

ОРГАНИЗАЦИЯ СЛУЖБЫ

УДК 616-078

ОБОСНОВАНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ЦИФРОВОЙ РЕНТГЕНОДИАГНОСТИКИ

*^{1,2}И. Г. Камышанская, ^{1,2}В. М. Черемисин, ¹А. С. Петрова*¹Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия²Городская Мариинская больница, Санкт-Петербург, Россия

ECONOMIC FEASIBILITY STUDY OF DIGITAL X-RAY

*^{1,2}I. G. Kamyshanskaya, ^{1,2}V. M. Cheremisin, ¹A. S. Petrova*¹Saint-Petersburg State University, St.-Petersburg, Russia²City Mariinsky Hospital, St.-Petersburg, Russia

© Коллектив авторов, 2014 г.

С целью оценки экономической эффективности цифровой рентгенодиагностики в сопоставлении с аналоговой были подсчитаны годовые расходы на эти процедуры. Также проведено сравнение временных затрат на аналоговые и цифровые исследования отдельных анатомических областей. В результате работы установлено, что эксплуатация цифровых рентгеновских аппаратов экономически более выгодна: затраты на расходные материалы в восемь и более раз меньше. Выполнение цифровых исследований большинства анатомических областей требует достоверно больше времени, чем аналоговых, при условии неполноценной работы радиологической информационной системы, при отсутствии госпитальной информационной системы, при ведении двойного (бумажного и электронного) документооборота. Время проведения как пленочного, так и цифрового исследований, не превышает установленных нормативов за процедуру согласно Приказу № 132.

Ключевые слова: цифровая рентгенодиагностика, расходные материалы, экономическая эффективность, госпитальная информационная система.

To assess the cost-effectiveness of digital X-ray in comparison with analogue were calculated costs of these procedures a year. Also compared the time spent on analog and digital studies of individual anatomical regions. As a result of the work found that the operation of the digital X-ray machines are more economical because it has eight more times and lower costs for consumables. Taking Digital Research most anatomical regions require significantly more time than analog, under conditions of incomplete radiological information system, in the absence of hospital information systems in the management of dual (paper and electronic) document. Time as film and digital research does not exceed the established standards for the procedure according to the Order number 132.

Key words: Digital X-Ray, consumables, cost effectiveness, hospital information system.

Введение. Еще пять лет назад цифровая рентгенодиагностика в России была перспективой, а сегодня в большинстве медицинских учреждений аналоговые рентгеновские аппараты заменены на цифровые. На сегодняшний день идет процесс активного изучения преимуществ цифровых рентгеновских установок в клинической практике. Основываясь на данных литературы, можно с уверенностью утверждать, что цифровые рентгеновские методики исследования в целом выигрывают у аналоговых по всем основным показателям [1–8].

Встает вопрос, интересующий руководство каждой больницы и поликлиники, решившей обновить парк рентгеновских аппаратов: насколько с экономической точки зрения выгодно использование циф-

ровых рентгеновских аппаратов, поскольку отдельные авторы сообщают о существенной экономии, но при этом не подтверждают свои доводы конкретными цифрами [9].

В отечественной литературе некоторые авторы вскользь упоминают о появившейся возможности увеличения пропускной способности рентгеновских кабинетов с цифровым оборудованием, что также влияет на экономические аспекты [10, 11].

В настоящее время формирование штатного расписания рентгеновского отделения, а также расчет нагрузки на рентгеновский кабинет основываются на старом Приказе Минздрава РСФСР № 132 от 02.08.1991 г. [12], где есть указание на среднее время проведения аналоговых (пленочных) рентгенов-

ских исследований. Администрации медицинских учреждений, а также врачам-рентгенологам интересно знать, действительно ли цифровые рентгеновские исследования проводятся быстрее и занимают меньше рабочего времени? Ответ на этот вопрос помог бы оптимизировать и планировать работу рентгеновских кабинетов, точнее рассчитывать нагрузку и штатное расписание. В литературе мы не нашли сообщений по этому поводу, в том числе в основном руководящем документе, которым является Приказ № 132 от 02.08.1991 г. [12], введенный в действие до эпохи внедрения цифровых рентгеновских исследований.

Таким образом, обоснование экономической целесообразности цифровых рентгенологических исследований представляется нам своевременным и актуальным.

Цель исследования: изучить экономическую эффективность цифровой рентгенодиагностики, в сравнении с аналоговой (пленочной).

Материалы исследования. Часть исследования проводилась в рамках квалификационной дипломной работы студентки VI курса медицинского факультета СПбГУ А. С. Петровой в период 2011–2012 гг. на базе рентгеновского отделения СПб ГБУЗ «Городская Мариинская больница» в семи рентгенодиагностических кабинетах, оснащенных цифровыми и аналоговыми аппаратами.

Для сравнения времени, затраченного на пленочные и цифровые исследования различных анатомических областей, был проведен хронометраж 438 рентгеновских процедур. Для расчета временных затрат на процедуры выбраны девять анатомических областей, рентгенография которых проводится в больнице чаще всего. Название исследований и их количество представлены в табл. 1.

С целью расчета экономической эффективности цифровых и аналоговых исследований нами проведен расчет материальных затрат на выполнение цифрового и пленочного снимка с учетом цен на серебросодержащую пленку, на химические реактивы (проявитель и закрепитель), на твердые копии (термопленку либо термобумагу), на жесткие диски компьютеров. Проанализированы годовой статистический отчет за 2010 год, отчеты отдельных рентгеновских кабинетов, материалы отдела снабжения больницы с указанием закупочных цен на пленку и т. д.

Методы исследования. Мы проанализировали и сравнили расходы на эксплуатацию цифровых и аналоговых аппаратов за один год.

Выполнение снимков на аналоговом аппарате требовало расходы на растворы (проявитель и закрепитель), фотографическую пленку. Учитывали: стоимость растворов; частоту их замены в месяц; стоимость фотографической пленки; количество пленки в одной коробке; количество снимков, выполняемых в среднем за месяц и один год; количество аналоговых аппаратов в больнице; количество рабочих дней в году.

Для выполнения снимков на цифровом аппарате были необходимы расходы на жесткие диски, термопленку для печати снимков. В своих подсчетах мы учитывали объем памяти на жестком диске в зависимости от количества цифровых снимков в год; стоимость жесткого диска (1 Тбайт); количество снимков, распечатанных на термопленку.

Для сопоставления времени, затраченного для проведения пленочных и цифровых рентгеновских процедур, выполняли хронометраж исследований на нижеперечисленных установках.

Аналоговую рентгенографию проводили на следующих аппаратах:

1. Комплекс рентгеновский диагностический КРД фирмы НИПК Электрон (Россия) на два рабочих места. На аппарате обследовали пациентов приемного покоя больницы.

2. Две рентгеновские установки РУМ-20 фирмы МосРентген (Россия) на три рабочих места. На аппаратах обслуживали пациентов отделения неврологии, нейрохирургии, урологии, оториноларингологии и кардиологии.

3. Рентгеновский аппарат Sirescop CX фирмы SIEMENS (Германия) на три рабочих места, использовали для обследования пациентов хирургических отделений.

В фотопроцессе применяли серебросодержащую пленку фирмы Kodak, размеры которой соответствовали исследуемой области: 35×35 см — грудная клетка; 30×40 см — брюшная полость, кости таза, отделы позвоночника; 24×30 см — пищевод и желудок, отделы позвоночника; 18×24 см — отделы позвоночника, пазухи носа.

Цифровую рентгенографию выполняли на следующих аппаратах.

1. Комплекс рентгеновский телеуправляемый КРТ фирмы НИПК «Электрон» (Россия) на 3 рабочих места обслуживал отделения травматологии, офтальмологии и неврологии.

2. Цифровой флюорограф ФЦ-01 и телеуправляемый комплекс КРТ фирмы НИПК «Электрон» (Россия) обслуживали пациентов отделения эндокринологии, терапии, восстановительного лечения и поликлинику.

Выполняли хронометраж — замер времени, затраченного на одно рентгеновское исследование. Его осуществляли с учетом выделения в рентгеновской процедуре этапов:

а) время на подготовку пациента к рентгеновскому исследованию от момента входа в кабинет до его подхода к рентгенологической установке, включая короткий инструктаж. При анализе и хронометраже выделяли пациентов ходячих и каталочных;

б) время на работу рентгенолаборанта с учетной документацией, включающее ознакомление с историей болезни или направлением на рентгенографию, оформление ведущейся в кабинете документации, занесение анкетных данных пациента в компьютер;

в) время на выполнение исследования. Это время объединяло укладку пациента, защиту участков тела от неиспользуемого рентгеновского излучения, установку кассеты с пленкой, центрацию, диафрагмирование и съемку;

г) время на завершение процедуры, т. е. подъем пациента с аппарата и фотопроект пленки;

д) время на оформление протокола исследования с записью его от руки либо на компьютере. Занесение результатов исследования в историю болезни или амбулаторную карту, с указанием заключения, рекомендаций по проведению уточняющих методов и методик — рентгенологических, ультразвуковых, КТ, МРТ и др. Сюда также входило и время подписи и маркировки снимка.

Всю информацию заносили в таблицу Excel.

Анализ результатов исследований проводили с использованием статистических методов, включавших общепринятые параметрические тесты. Соответствие статистического распределения эмпирических показателей теоретическому нормальному распределению Гаусса оценивали с помощью критерия Колмогорова—Смирнова и критерия хи-квадрат. Для оценки различий выборочных совокупностей использовали критерий Стьюдента.

Результаты и их обсуждение. Затраты на аналоговые (плёночные) исследования. Для подсчета расходов больницы, связанных с выполнением рентгенографии, использовали данные годового отчета рентгеновского отделения за 2010 г. Всего за год

два раза в месяц. Стоимость одного раствора проявителя составила 4290 рублей, одного раствора фиксажа — 2200 рублей. Следовательно, в месяц в одном кабинете на растворы тратилось 12 980 рублей, в год — 15 5760 рублей, а в 6 кабинетах — 934 560 рублей в год.

Таким образом, в 2010 году общие затраты на одно пленочное исследование составили в среднем 38,6 рублей, а на все снимки — 2 902 442.

Затраты на цифровые исследования. Из 95 584 снимков, выполненных в 2010 году, 20474 (21%) снимка было цифровых, из них 6254 флюорограмм и 14 220 рентгенограмм. Установлено, что одна флюорограмма занимает на жестком диске 18 Мб, рентгенограмма — 4 Мб, следовательно, общий объем всех цифровых исследований составил: $18 \times 6254 + 4 \times 14 220 = 169 452$ Мб. Так как стандартный объем жесткого диска равен 1 терабайту, а терабайт = 1 000 000 мегабайт, памяти одного жесткого диска может хватить в среднем на 6 лет. Средняя стоимость жесткого диска на 1 терабайт около 7269 рублей, следовательно в год затраты на хранение информации в среднем составили 1231 рубль.

После выполнения рентгенографии на цифровом аппарате лаборант редко распечатывал снимки на термопринтере, только в случаях, если снимки были необходимы для военкомата и ВТЭК, если снимки запрашивались лечащим врачом для консилиума, если снимки выдавались пациенту за платное исследование. За один год для этих целей в рентгеновских каби-

Таблица 1

Общее количество рентгенологических исследований разных анатомических областей

Название исследования	Кол-во исследований	
	плёночных	цифровых
1. Рентгенография грудной клетки в двух проекциях	35	32
2. Рентгенография брюшной полости	32	32
3. Рентгенография костей таза	33	33
4. Рентгенография отделов позвоночника в двух проекциях	30	33
5. Рентгенография периферических отделов скелета в двух проекциях	33	33
6. Рентгенография черепа в двух проекциях	11	12
7. Рентгенография пазух носа	17	17
8. Рентгенография пищевода и желудка	19	8
9. Ирригоскопия	17	11
Всего: 438 исследований	227	211

в больнице выполнено 58 134 рентгеновских исследований, в том числе 95 584 снимка, из которых 75 110 аналоговых и 20 474 цифровых. Стоимость одной коробки рентгеновской пленки (35×35 см, 100 листов) фирмы KODAK в 2010—2012 году составляла в среднем 2620 рублей. Средняя стоимость 1 листа пленки была 26 рублей, за весь 2010 год на выполнение 75 110 снимков было потрачено 1 967 882 рубля.

Замену растворов для фотопроекции в каждом рентгеновском кабинете осуществляли в среднем

в два раза в месяц. Стоимость одного раствора проявителя составила 4290 рублей, одного раствора фиксажа — 2200 рублей. Следовательно, в месяц в одном кабинете на растворы тратилось 12 980 рублей, в год — 15 5760 рублей, а в 6 кабинетах — 934 560 рублей в год. Таким образом, в 2010 году общие затраты на одно пленочное исследование составили в среднем 38,6 рублей, а на все снимки — 2 902 442. Затраты на цифровые исследования. Из 95 584 снимков, выполненных в 2010 году, 20474 (21%) снимка было цифровых, из них 6254 флюорограмм и 14 220 рентгенограмм. Установлено, что одна флюорограмма занимает на жестком диске 18 Мб, рентгенограмма — 4 Мб, следовательно, общий объем всех цифровых исследований составил: $18 \times 6254 + 4 \times 14 220 = 169 452$ Мб. Так как стандартный объем жесткого диска равен 1 терабайту, а терабайт = 1 000 000 мегабайт, памяти одного жесткого диска может хватить в среднем на 6 лет. Средняя стоимость жесткого диска на 1 терабайт около 7269 рублей, следовательно в год затраты на хранение информации в среднем составили 1231 рубль. После выполнения рентгенографии на цифровом аппарате лаборант редко распечатывал снимки на термопринтере, только в случаях, если снимки были необходимы для военкомата и ВТЭК, если снимки запрашивались лечащим врачом для консилиума, если снимки выдавались пациенту за платное исследование. За один год для этих целей в рентгеновских каби-

цифровых снимков $97\,012 + 1231 = 98\,243$ рубля, стоимость одного цифрового снимка $98\,243 : 20\,474 = 4,8$ рублей. Расчеты на расходы при аналоговой и цифровой рентгенографии представлены в табл. 2.

Из табл. 3 следует, что время исследования органов грудной клетки, периферических отделов скелета на цифровом и аналоговом аппаратах практически одинаковое. Разница во времени является

Таблица 2

Сравнительные затраты на пленочные и цифровые исследования в 2010 году

Расходные позиции	Затраты на исследования (в рублях)	
	аналоговые	цифровые
Растворы (проявитель и закрепитель)	934 560	
Рентгенографическая пленка	1 967 882	1231
Жесткий диск	2 902 442	97 012
Термографическая пленка	38,6 (> в 8 раз)	98 243
ИТОГО		4,8
Общие затраты за год		
Стоимость одного снимка		

Из табл. 2 видно, что каждый аналоговый снимок стоит в 8 раз дороже цифрового, а по итогам 2010 года для выполнения аналоговых снимков потребовалось 2 902 442 рубля, что почти в 30 раз больше затрат, чем на цифровые снимки. Чтобы посчитать ежегодные затраты на аналоговые и цифровые снимки, надо умножить их количество на стоимость одного подобного снимка. Представим, что все 95 584 снимка в году аналоговые, тогда их стоимость $95\,584 \times 38,6 = 3\,689\,542$ рубля, если все цифровые, то их стоимость — $95\,584 \times 4,8 = 458\,803$ рубля, что на 3 230 739 рублей либо в 8 раз меньше. Если больница для печати цифровых снимков будет закупать термопленку не 35×43 см, а размером 20×25 см, стоимостью за 1 коробку (100 листов) 8352 рублей и за 1 пленку — 84 рубля, а не 19 744 и 157,9 рублей, соответственно, экономию можно будет увеличить еще практически в два раза, т.е. в 16 раз.

Оценка временных параметров. Результаты хронометража рентгеновских исследований отдельных анатомических областей представлены в табл. 3.

статистически незначимой. Временные значения также соответствуют данным из Приказа № 132 от 1991 года [12].

Цифровые рентгенографические исследования брюшной полости, костей таза, черепа и пазух носа, по сравнению с аналоговыми, занимали достоверно больше времени на 2–3 минуты, но не выходили за рамки параметров Приказа № 132 [12] (см. табл. 3).

На цифровое рентгеноскопическое исследование пищевода и желудка тратится практически столько же времени, что и на аналоговое. В среднем на одно цифровое исследование приходилось 28 минут, что не выходило за рамки данных Приказа № 132 [12], в котором отводится на эту процедуру 30 минут.

Только цифровое исследование позвоночника занимало фактически меньше времени — 11,56 мин, чем аналоговое — 11,6 мин. Однако разница во времени была настолько незначительна, что ее можно не учитывать. Однако в Приказе № 132 [12] этой процедуре отводится 10 мин, что на 1,56 мин меньше, чем приходится на цифровую рентгенографию.

Таблица 3

Временные затраты на рентгенологическое исследование (мин)

Параметр		Рентгенография грудной клетки в двух проекциях	Рентгенография (обзорная) брюшной полости	Рентгенография костей таза	Рентгенография отделов позвоночника	Рентгенография периферических отделов скелета в двух проекциях	Рентгенография черепа в двух проекциях	Рентгенография пазух носа	Ирригоскопия	Рентгенография пищевода желудка
Среднее значение времени	Цифровые	11,98 (n=32)	8,6 (n=32)	11,1 (n=33)	11,56 (n=33)	8,82 (n=33)	8,7,9 (n=12)	9,25 (n=17)	39,4 (n=17)	27,9 (n=18)
	Аналоговые	11,93 (n=35)	6,5 (n=32)	9,65 (n=33)	11,6 (n=30)	8,42 (n=33)	6,15 (n=11)	6,73 (n=17)	41,63 (n=17)	27,82 (n=19)
	Табличные	15	16	10	10	10	15	10	35	30
Стандарт отклонение	Цифровые	2,7	1,06	1,55	2,67	1,3	1,3	1,2	1,2	8,05
	Аналоговые	3,064	1,89	1,82	1,24	1,86	2,2	2,2	2,05	2,16
Коэффициент Стьюдента, t		7,7	5,4	3,53	5,4	0,95	3,58	4,047	3,9	4,02
Уровень значимости, p		0	0,000001	0,0008	0,000001	0,345	0,0018	0,0003	0,0004	0,0009

Увеличение времени почти на все цифровые исследования происходило за счет параллельной регистрации пациентов в журнале и в архиве компьютера — АРМ лаборанта, за счет распечатки отдельных снимков на термопленке с предварительным выбором и постпроцессорной обработкой наглядных снимков, что требовало от персонала выработки определенных навыков и, конечно, дополнительного времени.

Выполнение ирригоскопии на цифровом аппарате занимало на 2 минуты меньше времени, чем на аналоговом, за счет меньшей затраты времени на фото-процесс. Однако по времени аналоговая и цифровая ирригоскопия превышали параметры Приказа № 132 [12] на 6 минут (см. табл. 3). При цифровой ирригоскопии требовалось дополнительное время на постпроцессорную обработку снимков, на выбор снимков для печати и саму печать.

Исходя из результатов проведенного хронометража исследований, для проведения некоторых цифровых рентгеновских методик требуется достоверно больше времени, чем для аналоговых. Это обусловлено затратой времени на одновременное ведение электронной и бумажной документации, а также на постпроцессор-

ную обработку цифровых изображений, на удаление из памяти компьютера диагностически незначимых файлов рентгенографии и рентгеноскопии. Важным является то, что время, необходимое на проведение как пленочного, так и цифрового исследований, практически не превышает установленных нормативов за процедуру согласно Приказу № 132 [12] (см. табл. 3).

Выводы.

1. Эксплуатация цифровых рентгеновских аппаратов, в сравнении с аналоговыми, экономически выгодна в восемь и более раз за счет экономии на расходных материалах.

2. На выполнение цифровых рентгеновских исследований затрачивается достоверно больше времени, чем на проведение аналоговых, ввиду постпроцессорной обработки, когда в больнице отсутствует госпитальная информационная система, ведется двойной (бумажный и электронный) документооборот и нет полноценной радиологической информационной системы.

3. Время проведения как пленочного, так и цифрового исследований не превышает установленных нормативов за процедуру согласно Приказу № 132.

ЛИТЕРАТУРА

1. Блинов Н. Н. (мл.) Новый сканирующий цифровой малодозовый флюорограф ПроСкан-7000 / Н. Н. Блинов (мл.), А. Н. Гуржиев, С. Н. Гуржиев, А. В. Кострицкий // Медицинская техника. — 2004. — № 5. — С. 47–56.
2. Блинов Н. Н. Новые реальности в современной рентгентехнике / Н. Н. Блинов, А. И. Мазуров // Медицинская техника. — 2003. — № 5. — С. 3–6.
3. Блинов Н. Н. Рентгенодиагностическая аппаратура после 2000 г.: максимум информативности при минимуме дозовых нагрузок / Н. Н. Блинов, М. И. Зеликман // Медицинская радиология и радиационная безопасность. — 1999. — № 1. — С. 6–8.
4. Блинов Н. Н. Необходимость и достаточность технического переоснащения отечественного здравоохранения / Н. Н. Блинов, А. Ю. Васильев, В. Я. Зиниченко // Медицинская техника. — 2011. — № 5. — С. 26–29.
5. Гуржиев А. Н. Что интересует рентгенолога в цифровой флюорографии? / А. Н. Гуржиев // Радиология — практика. — 2002. — № 4. — С. 53–57.
6. Зеликман М. И. Цифровые системы в медицинской рентгенодиагностике / М. И. Зеликман. — М.: Медицина, 2007. — 208 с.
7. Мазуров А. И. Последние достижения в цифровой рентгенодиагностике / А. И. Мазуров // Медицинская техника. — 2010. — № 5. — С. 10–14.
8. Элинсон М. Б. Анализ преимущества цифровых рентгеновских аппаратов перед пленочными / М. Б. Элинсон // Медицинская техника. — 2005. — № 5. — С. 37–39.
9. Блинов Н. Н. Рациональный выбор оснащения современного рентгенодиагностического отделения / Н. Н. Блинов // Вестник рентгенологии. — 1998. — № 1. — С. 47–52.
10. Блинов Н. Н. Медицинская радиология на пороге XXI века / Н. Н. Блинов, А. И. Мазурова // Медицинская техника. — 1999. — № 5. — С. 3–4.
11. Линденбратен Л. Д. Лучевая диагностика: достижения и проблемы нового времени / Л. Д. Линденбратен // Радиология — практика. — 2007. — № 3. — С. 12–14.
12. Приказ Минздрава РФ от 02.08.91 № 132 «О совершенствовании службы лучевой диагностики». — zakonprost.ru, garant.ru.

Поступила в редакцию: 9.02.2014 г.
Контакт: Камышанская И. Г., irinaka@mail.ru

Подписные индексы:

Агентство «Роспечать» 57991

Объединенный каталог «Пресса России» 42177