

ОТ МАЛОДОЗОВОЙ РЕНТГЕНОГРАФИИ К МАЛОДОЗОВОМУ ТОМОСИНТЕЗУ

С.И. Мирошниченко, А.А. Невгасимый, Ю.Н. Коваленко
 Центр рентгеновских технологий АРУ, Киев

Рентгенодиагностика, вследствие объективности и высокой оперативности занимает ведущее место среди методов первичной диагностики. Ежегодно в Украине выполняется около 20 млн обследований органов грудной клетки (ОГК). Этому способствует переход рентгенографии в начале XXI ст. на цифровую технологию. Наиболее заметно переход на цифровую рентгенографию проявился в переводе на цифру флюорографов. Сегодня более 30% скрининговых аппаратов для обследования ОГК оснащены цифровыми приемниками [1]. В результате перевода флюорографов на цифровые методы в 5...10 раз сократилась дозовая нагрузка на пациентов и в десятки раз уменьшилось время получения диагностической информации. Резко снизился брак при получении рентгенограмм ОГК. Помимо флюорографов, перевод на цифру коснулся рентгенографических комплексов и маммографов. Использование в таких комплексах компьютерной постобработки позволило поднять качество рентгенографических изображений на уровень, не достижимый для традиционной аналоговой пленочной технологии [2]. Всего в медучреждениях 1-го и 2-го уровней используется около 1500 цифровых рентгенографических аппаратов, что, однако, не превышает 25% от потребности.

Методически переход на цифровую технологию поддерживался Ассоциацией радиологов Украины, Киевским городским центром новых рентгеновских технологии, а также учебными центрами научно-производственного объединения «Телеоптик» и других предприятий отрасли. В рамках этих структур проведено более 200 семинаров по цифровой рентгенодиагностике, переподготовлено более 1000 врачей — рентгенологов и около 1500 рентгенлаборантов.

Другим чрезвычайно важным процессом для рентгенодиагностики Украины начала XXI в. является быстрое увеличение числа мультиспиральных компьютерных томографов (МСКТ) в государственных (более 150) и частных (более 200) диагностических центрах. Используемое в томографах представление диагностической информации в виде большого числа томографических срезов кардинальным образом улучшило [2] наблюдаемость патологий и простоту чтения диагностической информации. Популярность обследований на МСКТ подтверждается [3] тем, что если средняя годовая нагрузка на рентгенографический аппарат в Украине составляет всего 28% от рациональной величины, то средняя нагрузка на МСКТ превышает 95%. К сожалению, применение МСКТ сопровождается многократным увеличением дозовых и финансовых нагрузок на пациентов [4]. По этим причинам использование МСКТ для первичной диагностики вызывает серьезные возражения [5].

Учитывая вышесказанное, актуальной остается задача перевода на цифровую технологию рентгенодиагностических аппаратов в медучреждениях 1-го и

2-го уровней обслуживания пациентов (всего более 4000 аппаратов), где должна выполняться диагностика для более 90% обращений граждан. Такой перевод необходимо совместить с представлением диагностической информации в виде большого числа томографических срезов без существенного увеличения дозовой нагрузки на пациентов. Таким образом, спустя почти 20 лет после начала использования цифровой рентгенографии начинается новый этап развития рентгенодиагностики — внедрение в клиническую практику малодозовой томографии (томосинтеза) первичной рентгенодиагностики (МТПР).

Перевод на цифровую технологию рентгеновских аппаратов в медучреждениях 1-го и 2-го уровней возможен путем замены кассет с рентгеновской пленкой, а также старых рентгеновских электронно-оптических преобразователей (РЭОП) на высокочувствительные динамические цифровые приемники с полем от 24x30 до 43x43 см [6]. Такая модернизация позволяет в рамках традиционной рентгенодиагностики улучшить качество рентгеновских изображений, отказаться от использования дорогостоящей рентгеновской пленки, создать электронные архивы. К сожалению, этого недостаточно для реализации малодозовой томографии в первичной рентгенодиагностике.

Революционным техническим решением по введению МТПР явилась разработка фирмой General Electric (США) метода томосинтеза для маммографии [2]. Этот метод предполагает ограниченное углами от $\pm 11^\circ$ до $\pm 32^\circ$ сканирование молочной железы с выполнением от 11 до 65 снимков. Затем следует реконструкция 40...80 томографических срезов, на которых патологии видны с большим контрастом, чем на маммографических изображениях [2]. Общая дозовая нагрузка при сканировании соответствует выполнению 1...3 маммограмм, что значительно меньше, чем при томографии. На сегодняшний день томосинтез в маммографии широко используется в аппаратах экспертного класса.

Для общей рентгенографии введение МТПР было начато на телеуправляемых столах-штативах использованием режима томосинтеза при проведении линейной томографии. Общеизвестным лидером в этом направлении является японская фирма «Шимадзу» [7]. Угол сканирования при томосинтезе обычно не превосходит $\pm 20^\circ$, а время обследования — менее 10 с. В течение этого времени производят 80...120 снимков. Затем следует реконструкция 200...400 томографических сечений, имеющих разрешающую способность до 2,0 п.л./мм, что выше, чем разрешающая способность изображений МСКТ. По существующим оценкам [4], дозовая нагрузка при переходе на режим томосинтеза уменьшается в 10 раз (пропорционально уменьшению угла сканирования) по сравнению со стандар-

тним обследованием на МСКТ, где угол сканирования составляет 360° . Более 1000 таких телеуправляемых столов-штативов с режимом томосинтеза установлено во многих странах мира, в том числе три аппарата — в Украине.

Малая дозовая нагрузка в режимах МТПР обусловила интерес к оценке эффективности томосинтеза при скрининговых обследованиях ОГК для выявления рака легких и туберкулеза. Для онкологических заболеваний у хронических курильщиков вероятность обнаружения патологии возросла с 0,5 при рентгенографии до 0,9 при МТПР [8, 9]. Это незначительно отличается от использования МСКТ, где вероятность составила 0,97. При скрининговых обследованиях ОГК с целью выявления туберкулеза вероятность его обнаружения возросла с 0,2 при флюорографии до 0,75 при МТПР [8,9], что также незначительно хуже по сравнению с использованием для этой цели МСКТ, где вероятность составила 0,93. По заключению врачей, чтение изображений томосинтеза существенно легче чтения рентгенографических снимков.

Следующий этап развития аппаратуры МТПР для общей рентгенографии начался в 2016 г., когда режим томосинтеза был реализован на относитель-

но дешевых 2-местных рентгенографических комплексах, широко применяемых для «первичной рентгенодиагностики». Фирмы «Шимадзу» (Япония), «Джозеф Бэтчарт» (Швейцария), «Телеоптик» (Украина), и «Медаппаратура» (Украина) продемонстрировали такие 2-местные комплексы на международных выставках.

Для иллюстрации на рис. 1 приведено сравнение линейных томограмм ОГК, полученных на 2-местном комплексе традиционно на пленку, и цифровых изображений ОГК, полученных на таком же комплексе с помощью томосинтеза.

Очевидное преимущество качества изображений томографических срезов, полученных методом томосинтеза, не требует дальнейших пояснений. Важнее отметить высокую диагностическую эффективность применения томосинтеза при обследовании органов грудной клетки, которая на протяжении последних 10 лет широко обсуждается в литературе (рис. 2).

Появление на мировом рынке аппаратов с томосинтезом для маммографии и общей рентгенографии отображает тенденцию использования малодозовой томографии для первичной рентгенодиагностики в медучреждениях 1-го и 2-го уровней. Для

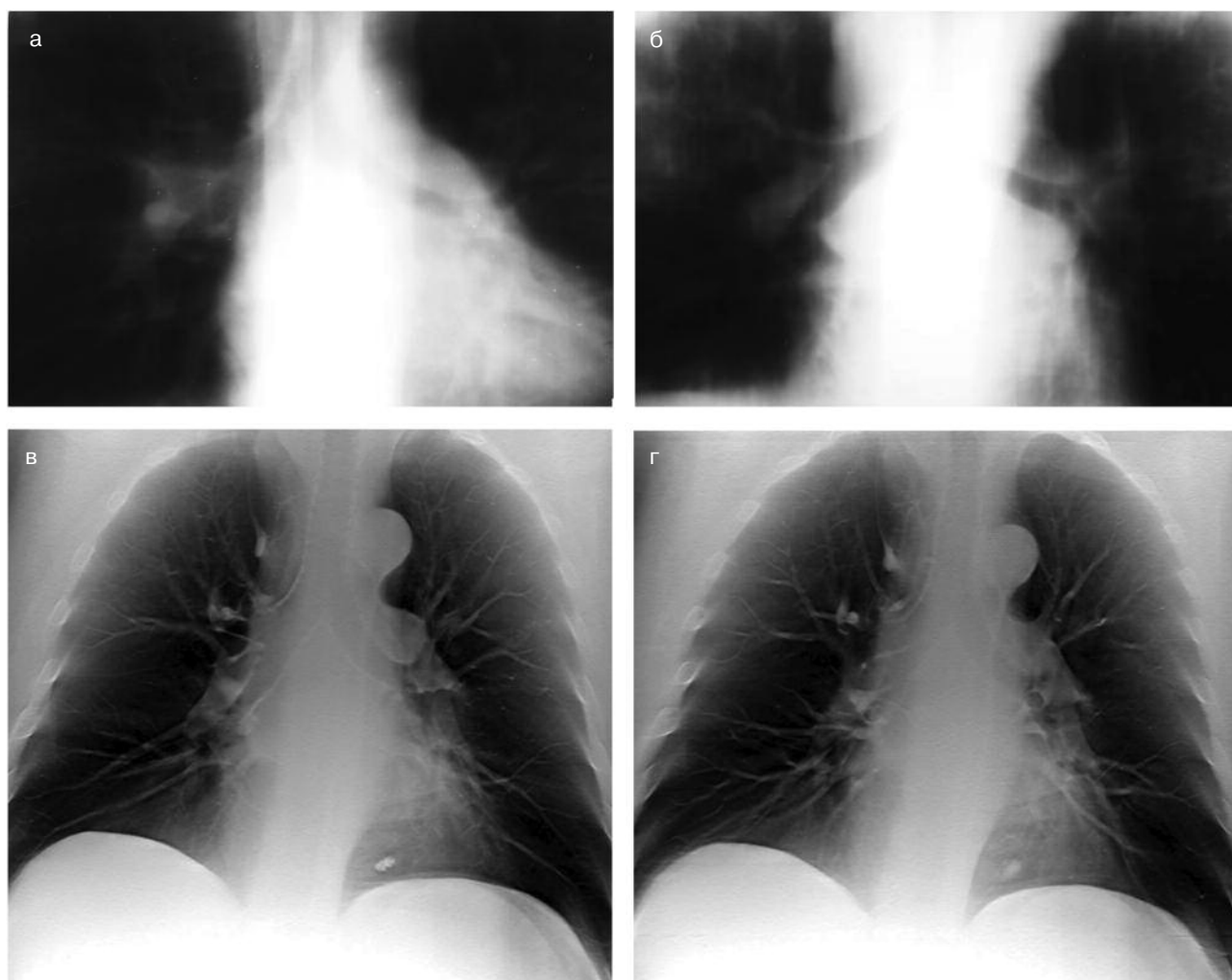


Рис. 1. Примеры томограмм, полученных с помощью традиционной пленочной линейной томографии — а и б — при средней дозовой нагрузке 1,2 мЗв и методом линейного томосинтеза — в и г — при средней дозовой нагрузке 0,4 мЗв

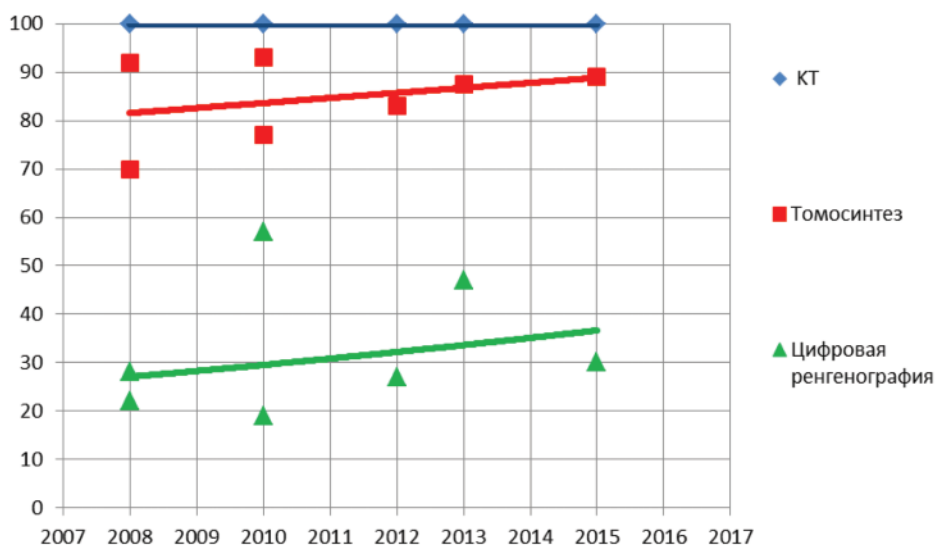


Рис. 2. Обобщенный график результатов исследований чувствительности диагностики различных патологий ОГК, опубликованных в международных изданиях в 2008-2015 гг. для рентгенографии и томосинтеза относительно МСКТ

подтверждения целесообразности такого использования томосинтеза рассмотрим таблицу.

Данные таблицы свидетельствуют о том, что рентгенография, несмотря на высокую детальность формируемых изображений, низкую дозовую нагрузку на пациентов, компактность оборудования и малую его цену, имеет такие серьезные недостатки, как большие ошибки в измерениях размеров и рентгеновской плотности формируемых изображений. Основным же недостатком рентгенографии является принцип формирования рентгенограмм – суммирование изображений всех слоев тела пациента, расположенных между рентгеновским излучателем и приемником. Это значительно осложняет чтение рентгенограмм и существенно снижает эффективность рентгенографии как диагностического метода.

Преимуществом томографии, реализуемой на МСКТ, является высокая разрешающая способность по градиентам яркости. Это позволяет наблюдать и измерять геометрические размеры патологий очень низкого контраста и их рентгеновскую плотность.

Недостатками МСКТ являются большие габариты, высокая стоимость как самой аппаратуры, так и ее технического обслуживания и ремонта, повышенная лучевая нагрузка на пациентов.

Активное внедрение в последние годы в клиническую практику томосинтеза свидетельствует о том, что этот метод явился удачным компромиссом между рентгенографией и МСКТ. Томосинтез в целом не заменяет обследования на МСКТ. В то же время режим томосинтеза значительно расширяет диагностические возможности рентгенографии (табл.) без существенного увеличения дозовой нагрузки на пациентов. Реализация функции томосинтеза в стандартных рентгенографических комплексах незначительно увеличивает стоимость аппаратуры, ее техническое обслуживание и ремонт.

В 2017 году количество рентгенодиагностических аппаратов с томосинтезом в медицинских учреждениях Украины увеличилось в 3 раза, поэтому можно ожидать в ближайшее время наработку клинического опыта применения этого нового метода рентгенологической визуализации. Малый угол (до 40°) ска-

Таблица

Сравнение методик рентгеновского обследования пациентов

Характеристика	Графия	Томосинтез	Томография
Детальность	+	+/-	-
Измерение размеров	-	+	+
Измерение плотности	-	+/-	+
Простота чтения	-	+	+/-
Коллимирование	+	+	-
Дозовая нагрузка	+	+	-+
Размеры оборудования	+	+	-
Цена оборудования	+	+/-	-

Примечание: в таблице знаком (-) помечены нереализуемые или плохо реализуемые в данном методе функции, а знаком (+) – хорошо реализуемые

нирования в системах томосинтеза позволяет многократно снизить дозовую нагрузку на пациентов по сравнению с обследованием на МСКТ, что делает перспективным его применение в педиатрии и для скрининговых обследований ОГК, поскольку томосинтез значительно расширяет диагностические возможности рентгенодиагностики без существенного увеличения дозовой нагрузки на пациентов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Коваленко Ю.М., Мірошніченко С.І. Поетапна модернізація рентгенологічного обладнання як єдиний реальний шлях оновлення матеріально-технічної бази рентгенологічної служби в умовах обмеженого фінансування // *Променева діагностика, променева терапія.* – 2014. – №4. – С. 97-101
2. Suetens P. *Fundamentals of medical imaging / Cambridge university press.* – 2011. – 253 p.

3. Мірошніченко С.І., Балашов С.І., 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. Мірошніченко С.І. *Цифровые приемники рентгеновских изображений.* — К.: Медицина Украины, 2014. — 100 с.
7. *Best-in-class. RADbook.* – 2016. – P. 2.
8. Endo K. *The Possibilities Tomosynthesis Brings to Lung Cancer Screening // JRC.* – 2010. – 25 (6). – P.1-6.
9. Никитин М. *Возможности цифрового томосинтеза в диагностике различных форм туберкулеза легких // Russian Electronic Journal of Radiology.* – 2016. – 6. – С.35-47.

НОВІ КНИГИ



УДК 611.1/.8:616-073.7
ББК 53.6
ISBN 978-966-8796-35-7

Г.Ю. Коваль

Клиническая рентгеноанатомия с основами КТ-анатомии / Под ред. Г.Ю. Коваль. — К.: Медицина Украины, 2014. — 652 с.: ил.

Данное руководство посвящено анатомическим особенностям строения органов и систем человеческого организма в рентгеновском (РГ), в том числе и компьютерно-томографическом (КТ) изображении.

Представлены сведения по рентген- и КТ-анатомии: костно-суставно-мышечного аппарата (голова, позвоночник и шея, грудная клетка, верхняя и нижняя конечности), центральной нервной системы и органов чувств (головной и спинной мозг, глаз, ухо, нос и рот), органов полости грудной клетки (дыхательный аппарат, сердце и крупные сосуды), брюшной полости (пищевой канал, печень и желчные пути, поджелудочная железа, селезенка), таза и забрюшинного пространства (органы мочеполовой системы и надпочечники).

Описаны укладки и методические приемы, позволяющие получить рентгеновское изображение определенных анатомических образований в оптимальных условиях для их изучения.

Внимание уделено возрастным особенностям строения и функционирования органов и систем. Акцентируются анатомические варианты строения в рентгеновском изображении, что очень важно для дифференциации нормальных индивидуальных особенностей с начальными проявлениями патологических состояний. Представлены анатомические и метрические показатели границ нормы начала патологии, знание которых позволяет раньше распознать заболевания.

Руководство переработано и дополнено.

Книга полезна не только врачам-рентгенологам, но и специалистам смежных специальностей: хирургам, ортопедо-травматологам, отоларингологам, окулистам, невропатологам и нейрохирургам, терапевтам и фтизиатрам.

Заказать книгу можно по телефону: +38 044 503-04-39