі дифузних змін [9]. За даними Рафферті (2007), при порівнянні томосинтезу зі скринінговою ЦМГ у двох проекціях встановлено, що у 89% випадків радіологи визнали томосинтез більш ефективним щодо визначення обсягу новоутворень і порушення архітектури, та у 88% випадків візуалізація мікрокальцинатів також покращилася. При цьому переваги ЦТМЗ порівняно з ЦМГ були тим помітнішими, чим вищою була щільність МЗ у обстежуваних жінок [12].

Порівнюючи ЦТМЗ з класичною цифровою мамографією, можна виділити такі його переваги, як:

- можливість суттєво підвищити якість діагностики за рахунок значного збільшення одержуваної під час дослідження інформації;
- зменшення кількості додаткових обстежень і кількості біопсій;
- збільшення виявлення раку молочної залози у пацієнок із щільною структурою залоз, із протезами й імплантами, а також за наявності діагнозу «фіброзно-кістозна мастопатія»;
- скорочення часу дослідження;
- зведення до мінімуму необхідності використання додаткових мамограм і, як на-

слідок, зменшення променевого навантаження на пацієнок [5].

Нині за кордоном дослідження МЗ за допомогою томосинтезу стало вже загальноприйнятим методом. Так, у США дослідження молочної залози за допомогою ЦТМЗ визнані офіційно і витрати на їх проведення покриваються страховою медициною. Томосинтез дозволяє значно зменшити кількість сумнівних випадків захворювання МЗ, виявлених при традиційній мамографії [4]. Тому все більша кількість компаній починає випускати мамографи з режимом ТС, вдосконалюється технологія ЦТМЗ, що, у свою чергу, веде до підвищення інформативності діагностичних зображень і зниження променевого навантаження на пацієнок.

Сьогодні томосинтез знаходить все більше застосування і в інших розділах діагностичної радіології, в тому числі в торакальній радіології (пульмонології і фтизіатрії) [3, 17-19], онкологічній радіології [14, 15], радіології опорно-рухового апарату [20-22], педіатричній радіології [23, 24] тощо. Так, перші позитивні результати застосування цифрового томосинтезу органів грудної клітки (ЦТС ОГК) відзначені в статті [3], автор якої підкреслює, що ЦТС дозволяє отримувати інформативні зображення ОГК при значному зниженні променевого навантаження порівняно зі звичайною та комп'ютерною томографією. Цифровий томосинтез розширює можливості рентгенологічного методу при дослідженні ОГК і перевершує цифрову рентгенографію (ЦРГ) у виявленні багатьох рентгеносеміотичних ознак. Він може використовуватися як для діагностики захворювань, так і для виявлення та оцінки пошкоджень при травмах ОГК [17]. У проведеному дослідженні [17] ЦТС дозволив у деяких випадках виключити наявність патологічного процесу і одночасно виявити додаткові зміни, наприклад, такі як: ознаки органічної дрібновогнищевої дисемінації, деструкції легеневої тканини, симптом «ампутації бронха» і «повітряної бронхографії», вогнищеві тіні, ознаки ушкодження ребер тощо. Хоча ЦТС і поступається багатозрізовій комп'ютерній томографії (МСКТ) в якості діагностики захворювань і пошкоджень органів грудної

клітки, проте він дозволяє в більшості випадків отримати додаткову інформацію. А в деяких випадках (близько 40%) виявлені симптоми є настільки клінічно значущими, що можуть вплинути на подальшу тактику ведення пацієнтів [15, 17].

Дослідники зазначають, що ЦТС мав кращу діагностичну точність порівняно з рентгенографією у виявленні легневих уражень, а також відносно невелике променеве навантаження [18]. Томосинтез як уточнююча методика дозволив у більшості випадків виключити або підтвердити наявність вогнищевих змін у легнях, виявлених при рентгенографії [4, 18]. Крім того, він може бути використаний для динамічної оцінки туберкульозних змін легень на тлі проведеної хіміотерапії. Завдяки пошаровій візуалізації при ЦТС ОГК вдається виявити досить дрібні, але прогностично значущі при динамічному спостереженні патологічні зміни в легнях у майже 40% випадків [18]. Порівняння ефективності методів променевої діагностики у хворих на туберкульоз органів дихання показало, що метод томосинтезу перевершує традиційну рентгенографію за чутливістю: чутливість ЦТС у виявленні специфічних патологічних змін легень становила 74,9%, що на 17,7% більше, ніж при рентгенографії, і на 18,6% менше, ніж при МСКТ [18]. Нині на радіологічних форумах і сторінках наукових журналів обговорюється можливість заміни низькодозової КТ томосинтезом при скринінгу раку легень, оскільки показники виявлення некальцифікованих вузлів у легнях у цих методах порівняні. У літературі наведено навіть випадки, коли за допомогою ЦТС ОГК рак легень був виявлений у пацієнтів, які пройшли КТ ОГК [19].

Спеціалісти знаходять застосування цифрового томосинтезу і в остеології. Зокрема, були проведені дослідження з оцінки ефективності застосування цифрової рентгенографії і томосинтезу для діагностики хвороби Легга — Кальве — Пертеса, в яких ЦТС виявив невиявлені за допомогою ЦРГ патологічні зміни кісткової тканини у всіх пацієнтів досліджуваної групи [20]. За допомогою томосинтезу додатково було виявлено зміну субхондрального відділу голівки ураженого стегна, ущільнення кістко-

вої структури на боці ураження, визначалося здавлення голівки і розширення суглобової щілини, відсутність субхондрального просвітлення й ущільнення структури голівки стегна. При використанні ЦТС у всіх пацієнтів з 2 стадією хвороби візуалізувалися ознаки внутрішньосуглобового випоту, в 60% спостереженнях виявлені ділянки остеонекрозу, у 80% визначалося порушення конгруентності краю голівки стегна і вертлюжної западини. При 3 стадії захворювання у всіх пацієнтів при томосинтезі відзначався внутрішньосуглобовий випіт, фрагментація голівки, вкорочення і потовщення шийки стегнової кістки. Точність, чутливість і специфічність при стандартній рентгенографії становили 73,3, 70,3 і 71,2%, а при томосинтезі — 91,8, 92,4 і 93,1% відповідно. Варто відзначити, що якість зображення при томосинтезі була значно вищою, ніж при рентгенографії, для всіх оцінюваних структур. При цьому ефективна доза для пацієнта не перевищувала 0,87 мЗв. Таким чином, ЦТС перевершує стандартну цифрову рентгенографію за точністю, чутливістю, специфічністю і прогностичністю позитивного і негативного результатів, тому томосинтез рекомендований як метод вибору при діагностиці остеохондропатії голівки стегнової кістки [20]. У публікаціях [4, 20, 21] також зазначено, що томосинтез дає значно більше інформації про хребці порівняно з рентгенографією, завдяки чому можна виявити значно більше переломів. Цифровий томосинтез може бути використаний і для виявлення кісткових деструктивних змін при туберкульозному спондиліті. У роботі [22] показано, що за практично однакових показників виявлення таких змін у КТ і ЦТС променеве навантаження на пацієнта при томосинтезі в 1,5-2 рази нижче порівняно з комп'ютерною томографією. КТ має переваги тут тільки при візуалізації змін у паравертебральних тканинах. Можливість проведення уточнюючої рентгенодіагностики при мінімальному променевому навантаженні на пацієнта актуалізує застосування цифрового томосинтезу в педіатричній радіології, де він також знаходить сьогодні все більше застосування [23, 24].

Таким чином, цифровий томосинтез дозволяє істотно розширити діагностичні мож-

ливості рентгенодіагностики при мінімальному збільшенні променевого навантаження на пацієнта. І хочеться сподіватися, що цей новий метод рентгенологічної візуалізації найближчим часом знайде своє місце не тільки в розглянутих, але й в інших розділах променевої діагностики.

ЛІТЕРАТУРА

1. Реалізація томосинтезу на рентгенографічному комплексі з лінійною томографією / С.І. Мірошниченко, А.В. Мотолига, А.О. Невгасимий, С.П. Сенчуров // *Променева діагностика, променева терапія*. — 2013. — № 1-2. — С. 73-77.
2. Баранов В.А., Эверт У., Учайкина Е.С. Методы решения реконструктивных задач радиационного контроля на основе «нелинейного томосинтеза» // *Вестник науки Сибири*. — 2012. — № 1 (2).
3. Тюрин И.Е. Новые горизонты торакальной радиологии / И.Е. Тюрин // *Лучевая диагностика*. -2013/14. — №2. — С. 12-17.
4. Никитин М.М. Возможности цифрового томосинтеза в диагностике различных форм туберкулеза легких // *REJR*. — 2016. — 6 (1). — Р. 35-47.
5. Гришкевич В.И., Микушин С.Ю. Алгоритм применения томосинтеза в комплексной диагностике заболеваний молочной железы / В.И. Гришкевич, С.Ю. Микушин // *Международная научно-практическая конференция «Репродуктивные технологии в онкологии»*. — 2015.
6. Рожкова Н.И., Решетцова Г.В., Запирова С.Б. О возможностях маммографического цифрового томосинтеза // *Радиология – практика*. — 2008. — №6. — С. 19-23.
7. Benedict R.A., Toledano A.Y., Boatsman J., Rouche J.A., Boyer B., Hoffmeister J., Balleyguier C. et al. Concurrent CAD with Digital Breast Tomosynthesis Improves Reading Time and Maintains Performance for Dedicated Breast and General Radiologists// *ESR*. — 2017. — С. 1177.
8. Zuley M.L., Bandos A.I., Ganottetal M.A. Digital breast tomosynthesis versus sup-plemental diagnostic mammographic views for evaluation of noncalcified breast lesions. *Radiology*. — 2013. — Vol. 266. — P. 89-95.
9. Jeong M.P., Franken E.A., Garg M., Fajardo L.L., Niklason L.T. Breast tomosynthesis: Present considerations and future applications // *Radiographics*. — 2007. — Vol. 27 (Suppl. 1). — P. 231-240.
10. Гринберг М.В. Дигитальный томосинтез — новая технология в диагностике непальпируемого рака молочной железы / М.В. Гринберг, Н.В. Харченко, М.А. Кунда, М.М. Запиров // *Вестник РУДН, серия Медицина*. — 2015. — № 3. — С. 46-59.
11. Высоцкая И.В. Современные возможности диагностики патологии молочных желез / И.В. Высоцкая, Н.В. Заболотская, В.П. Летагин, К.П. Лактионов, К.А. Чубарова, Н.В. Левкина // *Опухоли женской репродуктивной системы*. — 2015. — С. 18-26.
12. Kazuaki Nakashima, Takayoshi Uematsu, Takahiro Ito, Kaoru Takahashi, Seiichirou Nishimura, Tomomi Hayashi, Takashi Sugino. Comparison of visibility of circumscribed masses on Digital Breast Tomosynthesis (DBT) and 2D mammography: are circumscribed masses better visualized and assured of being benign on DBT // *Eur. Radiol*. — 2017. — 27. — P. 570-577.
13. Sung Ui Shin, Jung Min Chang, Min Sun Bae, Su Hyun Lee, Nariya Cho, Mirinae Seo, Won Hwa Kim, Woo Kyung Moon. Comparative evaluation of average glandular dose and breast cancer detection between single-view digital breast tomosynthesis (DBT) plus single-view digital mammography (DM) and two-view DM: correlation with breast thickness and density // *Eur Radiol*. — 2015. — 25. — P. 1-8.
13. A. Tagliafico, G. Mariscotti, M. Durando, C. Stevanin, G. Tagliafico, L. Martino, B. Bignotti, M. Calabrese, N. Houssami. Characterisation of microcalcification clusters on 2D digital mammography (FFDM) and digital breast tomosynthesis (DTB): does DTV underestimate microcalcification clusters // *Eur. Radiol*. — 2015. — 25. — P. 9-14.
15. Жагонова В.Е., Ефремова М.П., Дорохова Е.А. Современные методы неинвазивной лучевой диагностики рака молочной железы // *РМЖ*. — 2016. — №5. — С. 321-324.
16. Гажонова В.Е., Ефремова М.П., Дорохова Е.А. Современные методы неинвазивной лучевой диагностики рака молочной железы // *РМЖ*. — 2016. — № 5. — С. 321–324.
17. Дабагов А.Р. Маммографический цифровой томосинтез в современной электронной медицине // *Журнал радиоэлектроники*. — 2012. — №4.
18. Нечаев В.А., Васильев А.Ю. Возможности томосинтеза в диагностике заболеваний и поврежденных органов грудной клетки / В.А. Нечаев, А.Ю. Васильев// *Клиническая медицина*. — 2016. — Т. 8 (2). — С. 59–65.
19. Никитин М.М. Сравнительная оценка контроля эффективности химиотерапии больных туберкулезом легких при рентгенографии и цифровом томосинтезе / М.М. Ну-

китин, А.С. Пузько, Г.В. Патобильский // *Tuberculosis and Lung Diseases*. – Vol. 94. — 2016. – №12.

20. Terzi A., Bertolaccini L., Viti A., Comell L., Ghirardo D., Priotto R., Grosso M. for the SOS Study Group. Lung Cancer Detection with Digital Chest Tomosynthesis Baseline Results from the Observational Study SOS // *Journal of Thoracic Oncology*. – Vol. 8. — № 6. – June 2013. — P. 685-692.

21. Васильев А.Ю. Анализ эффективности применения томосинтеза при диагностике остеохондропатии головки бедренной кости (болезнь Легга – Кальве – Пертеса) / А.Ю. Васильев, С.С. Карпов // *Альманах клинической медицины*. – 2017. — Январь-февраль. — 45 (1). — С.14–22.

22. Tomosynthesis of the thoracic spine: added value in diagnosing vertebral fractures in the eld-

erly Mats Geijer, Eirikur Gunnlaugsson, Simon Gotestrand, Lars Weber, Hakan Geijer // *European Society of Radiology*. – 2016. – P. 497.

23. Цыбульская Ю.А. Туберкулезный спондилит — комплексная клиничко-лучевая диагностика / Ю.А. Цыбульская, Р.В. Ставицкий, И.М. Лебедеко, И.В. Шутихина, Н.В. Селюкова, О.В. Батулин, С.В. Смердин, Л.С. Коков // *Медицинский Альянс*. — 2015. — №1. — С. 226-227.

24. Бузуева Г.И. Клиническая оценка современных подходов к комфортному содержанию новорожденного ребенка // *Информационно-аналитический журнал*. – 2012. — № 1. — С. 52-54.

25. Боголепова Н.Н., Ростовцев М.В. Опыт использования томосинтеза в детском лечебном учреждении // *Медицинская визуализация*. – 2010. — №2. — С. 67-72.

Бойко А.Р. Томосинтез як новий метод рентгенологічної візуалізації // *Медичний ринок*. – 2017, осінь. – с. 19-22.

ВІД ЦИФРОВОЇ РЕНТГЕНОГРАФІЇ ДО МАЛОДОЗОВОГО ТОМОСИНТЕЗУ І КОНУСНО-ПРОМЕНЕВОЇ ТОМОГРАФІЇ

С.І. Мірошніченко, А.А. Невгасимий,
Київ

Рентгенодіагностика, внаслідок об'єктивності, високої оперативності, доступності та зручності надання результатів обстеження пацієнтів, посідає провідне місце серед методів первинної діагностики. Цьому сприяв перехід рентгенографії на початку XXI століття на цифрову технологію. В Україні найбільш помітно перехід на цифрову рентгенографію проявився в заміні флюорографів на цифру. На сьогодні понад 50% скринінгових апаратів для обстеження органів грудної клітки (ОГК) оснащено цифровими приймачами [1]. У результаті переведення таких апаратів на цифрову технологію візуалізації рентгенівських зображень у 5...15 разів зменшилося дозове навантаження на пацієнтів, у десятки разів зменшився час отримання діагностичної інформації, а також різко знизилася кількість неякісних рентгенограм ОГК. Окрім флюорографів, перехід на цифрову технологію значною мірою торкнувся рентгенографічних комплексів і мамографів. Використання в таких комплексах комп'ютерної постобробки дозволило підняти якість рентгенографічних зображень на рівень, недосяжний для традиційної аналогової плівкової технології [2]. Проте на сьогодні в медичних закладах України використовується лише близько 1500 цифрових рентгенографічних апаратів, що не перевищує 25% від потреби.

Методично перехід на цифрову технологію підтримувався Асоціацією радіологів України (АРУ), Київським міським центром нових рентгенівських технологій, а також навчальними центрами науково-виробничого об'єднання «Телеоптик» та іншими підприємствами галузі. У рамках цих структур проведено понад 150 семінарів з цифрової рентгенодіагностики, перепідготовлено більше ніж 1000 лікарів-рентгенологів і 1500 рентгенлаборантів. Понад 150 рентгенологів пройшли тематичні курси удосконалення «Цифрові технології в радіології»

на кафедрі радіології Національної медичної академії післядипломної освіти ім. П.Л. Шупика, які було започатковано за підтримки Центру рентгенівських технологій АРУ.

Іншим надзвичайно важливим процесом для рентгенодіагностики України початку XXI століття є швидке збільшення кількості мультиспіральних комп'ютерних томографів (МСКТ) у державних (понад 150) і приватних (понад 200) діагностичних центрах. Діагностична інформація, що представлена у вигляді великого числа томографічних зрізів, що використовується в томографах, докорінно поліпшила [2] контроль перебігу патологій і простоту читання цієї інформації. Популярність обстежень на МСКТ підтверджується [3] тим, що якщо середнє річне навантаження на рентгенографічний апарат в Україні становить лише 28% від раціональної величини, то середнє навантаження на МСКТ перевищує 95%. На жаль, застосування МСКТ супроводжується багаторазовим збільшенням дозових і фінансових навантажень на пацієнтів [4]. З цих причин використання МСКТ для первинної рентгенодіагностики викликає серйозні заперечення [5].

Враховуючи вищезазначене, для України актуальним залишається завдання переведення на цифрову технологію рентгенодіагностичних апаратів у закладах 1-го і 2-го рівнів надання медичної допомоги (всього понад 5000 апаратів), де має виконуватися діагностика для більш ніж 90% звернень громадян. Такий перехід необхідно поєднати з поданням діагностичної інформації у вигляді великого числа томографічних зрізів без істотного збільшення дозового навантаження на пацієнтів. Таким чином, через 20 років після початку переходу рентгенографії первинної рентгенодіагностики на цифрову технологію виникає новий етап розвитку – малодозова цифрова томографія первинної рентгенодіагностики (МЦТГП).

Технічне влаштування і переведення на цифрову технологію рентгенодіagnostичних апаратів у медустановах 1-го і 2-го рівнів обслуговування пацієнтів можливі шляхом заміни запам'ятовуючих касет і касет з рентгенівською плівкою, а також старих рентгенівських електронно-оптичних перетворювачів (РЕОП) на високочутливі динамічні цифрові приймачі з полем від 12x12 см до 43x35 см [1]. Така модернізація дозволяє в рамках традиційної рентгенодіagnostики поліпшити можливості рентгенівських комплексів, спростити їх конструкцію, відмовитися від використання кошовної рентгенівської плівки, створити електронні архіви. На жаль, цього недостатньо для реалізації малодозової томографії в первинній рентгенодіagnostиці.

Революційним технічним рішенням щодо введення МЦТПР стала розробка фірмою «Дженерал Електрик» (США) методу томосинтезу для мамографії [2]. Цей метод передбачає обмежене кутами від $\pm 11^\circ$ до $\pm 32^\circ$ сканування молочної залози та виконання в ході сканування від 11 до 65 знімків, з яких потім реконструюється 40...80 томографічних зрізів, на яких патологія діагностується значно краще, ніж на мамографічних зображеннях [2]. Загальне дозове навантаження при скануванні відповідає виконанню 1...3 мамографій, що відповідає розумінню малодозовості томографії. На сьогодні томосинтез у мамографії широко використовується в апаратах експертного класу.

Для загальної рентгенографії введення МЦТПР було розпочато на телекерованих столах-штативах з використанням режиму томосинтезу при проведенні лінійної томографії. Загальновизнаним лідером у цьому напрямку є японська фірма «Шимадзу» [4]. Кут сканування при томосинтезі зазвичай не перевищує $\pm 20^\circ$, а час обстеження – менший за 10 с. Протягом цього часу виконується 80...120 знімків. Потім слідує реконструкція 200...400 томографічних зрізів, що мають роздільну здатність до 2,0 п.л./мм, що вище, ніж роздільна здатність зображень МСКТ. За існуючими оцінками [4], дозове навантаження при переході на режим томосинтезу зменшується в 10 разів (пропорційно зменшенню кута сканування) порівняно зі стандартним обстеженням на

МСКТ, де кут сканування становить 360° . Понад 1000 таких телекерованих столів-штативів з режимом томосинтезу встановлено в багатьох країнах світу, в тому числі і в Україні.

Мале дозове навантаження в режимах МЦТПР дозволило провести оцінку ефективності томосинтезу при онкологічному і туберкульозному скринінгах ОГК. Для онкологічних захворювань у хронічних курців імовірність виявлення патологій зросла з 0,5 при рентгенографії до 0,9 при МЦТПР [7], що незначно відрізняється від використання МСКТ, де ймовірність становила 0,97. При туберкульозному скринінгу ймовірність виявлення патології зросла з 0,56 при рентгенографії до 0,75 при МЦТПР [8], що також незначно гірше від використання МСКТ, де ймовірність становила 0,93. За одностороннім висновком лікарів читання зображень томосинтезу істотно легше від рентгенографії.

Подальший етап розвитку апаратури МЦТПР для загальної рентгенографії відбувся у 2016 р. Режим томосинтезу для лінійної томографії був введений у відносно дешеві рентгенографічні комплекси (РГК) на 2 робочі місця, що широко застосовуються для первинної рентгенодіagnostики. Фірми «Шимадзу» (Японія), «Джозеф Бетчарт» (Швейцарія), «Телеоптик» (Україна) та «Медапаратура» (Україна) продемонстрували такі комплекси на міжнародних виставках.

Для ілюстрації на рис. 1 наведено порівняння лінійних томограм ОГК, виконаних на аналоговому рентгенографічному комплексі традиційно на плівку, і зображень ОГК, отриманих за допомогою томосинтезу на цифровому РГК.

Явна перевага якості зображень томографічних зрізів, отриманих методом томосинтезу, в даному випадку не потребує подальших пояснень. Важливіше відзначити широкі можливості застосування МЦТПР при обстеженні органів грудної клітки (рис. 2).

Важливо відзначити, що на томографічних зрізах для різних за глибиною зон інтересу можуть виконуватися вимірювання розмірів патологій без властивих рентгенографії помилок, викликаних геометричним збільшенням об'єктів, що знаходяться

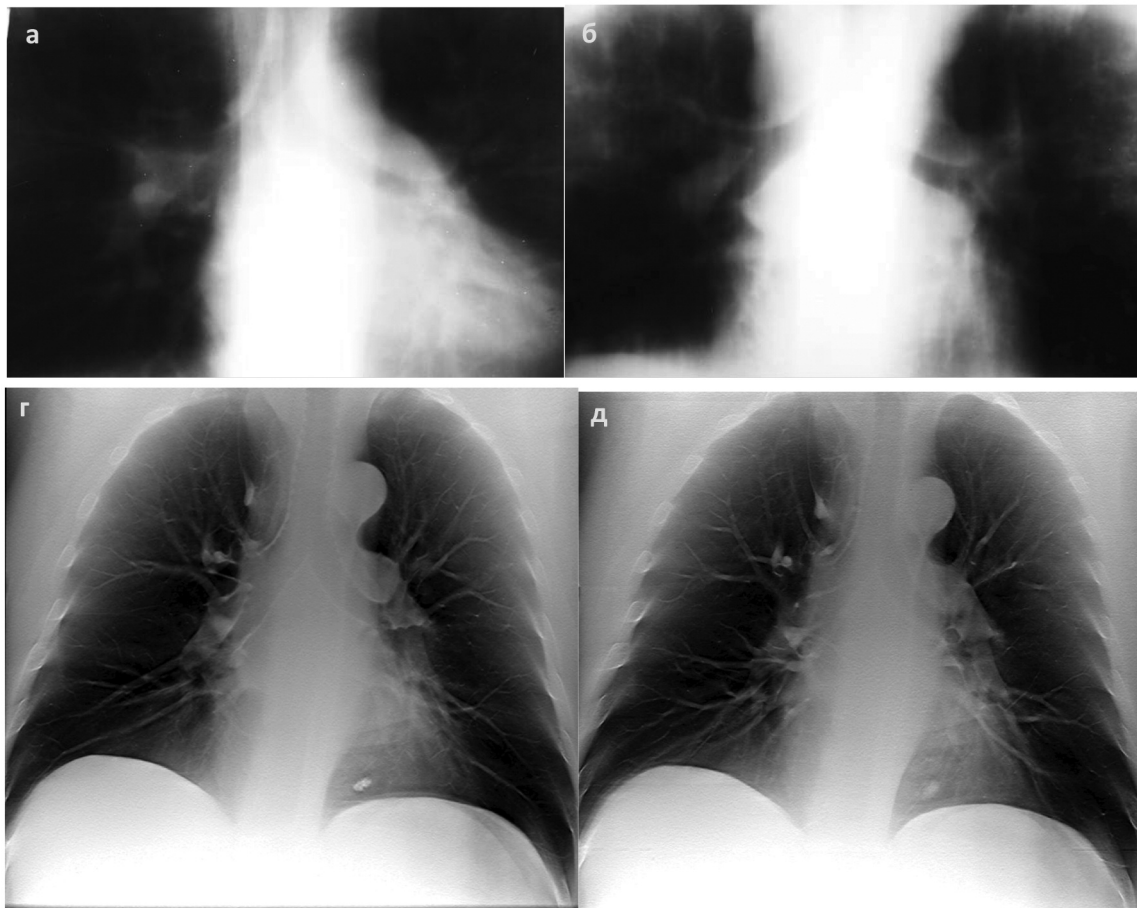


Рис.1. Приклади лінійних томограм, виконаних на рентгенівську плівку (а) і (б) при середньому дозовому навантаженні 1,2 мЗв і методом лінійного томосинтезу (в) і (г) при середньому дозовому навантаженні 0,4 мЗв



Рис. 2. Ілюстрація можливості відображення на томографічних зрізах різних за глибиною зон інтересу від ключиці до хребта порівняно з рентгенографічним знімком (крайній зліва)

ближче до рентгенівського випромінювача. Крім цього, на томографічних зрізах може бути виміряна рентгенівська щільність об'єктів аналогічно вимірам рентгенівської щільності, яка широко застосовується під час аналізу зображень МСКТ. Для рентгенографії такі вимірювання дадуть значні помилки, адже будуть виконані із зображень проєкції всіх органів і тканин, а не конкретних об'єктів спостереження.

Слід також зазначити, що при використанні лінійної томографії з томосинтезом є можливість знижувати дозове навантаження на пацієнта за рахунок обмеження площі рентгенівського опромінення як за допомогою коліматора, встановленого на виході рентгенівського випромінювача, так і застосування відомих у рентгенографії накладок з просвинцьованої гуми. Це особливо важливо для МЦТПР дітей [5].

Окрім систем томосинтезу, для МЦТПР розроблені конусно-променеві томографи, орієнтовані на обстеження конкретної зони інтересу. Такі томографи використовують ті самі динамічні цифрові рентгенівські приймачі, що й системи томосинтезу, однак дозволяють збільшити кут сканування від характерних для систем томосинтезу 40° до $210\text{...}220^\circ$ у конусно-променевих томографах. У результаті з'являється можливість реконструювати томографічні зрізи у довільному напрямку і будувати тривимірні (3D) образи. Найбільш відомі і широко застосовуються серед рентгенівських апаратів,

що розглядаються, – дентальні томографи [4]. Сьогодні їх широко використовують в дентальних клініках для підбору імплантатів і в інших цілях.

Інший клас конусно-променевих томографів розроблений фірмами «Планмед» (Фінляндія), «Керестрим» (США), і «НаноФокус-Рей» (Південна Корея). Основне призначення цих томографів – обстеження голови і кінцівок при травмах і контроль за динамікою патології.

Характерною особливістю конструкцій цього класу конусно-променевих томографів є мобільність і малі габарити (рис. 3).

Незважаючи на можливість виконання рентгенографії, зазначені апарати насамперед орієнтовані на виконання малодозової томографії.

Поява на світовому ринку апаратів з томосинтезом для мамографії та загальної рентгенографії, а також спеціалізованих конусно-променевих томографів відображає тенденцію використання малодозової томографії для первинної рентгенодіагностики в медустановах 1-го і 2-го рівнів. Для підтвердження доцільності цієї тенденції розглянемо таблицю. У ній відзначено знаком (+) характеристики чи функції, що добре реалізуються за допомогою даного методу візуалізації, а знаком (-) – характеристики чи функції, що реалізуються погано або не реалізуються зовсім.

Дані таблиці свідчать про те, що рентгенографія, незважаючи на високу детальність

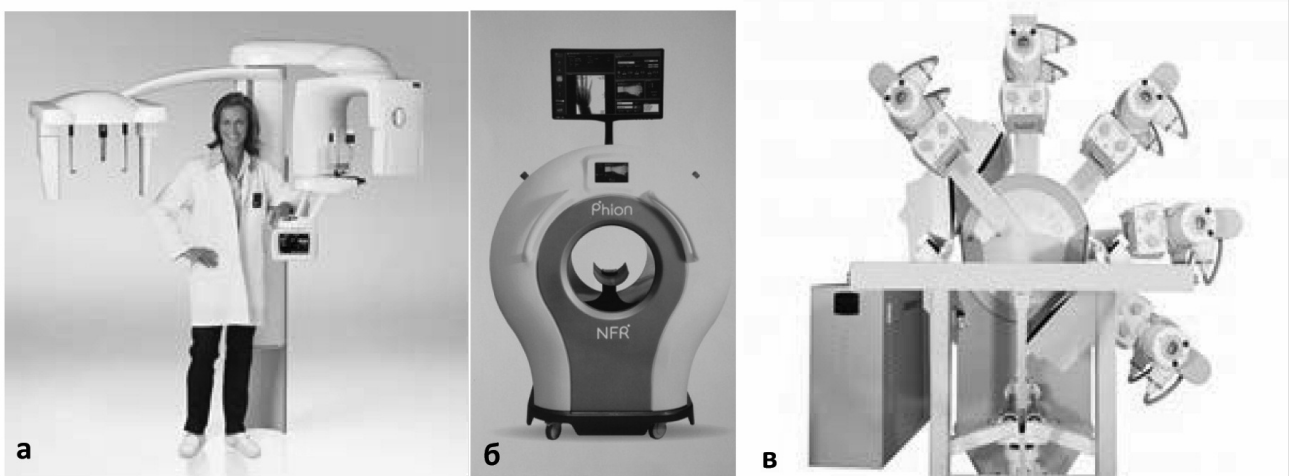


Рис. 3. Конусно-променеві томографи: (а) – дентальний, (б) і (в) — для обстеження голови і кінцівок

зображення, що формується, низьке дозове навантаження на пацієнта, компактність обладнання і малу його ціну, має такі серйозні недоліки, як великі помилки у вимірах розмірів і рентгенівської щільності зображень, що формуються. Основний же недолік рентгенографії, закладений у принципі формування рентгенограм, – сумація зображень усіх шарів тіла пацієнта, розташованих між рентгенівським випромінювачем і приймачем. Це значно ускладнює читання рентгенограм і суттєво знижує ефективність рентгенографії, як діагностичного методу.

Перевагою томографії, яка реалізується на МСКТ, є висока роздільна здатність по градаціях яскравості. Це дозволяє спостерігати і вимірювати геометричні розміри патологій дуже низького контрасту і їх рентгенівську щільність. Недоліком МСКТ є великі габарити, висока вартість апаратури як при закупівлі, так і під час експлуатації та ремонту. На жаль, цьому методу візуалізації притаманне підвищене дозове навантаження на пацієнта.

Швидке поширення останніми роками обладнання для томосинтезу та обґрунтованого збільшення уваги до нього свідчить про те, що цей метод з'явився вдалим компромісом між рентгенографією та томографією на

МСКТ. Томосинтез у цілому не замінює обстеження на МСКТ. Водночас, режим томосинтезу значно розширює можливості рентгенодіагностики (табл. 1) без істотного збільшення дозового навантаження на пацієнтів, притому що реалізація функції томосинтезу в рентгенодіагностичних комплексах незначно збільшує їх закупівельну та експлуатаційну вартість.

На сьогодні в Україні розпочато встановлення перших серійних вітчизняних рентгенівських апаратів з режимом томосинтезу і конусно-променевих томографів у медичних установах і ветеринарних клініках України.

Тобто через 20 років з початку переходу до цифрової рентгенодіагностики виникає новий етап впровадження цифрової візуалізації рентгенівських зображень у клінічну практику, а саме перехід до малодозової цифрової томографії в первинній рентгенодіагностиці. МЦТПР реалізується через використання режиму томосинтезу в рентгенографічних апаратах загального призначення, а також спеціалізованих конусно-променевих томографів. Малий кут сканування в системах томосинтезу дозволяє багаторазово знизити дозове навантаження на пацієнтів порівняно з обстеженням на МСКТ.

Таблиця

Порівняння методів рентгенівської візуалізації

Функція чи характеристика	Графія	Томосинтез	Томографія
Детальність	+	+ -	—
Вимірювання розмірів	—	+	+
Вимірювання щільності	—	+	+
Простота читання	—	+	+ -
Обмеження площі опромінення	+	+	—
Мале променеве навантаження на пацієнта	+	+	+ -
Малі розміри обладнання	+	+	—
Низька ціна обладнання	+	+ -	—
Рівень медичного закладу	I-II	I-II-III	II-III

Томосинтез у цілому не замінює обстеження на МСКТ. Водночас, режим томосинтезу значно розширює діагностичні можливості рентгенографії без істотного збільшення дозового навантаження на пацієнтів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Мирошніченко С.И. Цифровые приемники рентгеновских изображений. — К.: Медицина Украины, 2014. — 100 с.

2 Suetens P. *Fundamentals of medical imaging* // Cambridge university press. — 2011. — 253 p.

3. Мірошніченко С.І., Балашов С.В., Коваленко Ю.М. Променева діагностика в Україні на рівні XXI сторіччя – реалії і можливості // Медичний ринок. — Осінь, 2016. — С. 7-13.

4. Національне керівництво для лікарів, які направляють пацієнтів на радіологічні дослідження / МОЗ України, АРУ. — К.: Медицина України. — 78 с.

5. Урина Л.К. Опыт лучевой диагностики в педиатрии (наблюдения из практики) – К.: Медицина Украины, 2009. — 124 с.

6. Best-in-class // RADbook. — 2016. — P. 2.

7. Endo K. The Possibilities Tomosynthesis Brings to Lung Cancer Screening // JRC. — 2010. — P.1-6.

8. Никитин М. Возможности цифрового томосинтеза в диагностике различных форм туберкулеза легких // Russian Electronic Journal of Radiology. — 2016. — № 6. — С.35-47.

Мірошніченко С.І., Невгасимий А.А. Від цифрової рентгенографії до малодозового томосинтезу і конусно-променевої томографії// Медичний ринок. – 2017, осінь. – с. 14-18.

APPLICATION OF DIGITAL TOMOSYNTHESIS IN DIAGNOSING SPINAL TUBERCULOSIS – FIRST CLINICAL EXPERIENCE IN UKRAINE

O. Sharmazanova¹, N. Deresh², L. Urina³, Y. Kovalenko⁴

¹Department of Radiology Kharkiv Medical Academy of Post-graduate Education
58 Amosova str., Kharkiv, Ukraine, 61176
olena.sharm@gmail.com

²Department of Radiology Diagnostic Centre «Omega»
10 Maxymovycha str., Kyiv, Ukraine, 03022
natalka.deresh@gmail.com

³Department of Radiology Children's Clinical Hospital № 3 of Solomyansky District
21 Volynska str., Kyiv, Ukraine, 03151
larisaurina49@gmail.com

⁴Center of X-ray technologies of the Association of Radiologists of Ukraine,
9 Dorogozhytska str., Kyiv, Ukraine, 04112
aru-ua@ukr.net

Abstract

Diagnosis of tuberculous spondylitis is based on the comparison of clinical-laboratory, bacteriological data and radiological methods. Digital tomosynthesis is a new method of X-ray diagnostics for performing with high-resolution limited-angle tomography at short-pulsed exposures in one pass of the tube with reconstruction of several hundred longitudinal sections of the research object without superposition of tissues. Possibilities of tomosynthesis are studied for various clinical situations.

Aim of research. To study and apply the possibilities of digital tomosynthesis in the diagnosis of tuberculous spondylitis, conduct a comparative analysis with other radiological methods.

Materials and methods. Digital tomosynthesis was performed for 95 patients with various spine diseases (select group 8.4 % with tuberculous spondylitis) at the domestic digital roentgen-diagnostic complex with the mode of digital tomosynthesis after performing digital projectional radiography of spine.

Results and discussion. The benefits of tomosynthesis were shown and a comparative analysis with other visualization methods in the diagnosis of spondylitis was performed. Cases of the first clinical application of the method in Ukraine were demonstrated.

Conclusion. Digital tomosynthesis of the spine is a new promising diagnostic tool by which you can obtain qualitative spine images in the form of numerical thin sections with no exaggeration effect. Results are comparable to CT data for detecting bone destruction at lower radiation load levels. Digital tomosynthesis provides better visualization of the small joints of the spine and the ability to evaluate each anatomical element of the vertebra at different depths, helps to detect pulmonary manifestation of tuberculosis.

Keywords: radiography, digital tomosynthesis, magnetic resonance imaging, computed tomography, spondylitis.

1. Introduction

Diagnosis of tuberculous spondylitis is based on the comparison of clinical-laboratory, bacteriological data and radiological methods [1]. Radiological signs are important not only for diagnostics, but for monitoring the dynamics and evaluation of effectiveness of the treatment. Early diagnosis of tuberculous spondylitis is crucial for effective treatment [2].

X-ray of the spine (projectional radiography) in two projections for a long time remained the basic method of diagnosis of spondylitis. However, due to the low sensitivity of 15–70 % [3], and some physical limitations of the method, it was replaced by the modern cross-sectional imaging methods of diagnosis: computer and magnetic resonance imaging (CT, MRI). They demonstrated a significant advantage in the diagnosis of spondylitis, in comparison with radiography, particularly due to the excellent three-dimensional visualization of any anatomical region of the spine and a multi-parametric morphological evaluation of all tissues involved in the inflammatory process.

The main benefit of MRI was the detection of spondylitis in the pre-roentgenological subclinical stage of the disease, before the appearance of bone destruction at the stage of bone marrow infiltration, as well as in evaluating of the process spreading to soft tissues, spinal channel and spinal structures with a sensitivity of 100% and a specificity of 80% [4]. However, this method still remains expensive and hardly accessible.

Due to the lack of an abstract effect, high spatial and contrast ability, CT gives us a complete access to see bone changes and destructive changes of the spine under spondylitis (severity and localization of lesions, the presence of cavities and sequestering, the full formation of the bone block or residual cavity, as well as the presence of Sequestrum formation, gas etc.) with a sensitivity of 98–100% [4]. The disadvantage of CT remains a large radiation dose level, which is 5–10 mSv per one anatomical part of the spine. That requires some limitations for frequent use to control the effectiveness of treatment, as well as in paediatrics.

Digital tomosynthesis (DT) is a new method of X-ray diagnostics for performing with high-

resolution limited-angle tomography at short-pulsed exposures in one pass of the tube with reconstruction of several hundred longitudinal sections of the research object [5]. DT avoids one of the main drawbacks of the X-ray method – the superposition of tissues (total projective overlay) and allows getting the huge number of images that can be viewed in the form of a video loop. In this case, the spatial resolution of the image in the plane of the cut at tomosynthesis is higher than

in the case of CT. Radiation dose levels of DT comparable with projectional radiography. DT has an intermediate position between projective X-rays and CT, which allows considering it as a potential low-dose technique, an alternative to CT imaging [6, 7]. Possibilities of tomosynthesis are studied for various clinical situations, particularly for the detection of vascular, head and neck, breast, thoracic and musculoskeletal system pathologies [7]. In 2016–2017, foreign publications on the diagnostic capabilities of digital tomosynthesis for the visualization of bone and joint pathology appeared. They were mostly used in rheumatology for the diagnosis of rheumatoid arthritis, ankylosing and infectious spondylitis and traumatic bone lesions [8, 9]. In our country, the technique has not yet received a wide clinical use, with the exception of the mammographic direction [10] and still requires clinical examination.

2. Aim of research

Study and apply the possibilities of digital tomosynthesis in the diagnosis of tuberculous spondylitis, conduct a comparative analysis with other radiological methods.

3. Materials and methods

Digital tomosynthesis was performed for 95 patients with various spine diseases, of which a group of 8 cases (8.4 %) was selected for research with the diagnosis of tuberculous spondylitis on the basis of bacteriological and clinical-radiological comparison. In equal proportions, men and women are 1:1, 25 to 63 years old (44 ± 19 on average). The tests were performed at the domestic digital roentgen-diagnostic complex with the mode of digital tomosynthesis after performing digital projectional radiography of spine. Spine exa-

minations were performed at anode voltage of 90–100 kW and 100–120 mAs in one projection, with the radiation dose level on the patient did not exceed 3.0 mSv. For each DT examination 256 images were taken in 1 mm step, viewed as a video loop with the possibility of post processing on standard DICOM viewers.

Selected criteria of diagnostics:

1. Detection and evaluation of bone destruction.
2. Evaluation of the intervertebral disc.
3. Detection and evaluation of paravertebral abscesses.
4. Evaluation of distribution in the vertebrate channel.

Digital radiographs, digital tomosynthesis, delivered CT and MRI spinal column images were compared.

4. Results and discussion

Tuberculous spondylitis was defined as mono-segmental lesion (two adjacent vertebrae and intervertebral disk) in 75 % (n=6) cases and polysegmental in 25 % (n=2). All patients were already at the spondylitic stage of the disease with bone destruction 100% (n=8). The tuberculosis process was localized

in the thoracic spine (25% n=2), thoraco-lumbar (25% n=2), lumbar (50% n=4).

The predominant productive type of inflammation was 62.5 % (n=5). The main features of the injury were contact and fragmentary destruction of the vertebral bodies, lowering the height of the vertebral bodies and wedge-shaped deformation, lowering the height and structural changes in the intervertebral disks.

The results of detection of bone destruction on the DT appeared to be higher than radiographic data and comparable to CT scan: radiography 62.5 % (n=5), DT 100 % (n=8), CT 100 % (n=8). Sequestrum formation detected DT 12.5 % (n=1) and CT 25 % (n=2), not seen on radiography.

With the help of DT, thin destruction of the cortical layer of vertebrae on the lateral surface under the spine ligament was detected with polysegmental lesion (12.5 %, n=1), which wasn't visible on the X-ray (Fig. 1).

Disc anomalies: decrease the height of the intervertebral disc – results are comparable to all methods (Fig. 2). Structural disks (signal abnormality, density or contrast enhancement) – X-ray and DT-0%, CT 25% (n=2), MRI 100 % (n=8).

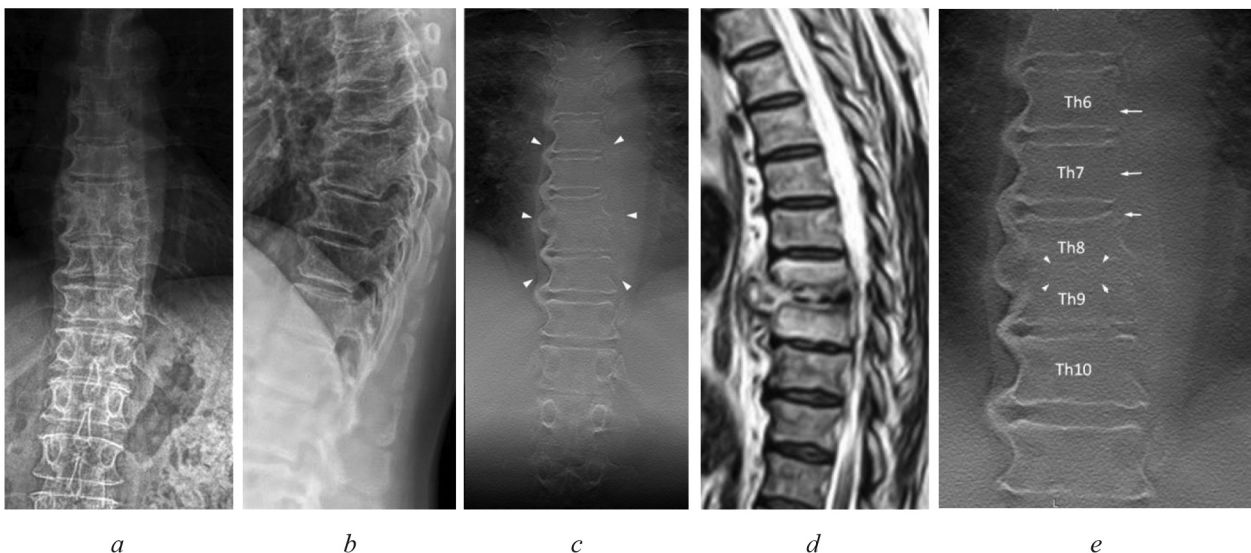


Fig. 1. Female, 63 y.o., with tuberculous spondylitis Th8–Th9: a – digital X-ray of the spine, direct projection; b – digital X-ray of the spine, lateral projection; c – digital tomosynthesis (arrowheads marked with paravertebral abscess); d – MRT T2W sag; e – enlarged digital tomogram Th6–Th10 (the arrowheads indicate the destroyed Th8–Th9 end plates through a disk, the arrows denote the destruction of the cortical layer and the corners on the left lateral surface of Th7 and Th6 vertebrae, subligamentous spread)

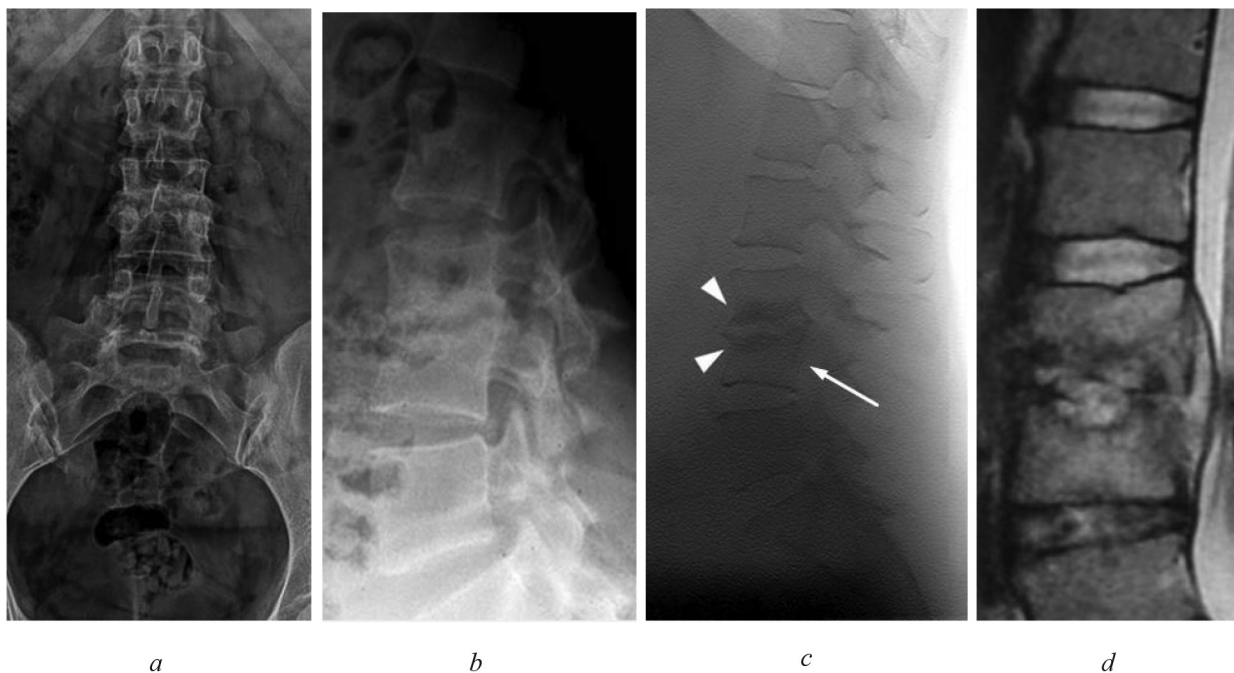


Fig. 2. Male, 40 y.o., with tuberculous spondylitis L3-L4: a – digital X-ray of the spine, direct projection; b – digital X-ray of the spine, lateral projection; c – digital tomosynthesis of the spine (the heads of the arrows indicate the destroyed end plates of the vertebrae L3-L4 with increased subchondral sclerosis and decrease the height of the intervertebral disc, arrow – subligamentous abscess); d – MRI T2W sag.

In 75 % (n=7) of the study group paravertebral abscesses were detected (radiography of 25% (n=2), DT 62.5% (n=5), CT 75% (n=7), MRI 75% (n=7).

Digital tomosynthesis allowed detecting a small paravertebral abscess and more accurately estimating the length of abscesses, as compared to the spine radiography. MRI has advantages in the diagnosis of the spread of epidural abscess and in the evaluation of vertebral channel stenosis.

In the case of 1 patient (12.5 %), with the help of digital tomosynthesis of thoracic cavity, in addition to spondylitis in Th12-L1, miliary dissemination in lungs (size of nodules from points to 2 mm) and decay were revealed. Due to the possibility of research at different depths, it was clearly established segmental localization of the cavity of decay (in S6 right pulmonary subpleural) (Fig. 3).

The advantage of DT was a clear visualization of different parts of the spine without an exaggerated effect throughout the depth (Fig. 4). It made possible to more accurately assess the state of articular facets, their integrity, the

presence of erosions or osteophyte formation, or normal appearance (Fig. 5). Evaluation of small joints of the spine on the radiograph 25% (n=2), DT 87.5% (n=7), CT 100% (n=8).

Limitations of the DT method: the image of the thoracic spine was more precise and diagnostically informative, as opposed to the image of the lumbar spine. Obviously, this is due to the need to select and optimize scan modes properly (kV, mAs).

5. Conclusions

1. Digital tomosynthesis of the spine is a new promising diagnostic tool by which you can obtain qualitative spine images in direct or lateral projections, in the form of numerical thin sections with no exaggeration effect.

2. DT can be detected through inter-disc and subligamentous lesions, accompanied by bone destruction and formation of paravertebral abscesses. DT provides better visualization of the small joints of the spine and the ability to evaluate each anatomical element of the vertebra at different depths.

3. The DT results are comparable to CT data for detecting bone destruction at lower ra-



Fig. 3. Male, 39 y.o., with tuberculous spondylitis Th12-L1 and pulmonary tuberculosis: a – digital X-ray of the spine in the direct projection; b – digital X-ray of the spine in the lateral projection (the arrow marked the affected segment of the spine); c – digital tomosynthesis of the chest (the heads of the arrows are marked by the miliary dissemination of the lungs); d – digital tomosynthesis of the chest (the arrow is the cavitation in S6); e – CT image

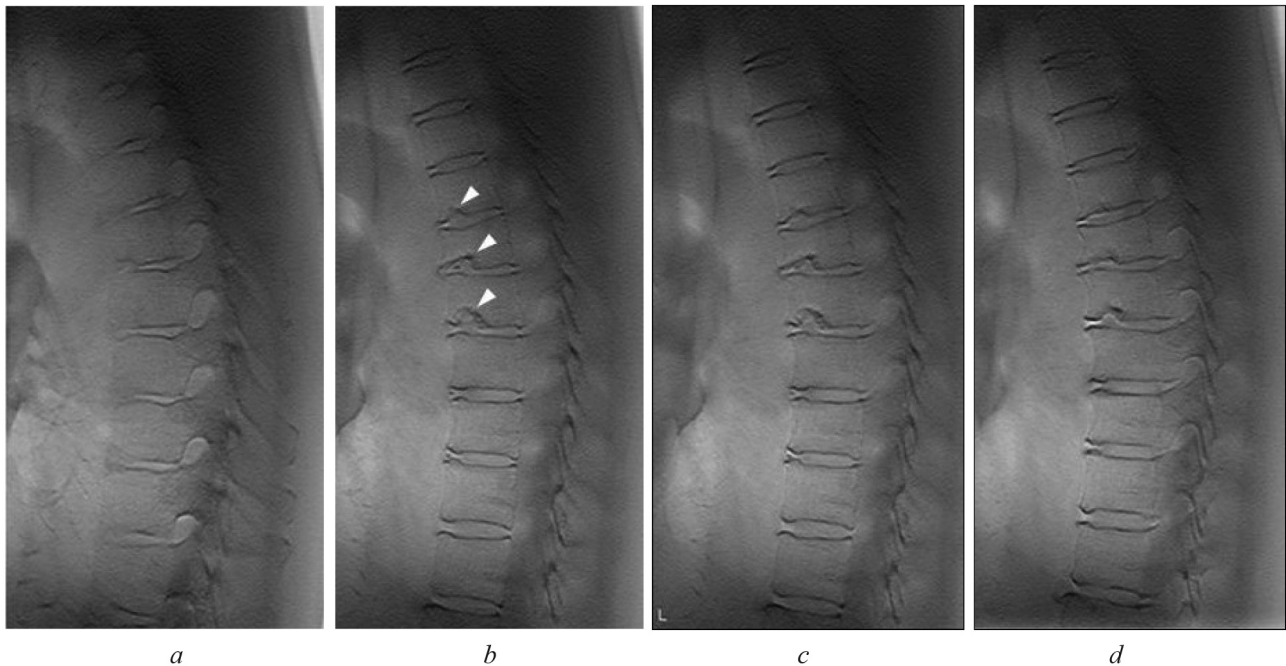
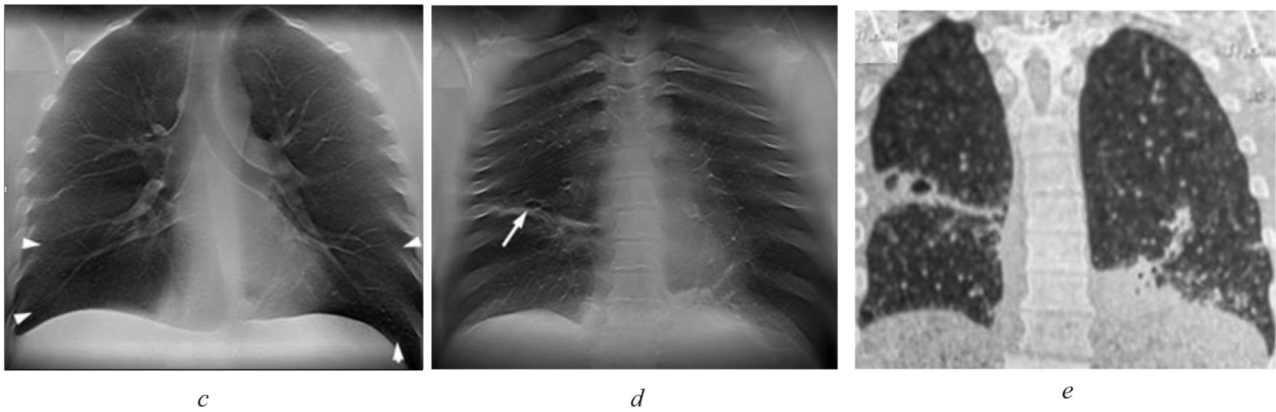


Fig. 4. Female, 53 y.o., with thoracic osteochondrosis. Digital tomosynthesis of the thoracic spine in lateral projection: a – right parasagittal view; b – right sagittal view (the heads of the arrows are marked by multiple cartilage nodes of Shmorl, no bone destruction); c – left sagittal view; d – left parasagittal view

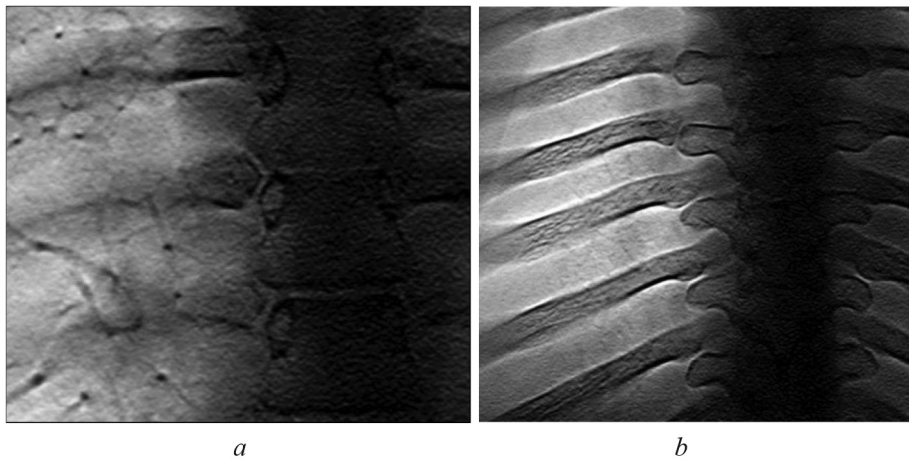


Fig. 5. Female, 25 y.o. Digital tomosynthesis of the thoracic spine, normal appearance costovertebral joints:
a – rib's neck and tubercle, processus transversus; b – rib's head

diation load levels, indicating the prospect of using DT in the absence or replacement of CT, as well as for multiple control during treatment cavitation.

5. The DT method needs to be finalized to obtain better quality images by optimally selecting the parameters of the survey.

References

- [1] Holka, G. G., Vesnin, V. V., Fadeev, O. G., Burlaka, V. V., Oliynyk, A. O., Garkusha, M. A. (2017). Zagalni pryncypy diagnostyky tuberkuloznogo spondylitu. *Travma*, 8 (3). Available at: <http://www.mif-ua.com/archive/article/44806>
- [2] Skoura, E., Zumla, A., Bomanji, J. (2015). Imaging in tuberculosis. *International Journal of Infectious Diseases*, 32, 87–93. doi: <http://doi.org/10.1016/j.ijid.2014.12.007>
- [3] Chen, C.-H., Chen, Y.-M., Lee, C.-W., Chang, Y.-J., Cheng, C.-Y., Hung, J.-K. (2016). Early diagnosis of spinal tuberculosis. *Journal of the Formosan Medical Association*, 115 (10), 825–836. doi: <http://doi.org/10.1016/j.jfma.2016.07.001>
- [4] Jung, N.-Y., Jee, W.-H., Ha, K.-Y., Park, C.-K., Byun, J.-Y. (2004). Discrimination of Tuberculous Spondylitis from Pyogenic Spondylitis on MRI. *American Journal of Roentgenology*, 182 (6), 1405–1410. doi: <http://doi.org/10.2214/ajr.182.6.1821405>
- [5] Dobbins, J. T., Godfrey, D. J. (2003). Digital x-ray tomosynthesis: current state of the art and clinical potential. *Physics in Medicine and Biology*, 48 (19), 65–106. doi: <http://doi.org/10.1088/0031-9155/48/19/r01>
- [6] Shutikhina, I. V., Tsybul'skaya, Y. A., Smerdin, S. V., Selyukova, N. V., Baturin, O. V., Kokov, L. S. (2016). Capabilities of Combined Application of Multislice Linear Digital X-ray Tomography and Ultrasound Examination in Diagnosing Spinal Tuberculous Lesion. *Sovremennye Tehnologii v Medicine*, 8 (4), 82–91. doi: <http://doi.org/10.17691/stm2016.8.4.11>
- [7] Machida, H., Yuhara, T., Tamura, M., Ishikawa, T., Tate, E., Ueno, E. et. al. (2016). Whole-Body Clinical Applications of Digital Tomosynthesis. *RadioGraphics*, 36 (3), 735–750. doi: <http://doi.org/10.1148/rg.2016150184>
- [8] Ha, A. S., Lee, A. Y., Hippe, D. S., Chou, S.-H. S., Chew, F. S. (2015). Digital Tomosynthesis to Evaluate Fracture Healing: Prospective Comparison With Radiography and CT. *American Journal of Roentgenology*, 205 (1), 136–141. doi: <http://doi.org/10.2214/ajr.14.13833>
- [9] Jiao, D., Yang, H.-S., Yang, D., Tian, W., Wang, H., Ji, H. (2016). Application of digital tomosynthesis in diagnosing spinal tuberculosis. *Clinical Imaging*, 40 (3), 461–464. doi: <http://doi.org/10.1016/j.clinimag.2015.11.003>
- [10] Dykan, I. M., Bozhok, S. M., Gurando, A. V., Kozarenko, T. M. (2017). Cyfrovyi tomosyntezi u diagnostyky zakhvoruvan grudnykh zaloz. *Health Of Woman*, 8 (124), 108–115.
- [11] Sharma, G., Ghode, R. (2016). Tubercular Spondylitis: Prospective Comparative Imaging Analysis on Conventional Radiograph and MRI. *International Journal of Anatomy, Radiology and Surgery*, 5 (3), 41–46.
- [12] Rivas-Garcia, A., Sarria-Estrada, S., Torrents-Odin, C., Casas-Gomila, L., Franquet, E. (2012). Imaging findings of Pott's disease. *European Spine Journal*, 22 (4), 567–578. doi: <http://doi.org/10.1007/s00586-012-2333-9>

- [13] Simoni, P., Gérard, L., Kaiser, M.-J., Ribbens, C., Rinkin, C., Malaise, O., Malaise, M. (2015). Use of Tomosynthesis for Detection of Bone Erosions of the Foot in Patients With Established Rheumatoid Arthritis: Comparison With Radiography and CT. *American Journal of Roentgenology*, 205 (2), 364–370. doi: <http://doi.org/10.2214/ajr.14.14120>
- [14] Joo, Y. B., Kim, T.-H., Park, J., Joo, K. B., Song, Y., Lee, S. (2016). Digital tomosynthesis as a new diagnostic tool for evaluation of spine damage in patients with ankylosing spondylitis. *Rheumatology International*, 37 (2), 207–212. doi: <http://doi.org/10.1007/s00296-016-3627-8>
- [15] Sechopoulos, I. (2013). A review of breast tomosynthesis. Part II. Image reconstruction, processing and analysis, and advanced applications. *Medical Physics*, 40 (1), 014302. doi: <http://doi.org/10.1118/1.4770281>
- [16] Siu, A. L. (2016). Screening for Breast Cancer: U.S. Preventive Services Task Force Recommendation Statement. *Annals of Internal Medicine*, 164 (4), 279–296. doi: <http://doi.org/10.7326/m15-2886>
- [17] Lang, K., Andersson, I., Zackrisson, S. (2014). Breast cancer detection in digital breast tomosynthesis and digital mammography – a side-by-side review of discrepant cases. *The British Journal of Radiology*, 87 (1040), 20140080. doi: <http://doi.org/10.1259/bjr.20140080>
- [18] Xia, Q. (2007). Dedicated Computed Tomography of the Breast: Image Processing and Its Impact on Breast Mass Detectability. 4.
- [19] Smith, A. P., Niklason, L., Ren, B., Wu, T., Ruth, C., Jing, Z.; Astley, S., Brady, M., Rose, C., Zwiggelaar, R. (Eds.) (2006). Lesion Visibility in Low Dose Tomosynthesis. *Digital mammography: 8th international workshop, IWDM 2006*. Manchester, New York: Springer, 160–166. doi: http://doi.org/10.1007/11783237_23
- [20] US Food and Drug Administration (2011). *Selenia Dimensions 3D System – P080003*.
- [21] Dobbins, J. T., McAdams, H. P. (2009). Chest tomosynthesis: Technical principles and clinical update. *European Journal of Radiology*, 72 (2), 244–251. doi: <http://doi.org/10.1016/j.ejrad.2009.05.054>
- [22] Bertolaccini, L., Viti, A., Tavella, C., Priotto, R., Ghirardo, D., Grosso, M., Terzi, A. (2015). Lung cancer detection with digital chest tomosynthesis: first round results from the SOS observational study. *Annals of Translational Medicine*, 3 (5), 67. doi: <http://doi.org/10.3978/j.issn.2305-5839.2015.03.41>

Sharmazanova Olena, Deresh Nataliya, Urina Larisa, Kovalenko Yuriy Application of digital tomosynthesis in diagnosing spinal tuberculosis – first clinical experience in Ukraine// EUREKA: Health Sciences» Number 5. – Tallinn, 2018 – p. 47-54

ПЕРСПЕКТИВИ ВПРОВАДЖЕННЯ В КЛІНІЧНУ ПРАКТИКУ РЕНТГЕНІВСЬКОГО ТОМОСИНТЕЗУ В УКРАЇНІ

Дереш Н.В., Уріна Л.К., Коваленко Ю.М.
Центр рентгенівських технологій АПУ, Київ

Останніми роками все більше уваги приділяється новому методу рентгенівської візуалізації – томосинтезу, який почав впроваджуватися в клінічну практику трохи більше ніж десять років тому [1]. Дотепер про клінічні застосування томосинтезу йшлося лише в іноземних статтях [1-6]. Проте з минулого року, коли у дитячій клінічній лікарні № 3 м. Києва було змонто-

вано першу вітчизняну рентгенівську систему з режимом томосинтезу, досвід використання цього методу рентгенівської візуалізації почав накопичуватися і в нашій країні.

У цій статті наведено клінічні випадки, коли саме використання томосинтезу дозволило правильно встановити діагноз пацієнту.

Випадок 1. Хлопчик, 3 роки, черезвиростковий перелом лівої плечової кістки. На рис. 1 а, б наведено рентгенограми, виконані через тиждень після травми: нашарування шарів вати та гіпсу перешкоджає детальній візуалізації кісткової структури. Для усунення впливу артефактів виконано томосинтез (рис. 1 в). Через 3 тижні після травми зразу ж виконано томосинтез (рис. 1 г): на наведеному зображенні чітко простежується консолідація перелому.

Випадок 2. Хлопчик, 11 років, травма: консолюдований перелом великогомілкової кістки із заходженням відламків по довжині.

Через 6 тижнів після травми пацієнту виконано рентгенографію в двох проекціях (рис. 2 а, б) та томо-

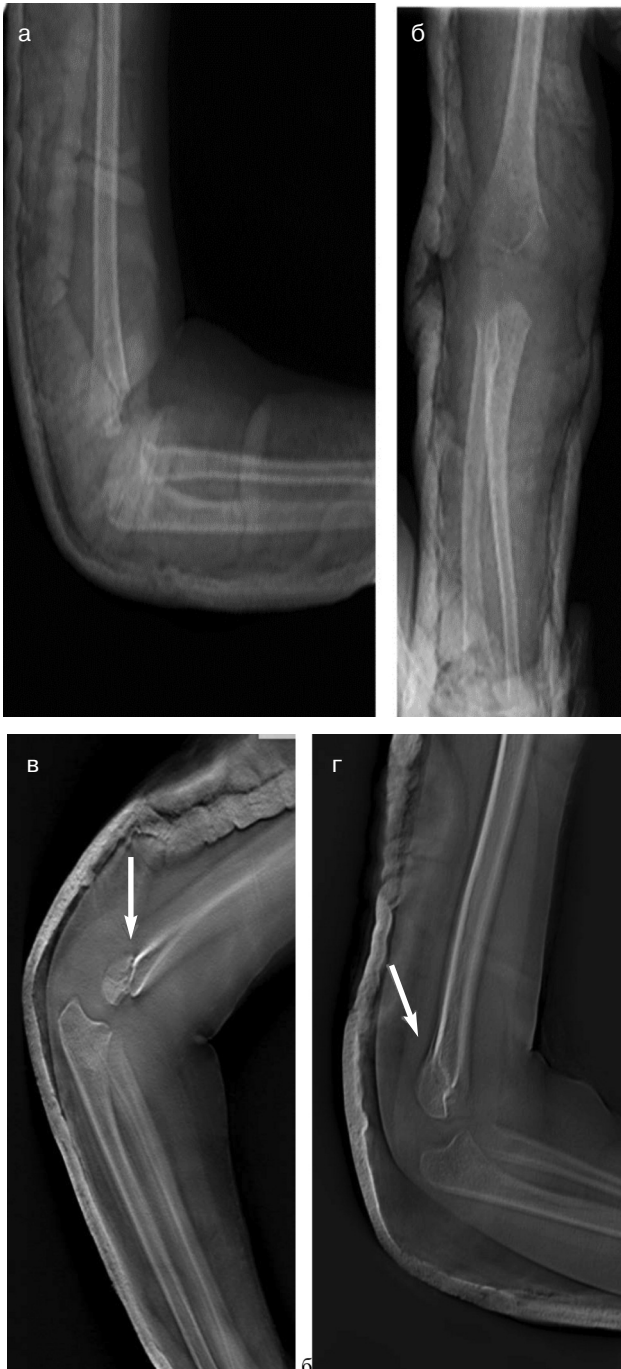


Рис. 1. Хлопчик, 3 роки, черезвиростковий перелом лівої плечової кістки: а, б — рентгенографія; в, г — томосинтез



Рис. 2. Хлопчик, 11 років, травма: а, б — рентгенограми; в — томограма

синтез. На представленій томограмі (рис. 2 в) детально візуалізується консолідація кісток.

Випадок 3. Жінка, 68 років, перелом шийки лівого стегна

За допомогою наведеної на рис. 3а рентгенограми можна поставити вказаний вище діагноз, проте томосинтез (рис. 3 б) дозволяє побачити тонкі лінії перелому.



Рис. 3. Жінка, 68 років, перелом шийки лівого стегна: **а** — рентгенограма, **б** — томограма

Випадок 4. Дівчинка, 9 років, хвороба Пертеса 1.5 року

На рентгенограмі кульшових суглобів (рис. 4 а) справа спостерігається розширення суглобової щілини, сплюснена головка стегнової кістки, скорочення і потовщення шийки; структура головки неоднорідна. За допомогою томосинтезу можна чітко побачити та локалізувати місце некрозу – передня поверхня головки (рис. 4 б).

Випадок 5. Дівчинка, 13 років, ревматоїдний артрит

На представленій рентгенограмі колінних суглобів (рис. 5 а) зліва в місці прикріплення капсули в великогомілкової кістці утворилися узури, справа вони не візуалізуються. Томосинтез дозволив виявити крайові узури і в правому суглобі (рис. 5 б).

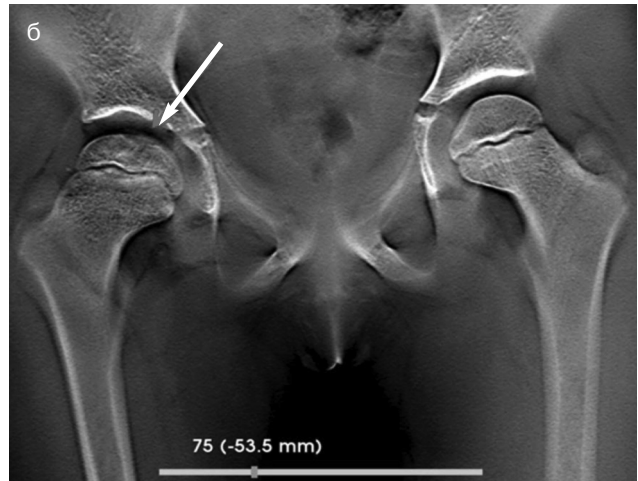
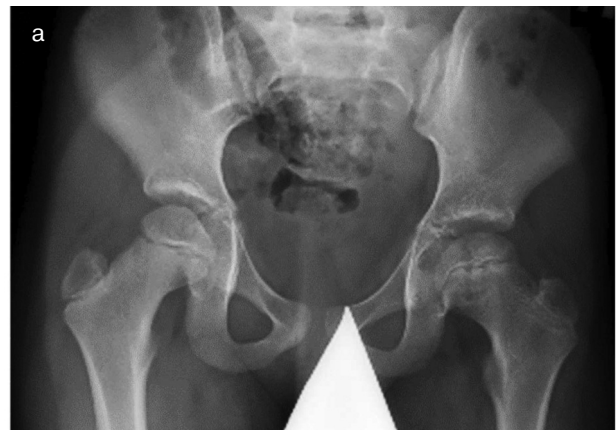


Рис. 4. Дівчинка, 9 років, хвороба Пертеса 1.5 року: **а** — рентгенограма кульшових суглобів, **б** — томограма (75-й зріз)



Рис. 5. Дівчинка, 13 років, ревматоїдний артрит: **а** — рентгенограма колінних суглобів; **б** — томограма (70-й зріз)

Випадок 6. Хлопчик, 11 років, контроль після операції з приводу остеогенної саркоми

Пацієнта було прооперовано півтора року тому в Італії. Магнітно-резонансна томографія йому проти-показана із-за наявного металевого імплантату (рис. 6 а). Комп'ютерна томографія буде в цьому випадку також не показова зважаючи на наявність артефактів. Тому пацієнту було виконано томосинтез (рис. 6 б), що дозволило максимально зменшити артефакти від встановленого імплантату та оцінити структуру кісток на різних зрізах.

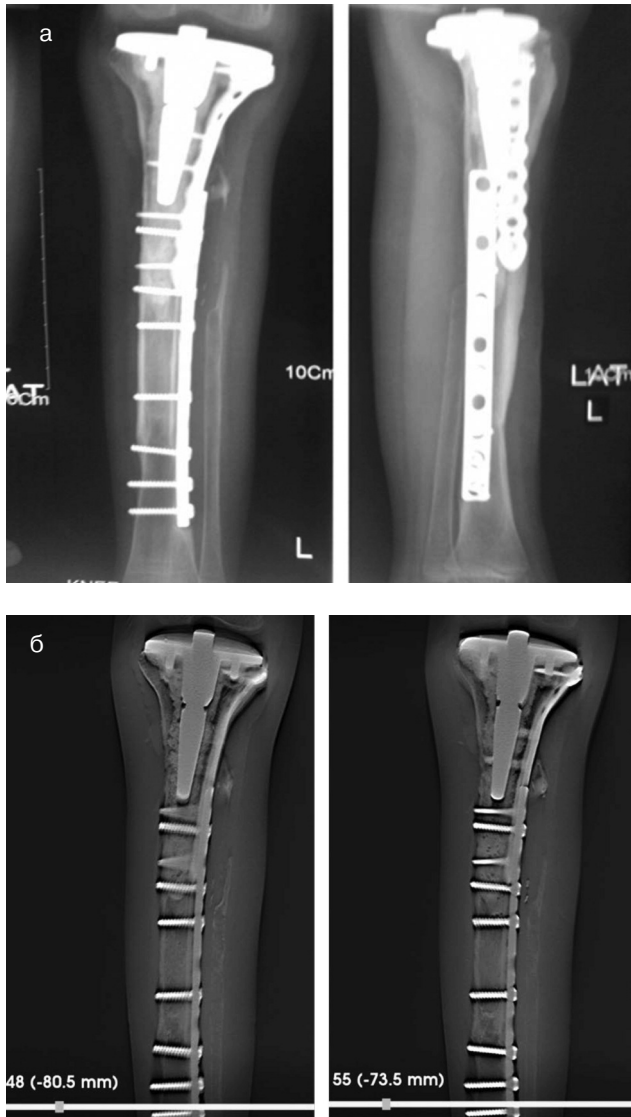


Рис. 6. Хлопчик, 11 років, контроль після операції з приводу остеогенної саркоми: **а** – рентгенограми гомілки, **б** – томограми

Випадок 7. Хлопчик, 11 років, остеїд-остеома.

У пацієнта виявлено припухлість по передній поверхні правої гомілки, болю немає. На рентгенограмах правої гомілки виявлено потовщення коркового шару по передній поверхні великогомілкової кістки. Пацієнту виконано томосинтез. На наведених томограмах чітко видно локальний набряк м'яких тканин, осередок деструкції розміром до 5 мм зі звапненням у середині.



Рис. 7. Хлопчик, 11 років, остеїд-остеома: **а** – рентгенограми правої гомілки в двох преєкціях; **б** – томограми

Випадок 8. Жінка, 20 років, муковісцидоз, легенева форма.

Пацієнтці виконано томосинтез. На наведених томограмах (рис. 8) чітко візуалізуються потовщені стінки бронхів, бронхоектази, бронхоцеле (стрілки).

Випадок 9. Жінка, 35 років, периферична пухлина S2 правої легені (порожниста форма).

Пацієнтці виконано томосинтез. На представлених фрагментах томограм (рис. 9) добре видно ампутацію бронха, метастази в кореневі лімфовузлі (стрілки). На рис. 10 для порівняння наведено зображення легені пацієнтки, отримані за допомогою різних методів рентгенівської візуалізації: рентгенографії, томосинтезу та комп'ютерної томографії.

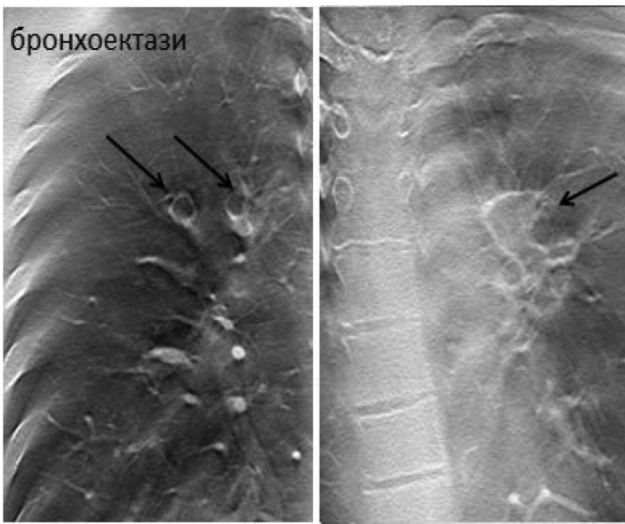
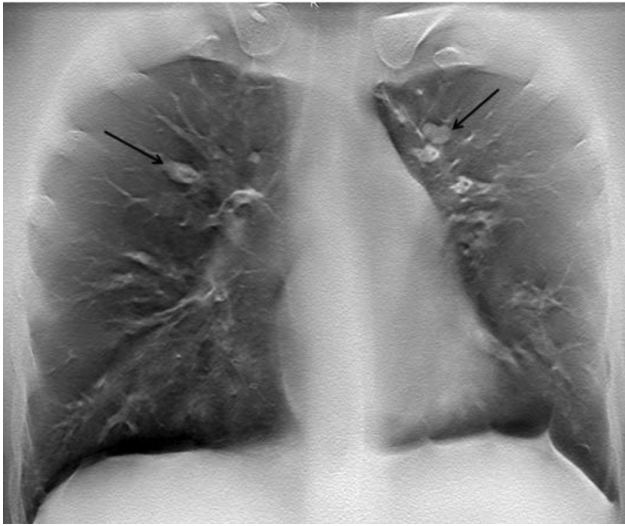


Рис. 8. Жінка, 20 років, муковісцидоз, легенева форма: результати томосинтезу

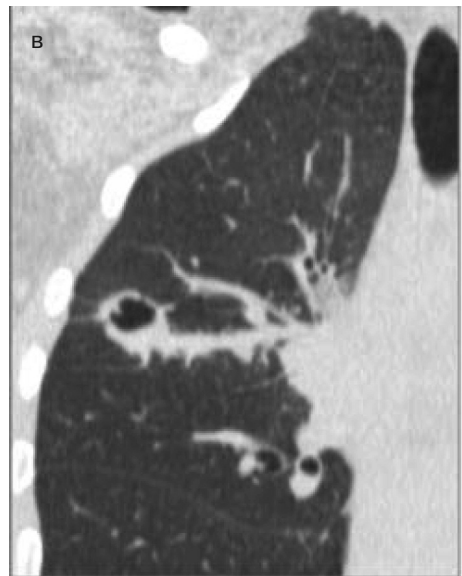
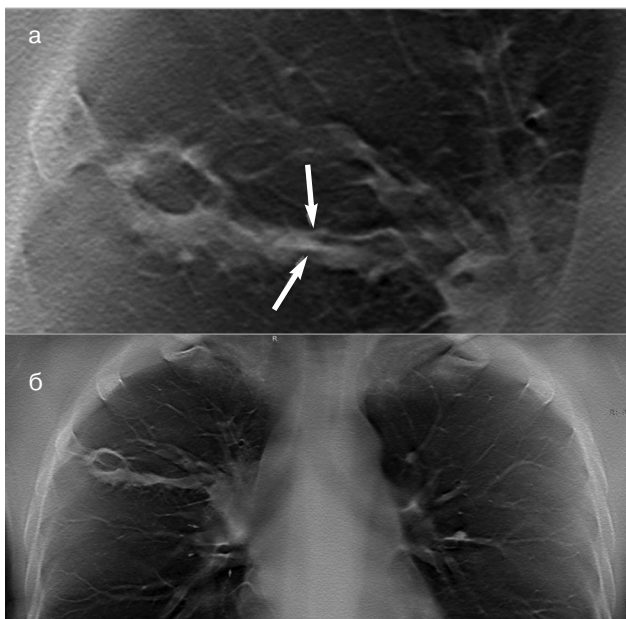


Рис. 9. Жінка, 35 років, периферична пухлина S2 правої легені (порожниста форма): результати томосинтезу

Рис. 10. Жінка, 35 років, периферична пухлина S2 правої легені (порожниста форма): цифрові зображення легені пацієнтки, отримані за допомогою рентгенографії (а), томосинтезу (б) та комп'ютерної томографії (в)

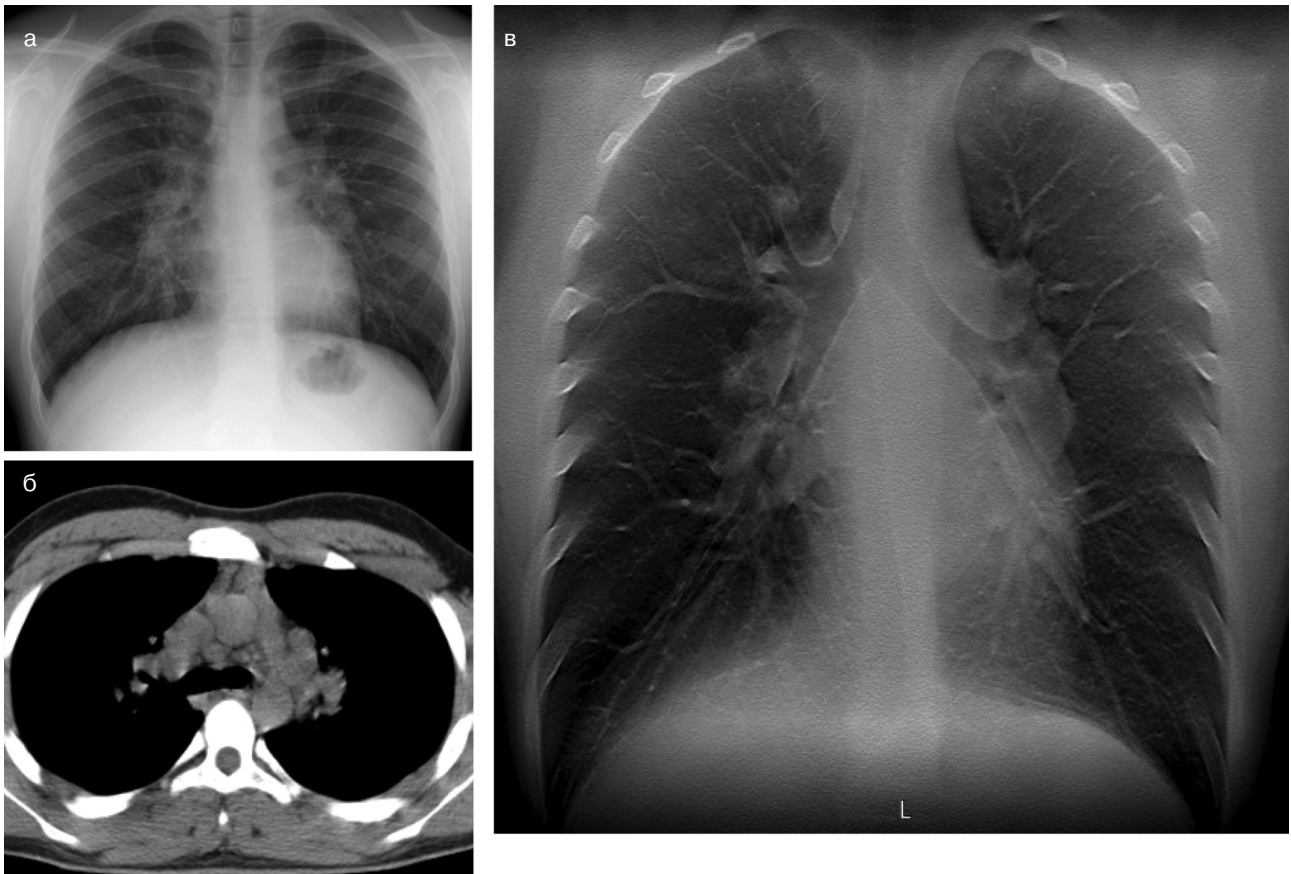


Рис. 11. Саркоїдоз внутрішньолегевих лімфовузлів: цифрові зображення легень, отримані за допомогою рентгенорфії (а), комп'ютерної томографії (б) та томосинтезу (в)

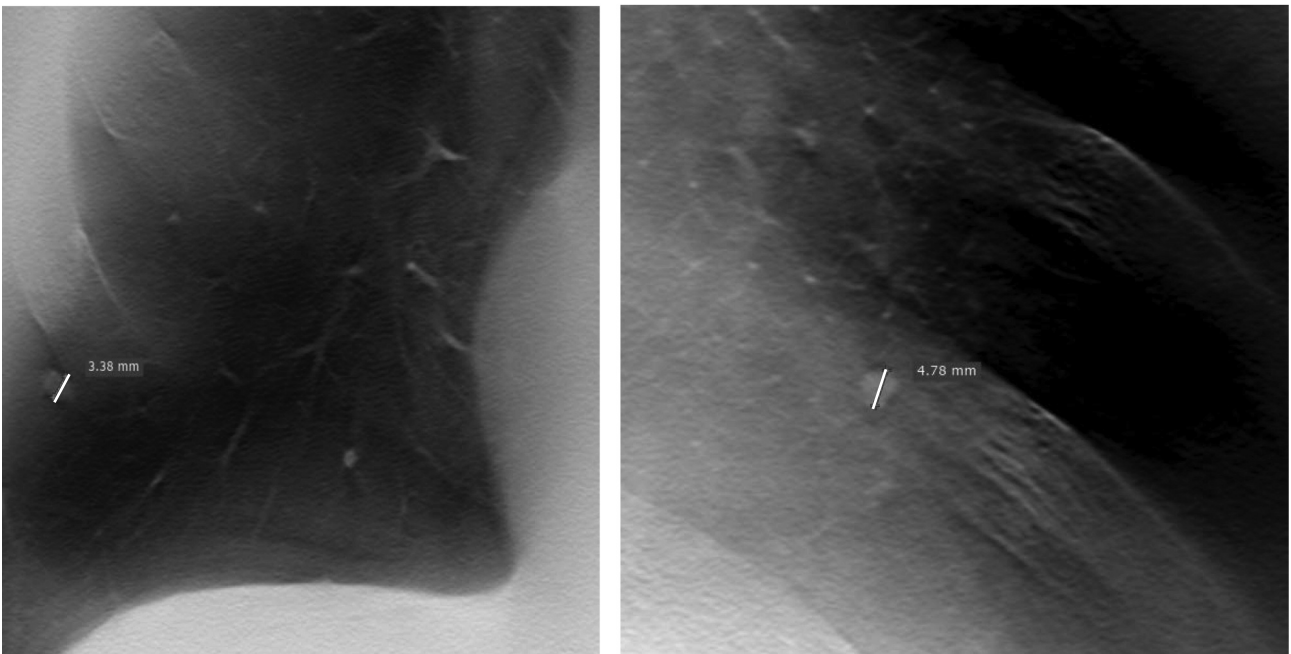


Рис. 12. Чоловік, 65 років, профогляд: дрібні вузлики в легенях (розміри 3-5 мм), виявлені при томосинтезі

Зображення, наведені на рис. 10 та 11 наочно показують, що за інформативністю томосинтез наближається до комп'ютерної томографії. При цьому інформація надається рентгенологу у більш звичній

для нього формі. Томосинтез дозволяє виявляти дрібні деталі на зображеннях та проводити вимірювання їх розмірів (рис.12).

Томосинтез усуває ефект сумачії тіней, що дозволяє більш детально оцінити кісткову структуру (ерозії, тонкі лінії переломів), забезпечує якісне динамічне спостереження за консолидацією переломів при низькій дозі опромінювання пацієнта, максимально усуває артефакти за наявності металевих об'єктів у досліджуваних ділянках тіла пацієнта, дає змогу динамічного спостереження при онкологічній патології після раніше проведеної КТ, а також можливість оцінити співвідношення в суглобах С1-С2 без відкриття рота у дітей раннього віку.

При дослідженні органів грудної клітки (ОГК) томосинтез дає можливість оцінити легеневу паренхіму та патологічні зміни в ній на будь-якій глибині. Дозволяє виявляти ураження малої величини, які непомітні на звичайній рентгенограмі, а також інфільтрати, пухлини, розпади. Дозволяє детально оцінити елементи судинного малюнка – бронхи, легеневі артерії та вени, простежити їх хід і галуження, використовуючи відеопетлю. На одержаних зображення чітко видно трахеобронхіальне дерево, можна оцінити прохідність просвітів, стенози, наявність сторонніх тіл, оцінити товщину стінок бронхів, виявити збільшені лімфовузли. Завдяки хорошій пошаровій візуалізації можна простежити стан субсегментарних та дрібніших галужень бронхів. Також можлива хороша візуалізація кісткових елементів грудної клітки (зокрема, груднини, ребер, хребта).

Наведені клінічні випадки наочно показують, що томосинтез суттєво полегшує рентгенологу виявлення патології та точне встановлення її місця знаходження за рахунок пошарового перегляду об'єкту дослідження. Це в разі підвищує ймовірність виявлення патології та, відповідно, встановлення правильного діагнозу пацієнту, що, у свою чергу, зменшує необхідність проведення пацієнтам високотехнологічних та дорогавартісних радіологічних досліджень.

З іншого боку, використання томосинтезу дозволяє зменшити вимоги до оператора, що виконує дослідження: тепер йому не потрібно знати не тільки фотопроцес, а й різні складні укладки пацієнта, які використовуються при рентгенографії, щоб побачити

без перешкод певну зону інтересу. Відповідно, спрощується завдання підготовки персоналу.

Усі наведені переваги томосинтезу свідчать про доцільність його використання у медичних закладах першого рівня для своєчасного виявлення захворювань та якісного контролю за відновленням здоров'я пацієнтів. Але це можливе лише в тому разі, якщо обладнання для томосинтезу не буде потребувати спеціальних приміщень і його ціна буде доступною. Крім того, рентгенівське обладнання з режимом томосинтезу, на якому виконуються також рентгенографічні та рентгеноскопичні дослідження, можна встановлювати поруч із кабінетами комп'ютерної томографії як страхове у разі виходу комп'ютерного томографу з ладу.

ЛІТЕРАТУРА

1. Jeong M.P., Franken E.A., Garg M., Fajardo L.L., Niklason L.T. *Breast tomosynthesis: Present considerations and future applications // Radiographics.* — 2007. — Vol. 27 (Suppl. 1). — P. 231-240.
2. *Chest Tomosynthesis: Technical Principles and Clinical Update // European Journal of Radiology.* — 2009. — 72(2). — P. 244-251. doi:10.1016/j.ejrad.2009.05.054
3. *Digital X-ray tomosynthesis: current state of the art and clinical potential // Physics in medicine and biology.* — 2009. — 48 (19): R65-106. doi:10.1088/0031-9155/48/19/r01
4. *Whole-Body Clinical Applications of Digital Tomosynthesis / Haruhiko Machida, Toshiyuki Yuhara, Mieko Tamura, Takuya Ishikawa, Etsuko Tate, Eiko Ueno, Katelyn Nye, John M. Sabol // RadioGraphics.* — 2016. — Vol. 36, No. 3.
5. *A review of breast tomosynthesis. Part II. Image reconstruction, processing and analysis, and advanced applications // Medical Physics.* — 2013. — 40 (1). — doi:10.1118/1.4770281
6. *Digital Tomosynthesis to Evaluate Fracture Healing: Prospective Comparison With Radiography and CT / Ha, Alice; Lee, Amie; Hippe, Daniel; Chou, Shinn-Huey; Chew, Felix // American Journal of Roentgenology.* — 2015. — 205, — P. 136-141. doi:10.2214/AJR.14.13833.

Дереш Н.В., Уріна Л.К., Коваленко Ю.М. Перспективи впровадження в клінічну практику рентгенівського томосинтезу в Україні // Радіологічний вісник. — 2018. — №3-4 — с. 19-24

ТОМОСИНТЕЗ В УКРАЇНІ СТАЄ ДОСТУПНІШИМ

Ю.М. Коваленко,

Центр рентгенівських технологій АРУ, Київ

Сьогодні в клінічній практиці все більшого поширення набуває новий метод рентгенологічної візуалізації, який отримав назву томосинтезу (ТС). Зокрема, у 2005 році на Європейському конгресі радіологів у Відні в газеті «ECR Today» було надруковано статтю, в якій томосинтез розглядався як альтернатива низькодозовій комп'ютерній томографії при проведенні скринінгу на виявлення раку легень. З кожним роком цьому методу і його клінічному застосуванню присвячується все більше публікацій. Зокрема, матеріали про цей новий метод рентгенологічної візуалізації минулого року було надруковано у «Медичному ринку — 2017».

До 2017 року в Україні було встановлено лише одну рентгенівську систему з режимом ТС, але у зв'язку з тим, що вона знаходиться у відомчій медичній установі, інформації про неї було небагато. Проте минулого року в країні почали працювати ще дві рентгенівські системи з ТС: одна — в лікарні швидкої медичної допомоги м. Харкова, а друга — в поліклініці дитячої клінічної лікарні № 3 м. Києва, де 17 років тому було введено в експлуатацію першу в Україні цифрову рентгенографічну систему (рис.1а).

Сьогодні відремонтоване обладнання отримало друге життя і нові можливості (рис.1б).

Поки невідомо, наскільки новітня рентгенівська система з ТС буде використовуватися в Харкові. Проте в київській поліклініці відкритий після ремонту кабінет вже знов став неформальним центром нових рентгенівських технологій, куди їдуть радіологи з Києва та інших міст країни знайомитися з новою технологією рентгенівської візуалізації.

Ефективність використання нових технологій значною мірою залежить від того, до яких рук вони потрапляють. За київську рентгенівську систему можна бути спокійними: вона попала до надійних рук Уріної Лариси Кирилівни, яка свого часу успішно опанувала цифрову рентгенографію та передала свої знання багатьом рентгенологам з усіх регіонів країни. Приємно відмітити, що молоді рентгенологи, які колись навчались у Уріної Л.К., тепер стали кваліфікованими радіологами, які нині також діляться своїми знаннями з колегами і допомагають своєму вчителю аналізувати томографічні зображення (рис. 2). І сьогодні поруч із Ларисою Кирилівною ті, хто тільки починає свій шлях у радіології. Хочеться сподіватися, що вони любитимуть радіологію так само, як їх наставник.

Незважаючи на свій багаторічний практичний досвід, Лариса Кирилівна постійно ра-



Рис. 1. Перша в Україні цифрова рентгенівська система для загальної діагностики: а – після встановлення у 2001 р.; б – після капітального ремонту у 2017 р.



Рис. 2. Біля автоматизованого робочого місця рентгенолога: а – 2007 р., б – 2018 р.

диться із своїми колегами, які сьогодні допомагають їй опанувати нову технологію рентгеновської візуалізації (рис.3). І можна бути впевненими, що вже найближчим часом ми почуємо доповіді з використання томосинтезу в клінічній практиці. Сподіваємось, що і

рентгенологи Харківської лікарні швидкої медичної допомоги також ділитимуться своїми результатами з колегами, що сприятиме більш активному впровадженню томосинтезу в клінічну практику.



Рис. 3. Радіологи всіх поколінь знайомляться з томосинтезом

Коваленко Ю.М. Томосинтез в Україні стає доступнішим// Радіологічний вісник. – 2018.– №1-2 – с. 10-11

ПРО ПРОЕКТ «ДОПОМОЖЕМО СОБІ САМІ»

Ю.М. Коваленко, С.І. Мірошніченко

Центр рентгенівських технологій АРУ, м. Київ

Децентралізація, впровадження телемедицини в клінічну практику та розвиток технологій створюють сприятливі умови для тих, хто хоче заробляти своїми знаннями. Центр рентгенівських технологій АРУ пропонує бажаним мати поруч якісну рентгенодіагностику. Центр об'єднує як технічних спеціалістів, так і експертів-радіологів, тому має можливість не тільки забезпечити замовника засобами отримання якісних рентгенівських зображень, але й залучити до їх аналізу експертів, які можуть якісно їх проаналізувати та збільшити ймовірність своєчасного встановлення діагнозу та початку адекватного лікування.

Для більшості людей, на жаль, до сьогодні рентгенодіагностика асоціюється з рентгенівськими плівками, темними кімнатами, великими приміщеннями, коштовним обладнанням, яке займає багато місця. А рентгенолог асоціюється з людиною, яка сидить у темній кімнаті, заваленій плівками та паперами (рис. 1).



Рис. 1. Традиційне сприймання рентгенодіагностики

Розвиток технологій у XXI сторіччі дозволив докорінно змінити ситуацію. Впровадження в рентгенодіагностику цифрових та інформаційних технологій дозволило розділити у часі та просторі процеси отримання рентгенівських зображень та їх аналізу, а розроблені українськими вченими динамічні

цифрові родини «Іона» — реалізувати новітню технологію рентгенівської візуалізації – томосинтез — на стандартному рентгенодіагностичному обладнанні [1, 2]. Використання цієї технології дає можливість вирішувати обидва завдання, що стоять перед рентгенодіагностикою на догоспітальному етапі: виявлення патології та її диференційний аналіз. А реалізація томосинтезу в пересувному варіанті (рис. 2)

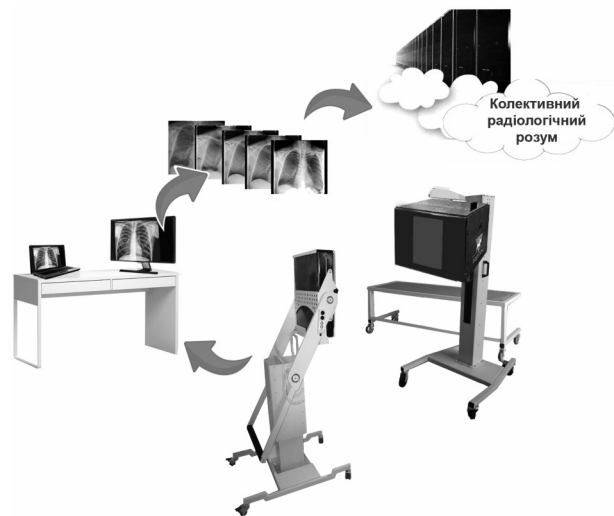


Рис. 2. Універсальна рентгенодіагностична система для медичних закладів першого рівня

[2] дає змогу наблизити його до місця першого звернення пацієнта, де лікар має прийняти одне з трьох рішень:

- 1) лікувати пацієнта амбулаторно;
- 2) відвезти його до лікарні інтенсивної терапії;
- 3) стабілізувати стан хворого та викликати швидко допомогу.

І наявність у лікаря об'єктивної діагностичної інформації про пацієнта та залучення до її аналізу провідних експертів значно підвищує ймовірність того, що рішення буде правильним.

Доцільно нагадати, що, за даними Всесвітньої організації охорони здоров'я (ВООЗ), рентгенодіагностика використовується під час встановлення 80% діагнозів

[3-5], тобто наявність оперативних результатів рентгенівського дослідження дозволяє лікарю загальної практики якнайменше у 80% звернень пацієнта прийняти рішення щодо його подальшого ведення. Тут слід також зауважити, що цифрова рентгено-діагностика дає можливість протягом 10-20 секунд отримати діагностичну інформацію про пацієнта, а використання Інтернету — протягом 10-20 хвилин отримати висновок експерту після її аналізу. А дотепер у більшості випадків лікар загальної практики виступає в ролі диспетчера, який спрямовує пацієнта в медичні заклади другого рівня, щоб вже там провели необхідні діагностичні дослідження, зокрема рентгенологічні, і далі звернулися по допомогу до відповідного спеціаліста. За таких умов навряд чи можна говорити про те, що на першому рівні надається до 80% медичної допомоги.

Хтось заперечить, що рентгенодіагностика недоступна медичним закладам першого рівня через велику вартість і значну кількість дозволів для її використання. Але чому тоді вона доступна фізичним особам-підприємцям (ФОП): цього року вже двоє ФОП-рентгенологів придбали легкі цифрові рентгенодіагностичні комплекси (ЛРДК), які можна перевозити звичайним легковим автомобілем (рис. 3), та почали приватну практику? Мабуть, не в цьому причина, особливо зважаючи на ціни, за якими купується рентгенівське обладнання на тендерах... [6].



Рис. 3. Легкий рентгенодіагностичний комплекс, що перевозиться

Та чи потрібна рентгенодіагностика на місцях і за яких умов? Безумовно, потрібен аналіз існуючої ситуації в кожному конкретному випадку.

Свого часу була дискусія між фізичними та радіологами стосовно ефективності профілактичної флюорографії, яка закінчилась порозумінням і спільною статтею: профілактичні рентгенологічні дослідження доцільні, тому що дозволяють виявляти значну кількість патології органів грудної клітки (ОГК) та своєчасно почати лікування [7-11].

А за яких умов доцільно мати рентгенодіагностику? На це питання також не можна дати однозначної відповіді, тому що це залежить не тільки від кількості населення, але й від віддаленості місця, стану доріг тощо. Тобто спочатку потрібен аудит місця та ситуації, але хотілось би тут навести цитату з Національного керівництва для лікарів, які направляють пацієнтів на радіологічні дослідження [12]: «Низькодозова рентгенографія кінцівок і органів грудної клітки є найчастішим променевим дослідженням...».

Центр рентгенівських технологій АРУ за вашим запитом допоможе вам провести такий аудит, забезпечити необхідним обладнанням, його технічним супроводженням та оперативною комунікацією з експертами.

Проте спочатку потрібно прийняти рішення, що рентгенодіагностика вам потрібна. Як у відомій пісні Сергія Нікітина «Если у вас нету тети»: «...Думайте сами, решайте сами – иметь или не иметь...». Але пам'ятайте, що допомогти собі ми можемо тільки самі.

Ну а якщо рішення прийнято або вам потрібна додаткова інформація, пишть нам на адресу crtofaru@gmail.com або зателефонуйте на номер (044) 388-42-73.

Приєднуйтеся до рентгенодіагностики XXI сторіччя!

Література

1. Kovalenko Y., Miroshnichenko S., Nevhasymy A. A Tomosynthesis Using Standard Radiographic Table with Linear Tomography Console // DOI-Link: <http://dx.doi.org/10.1594/ecr2017/C-0967>

2. Коваленко Ю.Н., Мирошніченко С.М., Невгасимый А.А. Оборудование XXI века для догоспитальной рентгенодиагностики // Радиологический вестник. — 2018. — №3-4. — С. 15-18.

3. Больницы и здоровье для всех: доклад Комитета экспертов ВОЗ по роли больниц на

первом лечебно-консультативном уровне. – Женева: ВОЗ, 1988. – С. 4-5.

4. Вуори Х.В. Обеспечение качества медицинского обслуживания. – Копенгаген: ВОЗ, 1985. – 179 с.

5. Ткаченко М.М., Морозова Н.Л. Удосконалення служби променевої діагностики на догоспітальному етапі // Променева діагностика, променева терапія. — 2013. — № 1-2. — С. 64-66.

6. Коваленко Ю.М., Василюк К.О. Особливості ринку радіологічного обладнання в Україні // Медичний ринок. — 2017. — С. 9-13.

7. Мельник В.М. Проблеми діагностики туберкульозу легень // Медичні вісті. — 1999. — №1. — С. 13-15

8. Мельник В.М. Медико-економічні аспекти виявлення туберкульозу методом скринінгової флюорографії // Променева діагностика, променева терапія. – 2001. – № 4. – С. 61-63.

9. Коваленко Ю.Н., Осадовський В.Р. Применение цифровых рентгенологических иссле-

дований для ранней диагностики патологии органов грудной полости // Журнал практического врача. – 2001. – № 6. – С.76-80.

10. Розенфельд Л.Г., Медведєв В.Є., Дикан І.М., Макомела Н.М., Осадовський В.Р., Мірошниченко С.І., Коваленко Ю.М. Концепція застосування рентгенологічних досліджень для ранньої діагностики органів грудної порожнини // Журнал практического врача. – 2003. – № 1. – С.75-78.

11. Мельник В.М., Осадовський В.Р., Коваленко Ю.М. Економічні аспекти скринінгових рентгенологічних досліджень для ранньої діагностики патології органів грудної порожнини // Променева діагностика, променева терапія. – 2004. – № 4. – С. 15-20.

12. Національне керівництво для лікарів, які на-правляють пацієнтів на радіологічні дослідження // МОЗ України, АРУ. — К.: Медицина України. – 78 с.

Коваленко Ю.М., Мірошниченко С.І. Про проект «Допоможемо собі самі» // Медичний ринок. – 2018, осінь. – с. 32-33.

ОБОРУДОВАНИЕ XXI ВЕКА ДЛЯ ДОГОСПИТАЛЬНОЙ РЕНТГЕНОДИАГНОСТИКИ

Коваленко Ю.Н. к.т.н., Мирошниченко С.И., д.т.н., Невгасимый А.А., к.т.н.

Центр рентгеновских технологий АПУ, Киев

Развитие технологий в XXI столетии многократно расширяет возможности окружающих нас вещей, оставляя порой старые названия. Так, телефон или «умный телефон» (смартфон), по существу, телефоном являются лишь в последнюю очередь. Он и мечта прошлого века — видеотелефон, и карманный телевизор, и мощный калькулятор, и фотоаппарат, и видеокамера, и многое другое, о чем взрослые не помышляют, а дети — уверенно пользуются (рис. 1). С этих позиций хотелось бы посмотреть на открывшиеся возможности для рентгенодиагностики первичного обследования пациента. Успех такого обследования, как при первом свидании, определяет многолетнюю гармонию, а ошибки — мучительные годы разочарований.



Рис. 1. Смартфон как интегратор необходимых человеку вещей

Первичное обследование, где бы оно ни проводилось, обычно обуславливается тремя ситуациями:

- пациент обращается за помощью из-за ухудшения здоровья, травмы и т.д.;
- при плановых профилактических осмотрах;
- при несчастных случаях, природных

или техногенных катастрофах, боевых ранениях.

Общим для подобных ситуаций является малое время для принятия решения, отсутствие сложного диагностического оборудования, удаленность от врачей-специалистов. Условия напоминают полевую хирургию, где особо ценится высокий процент возврата пациентов к работоспособности и полноценной жизни.

При этом следует отметить, что по данным Всемирной организации здравоохранения, почти 80% диагнозов ставится при непосредственном использовании результатов рентгенологических исследований, при проведении малоинвазивных вмешательств также чаще всего используется рентгенологический контроль [1, 2]. Несмотря на развитие высокотехнологических методов радиологической визуализации, рентгенодиагностика наиболее часто используется в клинической практике для постановки диагноза [3-5].

Не будем обоснованно рассуждать о сегодняшних трудностях догоспитальной рентгенодиагностики: дефиците квалифицированных кадров, который в настоящее время превышает 30%, и плачевном состоянии материально-технической базы рентгенологической службы страны [4, 6, 7]. Посмотрим на то новое, что дают технологии XXI века. Составим рейтинг из первых трех.

1. Прогресс в развитии рентгеновской техники. Так мощность рентгеновских моноблоков массовых палатных аппаратов увеличилась до 5 кВт и выше. Чувствительность рентгеновских приемников возросла примерно вдвое за счет относительно недорогих CsI преобразующих экранов, а сами цифровые приемники стали как рентгенографическими, так и многокадровыми рентгеноскопическими [8]. В совокупности энергетический потенциал системы «рентгеновский генератор — приемник» возрос более чем на порядок.

2. Интернет, позволяющий проводить удаленное диагностирование с использованием ноутбуков и планшетов, а также доступность «облачных» архивов хранения результатов рентгенологических исследований многократно увеличивают доступность и эффективность врачей-рентгенологов [9,10].

3. Введение микроконтроллеров и шаговых двигателей в штативные системы рентгеновских систем – появление робот-штативов, позволяющих точно перемещать рентгеновские моноблоки и приемники в пространстве, что открывает новую эру малогабаритных и недорогих томографических систем.

Примечательно, что практически в полной мере рейтинговые черты новой рентгенодиагностики проявились в ветеринарных системах для обследования лошадей. Так, разработанная в США система с робот-штативами была продемонстрирована в 2015 году на выставке RSNA (США). В этой системе (рис. 2) четыре «руки» робота исполняли виртуозный томографический танец вокруг макета лошади. Две «руки» держали рентгеновские излучатели, а две другие – рентгеновские приемники.

Важно отметить, что при обследовании на робот-системе не требуется обездвиживание лошади и ее укладка на рентгенопрозрачный стол. Нужно только успокоить лошадь, а виртуальные укладки каждой из частей тела животного будут сформированы прецизионными движениями «рук» робота. Полученные 3D изображения имеют различную разрешающую способность в соответствии с обследуемой частью тела животного.

В 2016 году на выставке American Association of Equine Practitioners (США) была впервые продемонстрирована разработанная в Украине мобильная робот-тележка, предназначенная для томосинтеза конечностей и дентального томосинтеза лошадей (рис. 3). Она выглядела более скромно по сравнению с упомянутым выше конусно-лучевым рентгеновским томографом, однако вызвала живой интерес у ветеринарных хирургов. При работе такой робот-системы сложное движение рентгеновского моноблока скрыто от наблюдения



Рис. 3. Мобильная томографическая робот-система

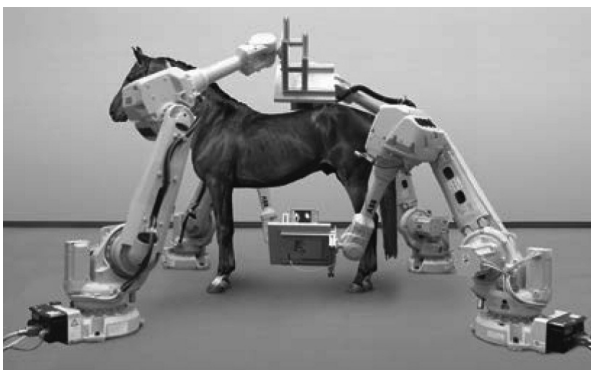


Рис. 2. Конусно-лучевой рентгеновский томограф, состоящий из четырех «рук» робота

легким и прочным углепластиковым корпусом. Впервые томографическая система подкатывается к стоящей успокоенной лошади, а не лошадь устанавливают внутри системы. При томосинтезе конечностей тележка перемещается по полу, а при ден- тальном томосинтезе – поднимается мобильным лифтом на необходимую вы- соту. Время экспозиции при использо- вании робот-системы в режиме томосинтеза составляет 2,5...3,3 с.

Обе робот-системы на сегодня нахо- дятся в серийном производстве и постав- ляются в ветеринарные госпитали США и Европейского союза.

С использованием описанных выше воз- можностей, которые предоставляют техно- логии нынешнего столетия, построена простая в обращении универсальная циф- ровая рентгенодиагностическая система для первичного обследования пациентов, позволяющая выполнять рентгенографи- ческие, рентгеноскопические и томографи- ческие (томосинтез) исследования (рис. 4).

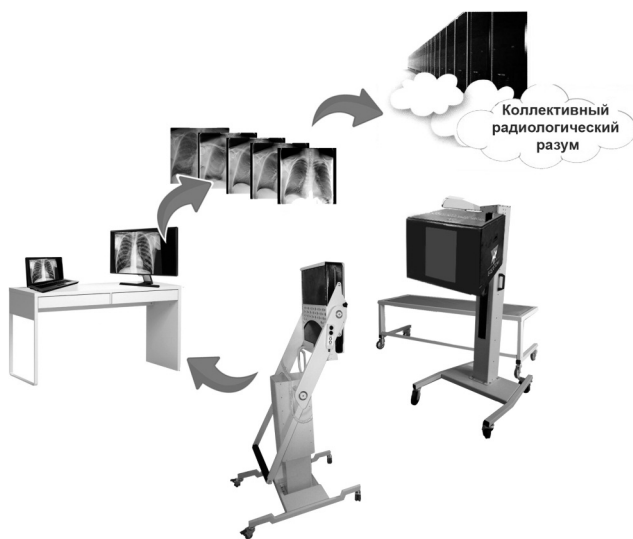


Рис. 4. Универсальная цифровая рентгено- диагностическая система для первичного обследования пациентов

Робот-система состоит из двух подвиж- ных стоек и стола-каталки. Рентгеновский моноблок устанавливается внутри угле- пластикового корпуса на прецизионную платформу робот-штатива с микрокон- троллерным управлением сдвига и враще- ния. Внешнее перемещение состоит только в подъеме углепластикового корпуса опе- ратором на нужную высоту и его направле-

нии в сторону приемника, как это выпол- няет оператор при использовании обыч- ного рентгеновского моноблока.

Динамический рентгеновский приемник с рабочим полем увеличенного размера 43x60 см и высокой кадровой частотой ус- танавливают на стойку с электромехани- ческим подъемом и тремя фиксирова- нными положениями для обследования па- циента стоя (2 положения) и лежа (рис. 5). При нахождении стойки в верхнем верти- кальном положении (рис.5а) могут выпол- няться рентгенологические исследования головы, шеи и органов грудной клетки (ОГК), в том числе цифровая рентгеногра- фия и томосинтез. А при необходимости обследования области шейных позвонков в динамике дополнительно к первым двум режимам может быть использована рент- геноскопия с частотой 8...25 кадров в се- кунду. При этом соответствующая разре- шающая способность составит 1,2...3,2 пар линий на миллиметр (п.л./мм), а время об- следования — 2...4 с.

Одним из наиболее распространенных рентгенологических исследований явля- ется рентгенография ОГК [5], которую при наличии универсальной рентгенодиагно- стической системы целесообразно заме- нить томосинтезом, уже показавшим свою эффективность для данного вида исследова- ний [12-14]. Диагностическая чувстви- тельность патологий при томосинтезе органов грудной клетки в 2...3 раза выше, чем при рентгенографии, и приближается к воз- можностям компьютерного томографа (КТ) [14]. В то же время дозовая нагрузка на па- циента существенно меньше, чем при КТ, а время обследования не превышает 4...6 с.

В нижнем положении цифрового прием- ника (рис. 5б) можно проводить обследо- вание нижних конечностей под нагрузкой, используя для этого как рентгенографию, так и томосинтез.

При обследовании пациентов в положе- нии лежа также возможны режимы рентге- нографии, кратковременной рентге- но- скопии и томосинтеза. Для реализации таких режимов стойка с приемником в го- ризонтальном положении (рис. 5в) скреп- ляется с робот-штативом моноблока, над которым размещается рентгенопрозрач-



Рис. 5. Три основных положения стойки с цифровым приемником: а и б – для проведения томосинтеза в положении пациента стоя, в – для проведения томосинтеза в горизонтальном положении пациента, когда он лежит на подвижной каталке с рентгенопрозрачной декой

ная дека каталки, где лежит пациент. Углеродистый корпус робот-штатива рентгеновского моноблока поворачивается рентгенопрозрачным окном вниз – в сторону приемника. При этом все действия оператора практически не будут отличаться от управления обычным легким цифровым рентгенодиагностическим (телерентгенодиагностическим) комплексом.

Результаты всех проведенных рентгенологических исследований в полуавтоматическом режиме размещаются на сервере, после чего доступ к ним получают рентгенологи для их анализа, которые при этом могут находиться на любом расстоянии от места проведения исследований.

Основными преимуществами универсальных цифровых рентгенодиагностических систем для первичного обследования пациентов является то, что для их работы не нужно больших помещений, они подключаются к обычной бытовой электрической сети и при этом позволяют объединить два этапа рентгенодиагностики: выявление патологии и ее дифференциальный анализ, выполняемые на догоспитальном этапе [6]. Еще одним преимуществом таких систем является невысокая цена, которая сопоставима с рациональными ценами на цифровые рентгеновские аппараты для обследования ОГК и на цифровые рентгенодиагностические комплексы на 2 рабочих места, что делает их доступными для медицинских учреждений первого уровня [15].

Внедрение в клиническую практику универсальных цифровых рентгенодиагностических систем для первичного обследования пациентов дает возможность коренным образом изменить алгоритм применения рентгенодиагностики на догоспитальном этапе, с помощью которой ставится до 80% диагнозов. Установка такого оборудования в центрах первичной медико-санитарной помощи (ЦПМСД) позволяет врачам общей практики не отправлять пациентов на исследования в поликлиники и больницы для сбора необходимых для постановки диагноза диагностических данных, а получать всю необходимую диагностическую информацию на месте, привлекая для ее анализа при необходимости высоко-квалифицированных специалистов из медицинских учреждений третьего уровня. Благодаря этому существенно сокращается время на постановку диагноза и принятие решения о тактике лечения пациента, что, в свою очередь, дает возможность значительно повысить эффективность оказания медицинской помощи в ЦПМСД. Технологии XXI века дают нам уникальные возможности в улучшении оказания медицинской помощи населению страны. Перед нами стоит ответственная задача не упустить их и суметь умело ими воспользоваться.

ЛИТЕРАТУРА

1. Больницы и здоровье для всех: доклад Комитета экспертов ВОЗ по роли больниц на первом лечебно-консультативном уровне. – Женева: ВОЗ, 1988. – С. 4-5.
 2. Вуори Х.В. Обеспечение качества медицинского обслуживания. – Копенгаген: ВОЗ, 1985. – 179 с.
 3. Федько О.А., Коваленко Ю.М. Показники діяльності радіологічної служби України в 2008-2009 роках: довідник. – К.: Медицина України, 2010. – 80 с.
 4. Ткаченко М.М., Морозова Н.Л. Стан та перспективи розвитку рентгенологічної служби України // Радіологічний вісник. – 2012. – №4. – С. 12-16.
 5. Національне керівництво для лікарів, які направляють пацієнтів на радіологічні дослідження/ МОЗ України, АРУ. – К.: Медицина України. – 78 с.
 6. Ткаченко М.М., Морозова Н.Л. Удосконалення служби променевої діагностики на догоспітальному етапі // Променева діагностика, променева терапія, 2013. – № 1-2. – С. 64-66.
 7. Мірошниченко С.І., Балашов С.В., Коваленко Ю.М. Променева діагностика в Україні на рівні XXI сторіччя – реалії і можливості // Медичний ринок. – 2016. – С.7-13.
 8. Мирошниченко С.И. Цифровые приемники рентгеновских изображений. – К.: Медицина Украины, 2014 – 100 с.
 9. Suetens P. Fundamentals of medical imaging. Cambridge university press, 2011. – 253 p.
 10. Коваленко О.С. Про впровадження телемедицини та телерадіології в Україні // Радіологічний вісник. – 2014. – №1. – С. 4-6.
 11. Коваленко Ю.М. Інформаційні технології в радіології // Медичний ринок. – 2015. – С. 15-18.
 12. Endo K. The Possibilities Tomosynthesis Brings to Lung Cancer Screening // JRC. – 2010. – 25 (6). – P. 1-6.
 13. Chest Tomosynthesis: Technical Principles and Clinical Update // European Journal of Radiology. – 2009. – 72 (2). – P. 244–251. doi:10.1016/j.ejrad.2009.05.054.
 14. Никитин М. Возможности цифрового томосинтеза в диагностике различных форм туберкулеза легких // Russian Electronic Journal of Radiology. – 2016. – № 6. – С.3 5-47.
 15. Коваленко Ю.М., Василюк К.О. Особливості ринку радіологічного обладнання в Україні// Медичний ринок. – 2017. – С. 9-13.
- Коваленко Ю.Н., Мирошниченко С.И., Невгасимый А.А. Оборудование XXI века для догоспитальной рентгенодиагностики// Радіологічний вісник. – 2018.– №3-4 – с. 15-18.

ЗМІСТ

Коваленко Ю.Н., Цвигун Г.В.

Телерентгенодиагностические комплексы: новые возможности
в организации профилактических обследований органов грудной клетки5

Коваленко Ю.Н., Цвигун Г.В.

Возимые легкие цифровые рентгенодиагностические комплексы6

Мирошниченко С.И., Коваленко Ю.Н.

Переход от флюорографии к цифровой рентгенографии
как путь комплексного обеспечения качества профилактических
обследований органов грудной клетки8

Мирошниченко С.И., Коваленко Ю.Н.

Пути перехода к цифровой технологии в рентгенологии.....9

*Коваленко Ю.Н., Мирошниченко С.И., Балашов С.В.,
Миронова Ю.А., Потрахов Е.Н., Потрахов Н.Н., Грязнов А.Ю.*

Возможности клинического применения цифровой
микрофокусной рентгенографии.....11

Коваленко Ю.Н., Федько А.А.

Возможности повышения эффективности рентгенологических исследований
органов грудной полости при использовании цифровых технологий.....16

Коваленко Ю.Н., Федько А.А.

Роль цифровых технологий в рациональном переоснащении
рентгеновских кабинетов.....17

Миронова Ю. А.

Возможности применения цифровой микрофокусной
рентгенографии в диагностике травматических повреждений
физарной зоны в серии экспериментальных исследований19

Мирошниченко С. И., Невгасимый А. А.

Плоские динамические панели по CMOS- и HAD-многосенсорной технологии20

Мирошниченко С. И., Потрахов Н. Н.

Микрофокусные томографы с динамическими КМОП-панелями21

*Kovalenko Y., Miroshnichenko S., Nevgasimy A.,
Balashov S., Potrahov N., Mironova Y.*

Low Dose Radiographic System for Pediatric22

Sudakevich V., Kovalenko Y., Miroshnichenko S., Nevgasimy A., Balashov S.

Digital Radiographic Complexes for Traumatological Department24

Коваленко Ю.Н.

Телерадиология и радиационная безопасность.....26

*Коваленко Ю.Н., Мирошниченко С.И., Невгасимый А.А.,
Балашов С.В., Потрахов Н.Н., Миронова Ю.А.*

Микродозовая цифровая рентгенографическая система для педиатрии27

*Судакевич В.Г., Коваленко Ю.Н., Мирошниченко С.И.,
Балашов С.В., Невгасимый А.А.*

Цифровой рентгенографический комплекс для операционных
травматологических отделений28

<i>Коваленко Ю.М., Мірошніченко С.І.</i> Поетапна модернізація рентгенівського обладнання як єдиний реальний шлях оновлення матеріально-технічної бази рентгенологічної служби в умовах обмеженого фінансування	29
<i>Коваленко Ю.Н., Мірошніченко С.І.</i> Предложения по рациональному переоснащению рентгеновских отделений в условиях острого дефицита финансовых ресурсов	36
<i>Носов А.А., Мірошніченко С.І., Коваленко Ю.М.</i> Цифровые рентгеновские технологии помогают спасти жизнь раненым бойцам	44
<i>Myronova Yu., Kovalenko Yu.</i> Improvement of pediatric diagnostic imaging due to application of digital microfocus radiography.....	49
<i>Nosov A., Kovalenko Y.</i> Importance of digital radiography when rendering urgent surgical aid in the conditions of military field hospital	50
<i>Балашов С.В., Коваленко Ю.М.</i> Телемедицинский сервер как необходимый атрибут современного рентгенологического отделения	52
<i>Балашов С.В., Коваленко Ю.М., Мірошніченко С.І.</i> Модернізація рентгенівського обладнання як приклад ефективного використання коштів на оновлення матеріально-технічної бази рентгенодіагностики	54
<i>Коваленко Ю.М., Балашов С.В., Кузнєцов О.В.</i> Використання віддалених серверів для зберігання діагностичної інформації та телерадіології.....	56
<i>Мірошніченко С.І., Балашов С.В., Коваленко Ю.М.</i> Променева діагностика в Україні на рівні XXI сторіччя – реалії і можливості	58
<i>Kovalenko Y., Miroshnichenko S., Nevhasymy A.</i> A Tomosynthesis Using Standard Radiographic Table with Linear Tomography Console	67
<i>Бойко А.Р.</i> Томосинтез як новий метод рентгенологічної візуалізації	69
<i>Мірошніченко С.І., Невгасимий А.А.</i> Від цифрової рентгенографії до малодозового томосинтезу і конусно-променевої томографії	74
<i>Sharmazanova O., Deresh N., Urina L., Kovalenko Yu.</i> Application of digital tomosynthesis in diagnosing spinal tuberculosis – first clinical experience in Ukraine	80
<i>Дереш Н.В., Уріна Л.К., Коваленко Ю.М.</i> Перспективи впровадження в клінічну практику рентгенівського томосинтезу в Україні	87
<i>Коваленко Ю.М.</i> Томосинтез в Україні стає доступнішим	93
<i>Коваленко Ю.М., Мірошніченко С.І.</i> Про проект «Допоможемо собі самі»	95
<i>Коваленко Ю.Н., Мірошніченко С.І., Невгасимый А.А.</i> Оборудование XXI века для догоспитальной рентгенодиагностики	98