

Н.Н. Блинов

## БИОМЕДИЦИНСКИЕ ИЗОБРАЖЕНИЯ В СОВРЕМЕННОЙ МЕДИЦИНЕ

**Аннотация**

Рассмотрены особенности развития современных методов лучевой диагностики и их роль в лечебном процессе.

Революционные изменения в технологиях исследований при лучевой диагностике, связанные с внедрением цифровых методов обработки и представления медицинских изображений, существенно изменили как технологию проведения лучевого исследования, так и особенности взаимодействия отделений лучевой диагностики с другими структурами лечебных учреждений.

Приведена потребность отечественного рынка в основных видах техники для лучевой диагностики, не производимых в РФ. Показано, что для повышения эффективности эксплуатации высокотехнологической медицинской техники необходимо обеспечить единство представления диагностической информации, для чего должна быть создана система стандартов и унифицированных методик и аппаратно-программных испытательных комплексов.

Техническая революция, связанная с внедрением цифровых технологий в медицинскую технику, привела к появлению и активному развитию новых направлений не только в лучевой диагностике, но и во многих других областях медицины. [1]-[3]. Среди них цифровая рентгенография (ЦР), рентгеновская компьютерная томография (РКТ), магнитно-резонансная томография (МРТ), позитронно-эмиссионная томография (ПЭТ), ультразвуковая диагностика (УЗД), однофотонная эмиссионная компьютерная томография (ОФЭКТ), телемедицина, цифровая эндоскопия и ряд других. Следствием этой революции явилось чрезвычайное возрастание роли медицинских изображений в лечебном процессе, еще не до конца осознанное медицинским миром.

Под воздействием новых диагностических возможностей оказались практически все области хирургии, лучевой терапии, кардиологии, ортопедии,

онкологии. Невиданно развились внутрисосудистый и внутриполостной методы хирургии малоинвазивных вмешательств под лучевым контролем. Цифровые медицинские изображения вступили в сложные постоянные отношения с врачами разных специальностей, что раньше происходило только эпизодически [4].

Как появление компьютерных технологий изменило жизнь человека, так, с еще большей глубиной, появление цифровых технологий в лучевой диагностике преобразило современную медицину, основало ее мощнейшим инструментом анализа.

Медицинское цифровое изображение, независимо от того, в каких физических полях оно получено, представляет собой двумерное или трехмерное распределение в пространстве, называемом пространством изображения, неравномерностей сигналов от объектов, полученных матрицей точечных дискретных детекторов, называемых пикселями



Рис. 1. Направления лучевой диагностики

(picture elements), непосредственно или путем математической реконструкции (все виды компьютерной томографии). Цифровые изображения регистрируются на мониторе компьютера, с его помощью преобразуются и передаются по компьютерным сетям и каналам связи в единых системах стандартов. Именно эти обстоятельства требуют объединения в одной дисциплине под названием «лучевая диагностика» (medical imaging) весьма разнообразных методов получения медицинских изображений (рис. 1).

Установившаяся терминология вступает в противоречие с развивающейся наукой и практикой. Термин «radiology», объединявший все виды диагностики и терапии с применением ионизирующих излучений, плохо применим к эндоскопии, ультразвуковой диагностике и магнитно-резонансной томографии. В России терминология еще более не соответствует изменяющейся действи-

тельности. Имеет широкое хождение термин «рентгенология» для диагностики и «радиология» – для лучевой терапии и ядерной медицины. Более общее понятие «medical imaging» не имеет аналога в русском языке. Его может заменить применяемый в неразрушающем контроле термин «интроскопия» – видение в непрозрачных средах или в условиях плохой видимости. Можно предложить понятие «медицинская интроскопия», достаточно близкое к термину «medical imaging», или более привычное для медика – «лучевая диагностика».

Новая роль цифровой лучевой диагностики, или цифровой медицинской интроскопии, ставит перед инженерами и врачами, занятыми ее проблемами, ряд новых задач, которые крайне важно обозначить, а еще важнее решить. Естественно, в настоящей статье возможно их лишь сформулировать с той или иной степенью определенности.



Рис. 2. Связь лучевой диагностики со смежными науками



## Образование

Если до недавнего времени рентгенолог на основе анализа рентгенограммы и рентгеноскопии писал заключение и передавал его клиницисту, который заказывал исследование, то с появлением интервенционной хирургии внутри сосудов, эндохирургии, литотрипсии, лапароскопии под контролем динамических изображений с биомедицинскими изображениями начинает активно работать хирург, интервенционист. Клиницист, чтобы определить необходимость исследования для своего пациента из множества существующих методик, должен владеть всей палитрой современной лучевой диагностики.

Эти обстоятельства требуют серьезного изменения программ образования врачей как общего профиля, так и конкретных специальностей. В еще большей степени должны измениться программы подготовки специалистов по лучевой диагностике. Появление сочетанных методик исследований ПЭТ-РКТ, РКТ-ЦР, ПЭТ-МРТ потребует обучения новым специальностям в лучевой диагностике. Одному индивидууму невозможно охватить все разнообразные методы современной лучевой диагностики (рис. 1, 2) с равной глубиной в ограниченном времени обучения. Очевидно, здесь нужна субспециализация, т. е. невозможно быть просто специалистом по лучевой диагностике. Необходимо обозначить перечень субспециальностей и разработать соответствующие программы обучения.

Современный специалист по медицинской интроскопии должен быть минимально компетентен во всех направлениях и углубленно владеть одной или несколькими избранными субспециальностями.

То же самое и с техническими специальностями: на факультетах биомедицинских технологий технических университетов должны быть созданы не только кафедры лучевой диагностики, но и учебные курсы по отдельным ее направлениям (см. рис. 1). Инженерная специальность «инженер по биомедицинским технологиям», существующая в ряде технических университетов России, уже не соответствует современному состоянию медицины. Следует отметить, что реформы в высшем образовании требуют значительных усилий при отчетливом понимании их необходимости. Такая необходимость назрела. Следует уже сегодня приступать к подготовке специалистов-преподавателей, разработке программ, подготовке лекционных и лабораторных курсов, значительному расширению объемов знаний.

Следует понимать, что биомедицинские изображения принадлежат к такому срезу информационных полей зрительного анализатора человека – его глаз и мозга, который недоступен ему в повседневной действительности. Как ребенок в первые 4 года жизни обучается воспринимать оптическую информацию об окружающем мире и формирует свой

зрительный анализатор, так и современный лучевой диагност должен понимать чуждые человеку формы рентгеновских, ультразвуковых, томографических изображений.

Задача усложняется тем, что во взрослом состоянии значительно снижается восприимчивость ученика к новой информации. Современные методы представления и обработки цифровых изображений способны обеспечить анализ, но этим методам следует научиться.

В связи с развитием прежде всего различных направлений малоинвазивной хирургии под контролем динамических изображений возник термин «turf wars» («подковерные войны») [5], [6], обозначающий противоречия, возникающие между рентгенологами, специалистами по лучевой диагностике и врачами других специальностей, широко пользующимися методами лучевой диагностики. Главным предметом «подковерных войн» является воздействие на пациента. Современные рентгенологи и радиологи уступают в этом отношении интервенционным хирургам и онкологам. Эффективность процедур в лучевой диагностике оказывается порой в прямой зависимости от компетенции терапевта, который недостаточно осведомлен о возможностях современной лучевой диагностики, но по условиям своей работы назначает соответствующее исследование пациенту.

Технические специалисты по медицинской интроскопии должны получить углубленные знания по физике излучений, цифровым изображениям, компьютерным технологиям и, естественно, по конструктивным особенностям соответствующих видов медицинской техники, которая существенно изменяется каждые 3-5 лет.

### Оснащение лечебных учреждений техническими средствами

В России отсутствуют какие бы то ни было нормативы по перечням оснащения лечебных учреждений медицинской техникой. Если учесть, что стоимость отдельных видов техники для лучевой диагностики достигает нескольких миллионов долларов и потребность в стране составляет сотни изделий, а решение о закупке принимаются, как правило, малокомпетентными чиновниками, то становится понятно, что мы имеем дело с серьезной экономической проблемой. Следует определить, например, какого уровня рентгеновские мультисрезовые компьютерные томографы должны работать в лечебных учреждениях различного профиля. То же самое необходимо выполнить для МРТ: где выгоднее эксплуатировать МРТ с постоянными магнитами открытого типа с напряженностью 0,3...0,5 Тл, экономичными в эксплуатации, а где устанавливать МРТ со сверхпроводящими магнитами на уровне 1,5 Тл и выше, в несколько раз более дорогими и сложными в эксплуатации. Необходимо определить место малых МРТ для исследования конечностей.



Утвержденный типовой перечень технического оснащения ЛПУ различного профиля может существенно упорядочить затраты на переоснащение лечебных учреждений. Еще раз упомянем, что 70 % медицинской техники, находящейся в эксплуатации, исчерпало 10-летний ресурс работы, морально устарело и нуждается в экстренной замене, без которой в нашей стране невозможно поднять уровень медицинской помощи до современного.

Всемирная организация здравоохранения делит мир на развитые страны (30 % человечества), где проводится в среднем одно исследование по лучевой диагностике на жителя в год, и остальные страны, развивающиеся и отсталые, где современное лучевое исследование доступно лишь одному десятому или даже одному сотому жителю в течение года. В Российской Федерации проводится по традиции, идущей от СССР, примерно 150 млн. лучевых исследований в год, что соответствует развитым странам по количеству, но отнюдь не по качеству.

У нас в 10 раз меньше интервенционных внутрисосудистых вмешательств, чем в Европе, США, в 3 раза меньше РКТ- и МРТ-исследований, в 30 раз меньше, чем необходимо, ПЭТ-исследований. Это объясняется прежде всего несовершенным техническим оснащением и отсутствием кадров. Стоимость необходимого переоснащения и дооснащения составляет несколько миллиардов долларов, которые должно изыскать государство. Если отечественная медицинская промышленность не освоит основных современных направлений медицинской техники (МРТ, РКТ, ЦР, остеоденситометрия, ПЭТ), то эта цифра будет в несколько раз выше, а эффективность эксплуатации в несколько раз ниже.

Уже сегодня эффективность эксплуатации зарубежных РКТ, из-за необходимости периодической замены рентгеновской трубки и связанных с этим экономических трудностей, не превышает 50 %.

В табл. 1 приведены потребности в видах техники, которая не производится в Российской Федерации.

### Единство представления диагностической информации

К XXI веку медицина освоила несколько тысяч параметров и характеристик разнообразной медицинской техники, с помощью которых устанавливается диагноз и планируются терапия и хирургия. Только единицы из многих изделий медицинской техники относятся к средствам измерений и обеспечивают единство нескольких измеряемых величин: геометрических (рост, длина, ширина, высота), температуры тела и его частей, частоты пульса, дозы и мощности дозы излучения, количественного содержания некоторых элементов жидкостей человеческого организма. Все же остальные тысячи параметров определяются косвенно, и их значения зависят от методов и средств определения.

Таблица 1

### Потребность отечественного рынка в основных видах техники для лучевой диагностики, не производимых в РФ

№ п/п	Наименование	Кол-во, шт	Цена (условная за 1 комплект), тыс. \$
1	Цифровые рентгеновские аппараты с твердотельными панелями	3000	200,0
2	Рентгеновский компьютерный томограф 16-срезовый	600	500,0
3	Рентгеновский компьютерный томограф 64-срезовый и выше	100	1000,0
4	МРТ на постоянных магнитах открытого типа 0,3...0,5 Тл*	600	600,0
5	МРТ на сверхпроводящих магнитах 1,5...3 Тл	100	1200,0
6	Остеоденситометры рентгеновские	250	250,0
7	Маммографы с возможностью томосинтеза	300	150,0
8	Аппараты «С-дуга» с возможностью томосинтеза	350	200,0
9	Однофазный эмиссионный томограф (ОФЭКТ)**	150	300,0
10	Совмещенный РКТ/ПЭТ	100	10 000,0
11	Совмещенный РКТ/ОФЭКТ	100	1000,0
Всего			2,812 млрд. \$

\* В РФ выпускается в количестве до 10 штук в год на зарубежных магнитах.

\*\* В РФ изготовлен и рекомендован к применению опытный образец.

Этой проблемой уже многие годы озабочены стандартизаторы и специалисты разных медицинских специальностей. Международная электротехническая комиссия (МЭК) ежегодно утверждает не один десяток рекомендаций, значительная часть которых содержит методики испытаний основных эксплуатационных характеристик медицинской аппаратуры. В РФ подобная работа также ведется последние 10 лет. Однако до разработки единой системы параметров, однозначных методик и единых средств их определения еще очень далеко. В нашей стране к настоящему времени не только отсутствуют утвержденные методы и соответствующие средства испытаний, но и сами испытания проводятся крайне непрофессионально. Отечественных средств испытаний никто не производит. Разработчики аппаратуры используют случайные зарубежные тест-объекты, фантомы и приспособления. Следует сказать, что конструкция таких устройств бывает порой достаточно сложной, а стоимость достигает нескольких десятков тысяч долларов. Трудность создания единой системы параметров медицинской аппаратуры и методов их определе-



ния усугубляется еще и сложными зависимостями между самими этими параметрами, условиями проведения исследований, энергетическими особенностями применяемых физических воздействий. Особенно сложными являются устройства для контроля и оценки параметров аппаратуры для лучевой диагностики. Если в области традиционной рентгенотехники перечень определяемых параметров установлен и там отсутствуют только нормированные средства контроля, то в сравнительно новых областях лучевой диагностики не установлен даже перечень параметров. В РКТ, например, стандартизованы только методы и средства определения дозы, в МРТ – методы оценки магнитных полей, в УЗД – параметры излучения. Все многочисленные параметры, характеризующие изображения, только предстоит нормировать. Это важнейшая задача ближайшего будущего.

### Юридические аспекты

Повсеместное использование в медицине электронной информации, прежде всего цифровых медицинских изображений, которые легко преобразуются и трансформируются, требует юридического статуса для обеспечения сохранности и неразглашения врачебной информации. Юридические проблемы могут возникнуть в процессе развития телемедицины. Современные хирургические роботы и электронные навигаторы достигли такого уровня совершенства, что стало возможным дистанционное хирургическое вмешательство по телемедицинским каналам.

Следует юридически обозначить ответственность радиологов, хирургов и других участников лечебного процесса за постановку диагноза и терапевтические процедуры. Кто-то должен нести ответственность за полученные пациентом дозы и потраченные им на исследования средства, кто-то должен отвечать за исправность аппаратуры и качество изображения. В Европе существует понятие

«клинический аудит». Это «инструмент для улучшения качества лечебной помощи при оценке ее соответствия современному уровню и существующим стандартам. Аудит использует специальную методологию сравнения с существующими стандартами» [8].

### Список литературы:

1. Блиннов Н.Н., Мазуров А.И. Национальный проект «Здоровье» и техническое переоснащение рентгенологической службы // Медицинская техника. 2007. № 5. С. 3-6.
2. Блиннов Н.Н. Актуальные вопросы развития рентгенодиагностической аппаратуры // Медицинский алфавит. 2005. № 5. С. 4-7.
3. Блиннов Н.Н. Анализ развития и производства аппаратуры для лучевой диагностики в мире и в РФ // Медицинский алфавит. 2004. № 5. С. 2-6.
4. Блиннов Н.Н., Мазуров А.И. Что впереди? // Медицинская техника. 2006. № 5. С. 3-6.
5. McCall Iain W. The future role of radiology in healthcare // Inside of the Medical Image. 2010. № 1 (1). PP. 4-6.
6. Krestin Gabriel P. The professional and organizational future of imaging // Inside of the Medical Image. 2010. № 1 (1). PP. 7-8.
7. Boland W.I., Quimaraes A.S., Mueller P.R. The evolving radiology landscape: the importance of effective leadership // European Radiology. 2009. № 10. PP. 2322-2325.
8. ESR Subcommittee on Audit and Standards. Clinical audit – ESR perspective // Inside of the Medical Image. 2010. № 1 (1). PP. 12-13.

Николай Николаевич Блиннов,  
д-р техн. наук, профессор,  
зав. лабораторией,  
ФГУ «ВНИИИМТ» Росздравнадзора,  
г. Москва,  
e-mail: otdel-22@mail.ru