

Анализ профессионального облучения при проведении эндоурологических вмешательств.
Зеликман М.И., Теодорович О.В., Борисенко Г.Г., Нарышкин С.А., НПЦ медицинской радиологии ДЗ г. Москвы, РМАПО Росздрава РФ, НУЗ ЦКБ №1 ОАО «РЖД»

Резюме

Данная статья посвящена анализу оптимизации лучевой нагрузки при рентгеноурологических операциях и разработке методических рекомендаций. Выявлено, что рентгеноэндоскопические операции в урологии с точки зрения лучевой нагрузки на персонал являются достаточно безопасными при соблюдении правил безопасности.

Ключевые слова: лучевая терапия; радиология; лучевая нагрузка.

Analysis of occupational exposure in endourologi interventions

Zelikman M, Teodorovich O, Borisenko G, Naryshkin S

Summary

This article is devoted to analyzing the optimization of radiation load at rentgenourological operations and the development of guidance. Revealed that rentgenoendoscopy operations in urology in terms of radiation load on the staff are quite safe, while respecting the rules of safety.

Keywords: radiotherapy, radiology, radiation load

Оглавление:

Материалы и методы

Выводы.

Список литературы.

Материалы и методы.

Исследование проводилось в течение 12 месяцев (март-сентябрь 2006г. и февраль-август 2007г.).

При интервенционных рентгеновских вмешательствах в урологии можно выделить два основных типа взаимного расположения рентгеновского излучателя, пациента и оперирующей бригады.

Первый тип (рис. 1) взаиморасположения (антеградные операции) применяется при вмешательствах на почках и лоханочно-мочеточниковом сегменте (чрескожная пункционная нефростомия, чрескожная нефролитотрипсия, чрескожная пункционная эндопиелотомия), антеградном стентировании мочеточника и др.

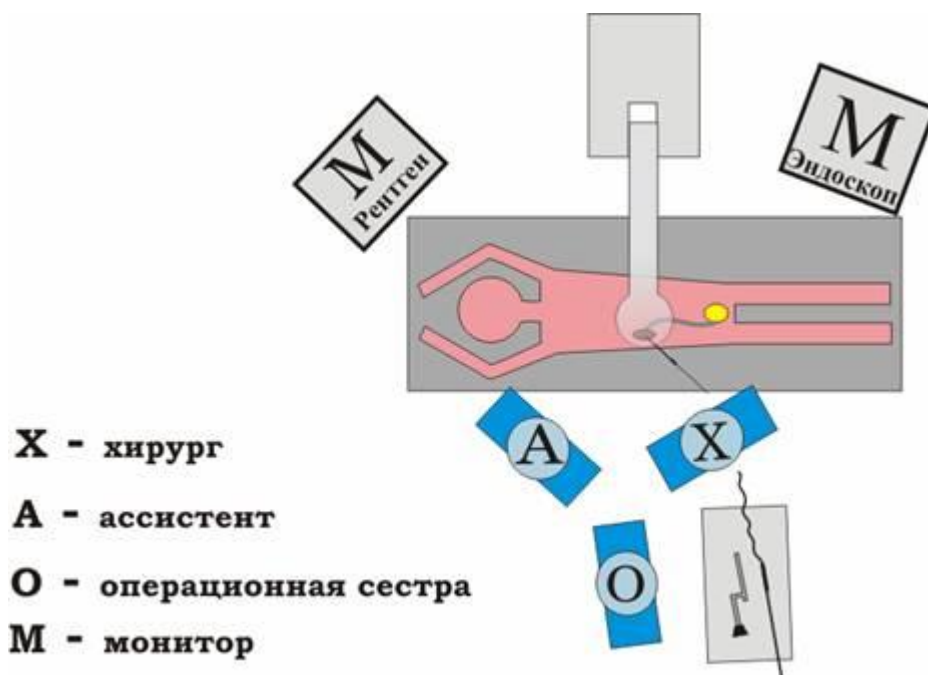


Рис.1. Взаиморасположение «излучатель - пациент - операционная бригада» при антеградных операциях.

Пациент лежит на животе, головой в одну либо другую сторону, в зависимости от стороны вмешательства. Хирург располагается с правого края операционного стола. Большую часть времени при рентгеноскопии зоной интереса является проекция оперируемой почки.

Второй тип взаиморасположения (рис. 2) (ретроградные операции) применяется при эндоскопических операциях на уретре, уретеропиелографии, ретроградном стентировании мочеточников, уретеролитоэкстракции, уретеролитотрипсии и некоторых других вмешательствах. Доступ при данном типе оперативных вмешательств осуществляется через естественные мочевые пути: уретра – мочевой пузырь – мочеточник. При операциях второго типа пациент находится в положении лежа на спине, с согнутыми в коленях и тазобедренных суставах и разведенными ногами. Врач стоит между разведенными ногами пациента. Арка рентгеновского аппарата во время вмешательства периодически передвигается вдоль туловища пациента, позволяя контролировать продвижение контрастного вещества и инструментов по ходу мочеточников.

Х - хирург

А - ассистент

О - операционная сестра

М - монитор

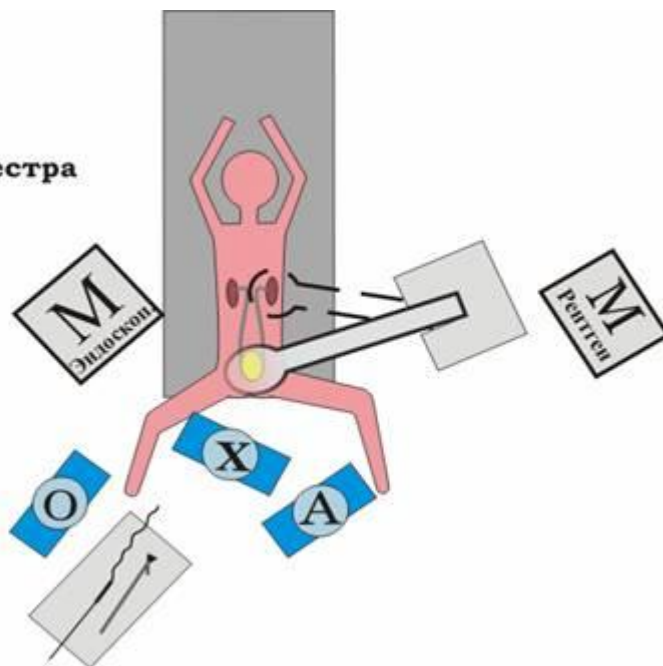


Рис. 2. Взаиморасположение «излучатель - пациент - операционная бригада» при ретроградных операциях.

Интраоперационный рентгенотелевизионный контроль осуществлялся при помощи рентгенохирургической установки типа C-arm (модель SXT-900A фирмы Toshiba). Напряжение на аноде рентгеновской трубки менялось в пределах от 63 до 100 кВ. Сила тока рентгеновской трубки оставалась постоянной и равнялась 2 мА. Излучатель располагался под операционным столом. Дозовый контроль во время операционных вмешательств осуществлялся термомюлюминесцентными детекторами (ТЛД) LiF. ТЛД проходили предварительную калибровку и размещались в специальной кассете попарно. Это позволяло проводить контроль поглощенной дозы с большей точностью путем вычисления среднего значения показаний от обоих детекторов.

В исследовании принимали участие оперирующий хирург, ассистент и операционная медсестра, то есть, те члены операционной бригады, которые не могут покидать пределы операционной во время рентгеноскопии.

У хирурга и ассистента детекторы были закреплены на медицинском колпаке над латеральными углами глаз; на уровне груди (над и под защитным фартуком); под фартуком на уровне гениталий и на запястьях. Так как операционная сестра не приближается к оси излучателя ближе чем на 130 см, то поворот головы не будет играть существенную роль в накоплении дозы. Мы сочли достаточным использование одного контейнера, закрепленного на медицинском колпаке по центру лба, для определения эквивалентной дозы на хрусталик глаза. Также операционная медсестра носила детекторы на уровне груди (над и под защитным фартуком) и под фартуком на уровне гениталий.

Детекторы, находящиеся под защитным фартуком позволяют определить эффективную дозу, располагающиеся перед фартуком – дают возможность рассчитать гипотетическую эффективную дозу при работе без защитных средств, а также сравнивать результаты с данными, полученными другими методами дозиметрии. Дозиметры,

закрепленные на запястьях и на голове, дают возможность определить эквивалентную дозу для кожи рук и хрусталика глаза. Уровень фонового излучения определялся 3 контрольными дозиметрами, хранившимися в защищенном от рентгеновского излучения месте.

Хирург и ассистент были обеспечены защитными фартуками со свинцовым эквивалентом 0.5 мм Рb, операционная медсестра – со свинцовым эквивалентом 0.35 мм Рb. Свинцовый эквивалент защитных воротников равен 0.35 мм Рb.

Для контроля результатов дозиметрии с использованием ТЛД были проведены дополнительные измерения при помощи сцинтилляционного дозиметра ДКС – АТ 1121 (компания АТОМТЕХ).

Т.к. одной из задач исследования являлось изучение влияния конституциональных особенностей пациента на профессиональное облучение персонала, измерения проводились с использованием водных тканеэквивалентных фантомов (емкостью 10 и 20 литров).

Напряжение на трубке составляло 67 кВ для фантома 10л и 98 кВ для фантома 20 л. С применением каждого фантома измерения проводились для двух типов взаиморасположения «излучатель-пациент-хирург», соответствующих ретроградным и антеградным операциям.

Пространство операционной было разделено на условные горизонтальные и вертикальные зоны относительно излучателя. Для каждой из горизонтальных зон измерения с использованием дозиметра ДКС – АТ 1121 проводились в пяти вертикальных точках (при различных расстояниях от уровня пола): 40 см – уровень ног, 78 см – уровень гениталий, 110 см – уровень рук хирурга и ассистента, 125 см – уровень органов грудной клетки и 164 см – уровень глаз. Для антеградных операций дозиметрия осуществлялась на расстоянии 30, 40, 70, 130 и 260 см от оси излучателя, расположенного в области почки. Для ретроградных – на расстоянии 30, 40, 70, 130 и 260 см от оси излучателя, расположенного в проекции мочевого пузыря и на расстоянии 70, 80, 130 и 170 см от излучателя, расположенного в проекции почки. Зона 30 (70) см соответствует расположению рук хирурга, 40 (80) см – расположению самого хирурга и рук ассистента, 70 и 130 см (130 и 170 см) – удаленности ассистента и операционной сестры, соответственно. Т.е. измерения проводились на местах фактического нахождения персонала при осуществлении рентгенотелевизионного контроля [2].

В результате удалось произвести сравнительный анализ величины мощности поглощенной дозы, измеренной «in vitro», со значениями мощности дозы, оцененными при использовании ТЛД. В ходе проведенных исследований установлено, что дозы, измеренные с использованием ТЛД для операций первого типа и операций второго типа (для случая расположения излучателя в проекции почки) в основном находятся в пределах измеренных поглощенных доз для 10л и 20л фантома (таблицы 1 и 2). Исключение составляют поглощенные дозы на уровне гениталий у хирурга и ассистента для операций второго типа (реальная доза, накопленная ТЛД, оказывается выше прогнозируемой), что

объясняется частым перемещением излучателя во время операции от проекции мочевого пузыря к проекции почки, и обратно.

Эффективные дозы облучения персонала были рассчитаны согласно [2].

Зная мощность эффективной дозы и время рентгеноскопии, можно рассчитать эффективную дозу за операцию. Пределы годовых эффективной и эквивалентной доз для медицинского персонала определены нормами радиационной безопасности [1]. Следовательно, не представляет труда вычислить количество оперативных вмешательств первого и второго типов, которое может выполнить один хирург в течение года, не превысив пределов дозовой нагрузки.

В нашем случае, при пределе годовой эффективной дозы 20 мЗв и средней длительности рентгеноскопии 7.4 мин и 1.8 мин (при антеградном и ретроградном типах вмешательств, соответственно) хирург может выполнять около 488 антеградных или 3175 ретроградных операций в год.

Таблица 1. Мощность дозы (мЗв/ч), воздействующая на операционную бригаду при антеградных операциях, определенная методами ТЛД и сцинтилляционной дозиметрии.

Расстояние от оси (см)	Высота от пола (см)	Мощность дозы (мЗв/ч)		
		Антеградные операции		
		Фантом 10л	ТЛ дозиметрия	Фантом 20л
30 Руки хирурга	110	2.0767	3.1006/2.4104	3.2667
40 Хирург	78	0.8767	1.3387	2.8300
	125	0.7933	1.4359	1.5033
	164	0.3000	0.3746/0.6085	0.3800
40 Руки ассистента	110	1.2467	0.6797/1.3040	2.3700
70 Ассистент	78	0.4567	0.8428	1.3767
	125	0.4400	0.5306	0.8300
	164	0.2147	0.3008/0.3043	0.4500
130 Операционная медсестра	78	0.1447	0.1249	0.4500
	125	0.1640	0.1231	0.4067
	164	0.1337	0.1231	0.2683

Таблица 2. Мощность дозы (мЗв/ч), воздействующей на операционную бригаду при ретроградных операциях, определенная методами ТЛД и сцинтилляционной дозиметрии.

Расстояние от оси (см)	Высота от пола (см)	Мощность дозы (мЗв/ч)		
		Ретроградные операции		
		Фантом 10л	ТЛ дозиметрия	Фантом 20л
30 Руки хирурга	110	0.4200	0.7318/0.6916	1.1500
40 Хирург	78	0.3100	1.2331	0.7933
	125	0.3733	0.3311	0.9200

	164	0.1890	0.4091/0.2630	0.4733
40 Руки ассистента	110	0.3267	0.4967/0.4578	0.8867
70 Ассистент	78	0.1863	0.6767	0.4833
	125	0.2197	0.2825	0.5133
	164	0.1547	0.2142/0.2727	0.3400
130 Операционная медсестра	78	0.0707	0.1153	0.1820
	125	0.0677	0.1850	0.1900
	164	0.0883	0.0877	0.2120

Следует отметить, что среднее время рентгеноскопии при чрескожной пункционной нефролитотрипсии по данным зарубежной литературы редко бывает меньше 10 минут, что говорит о хорошей подготовке наших урологов.

Тренинг узкого специалиста по совершенствованию его профессиональных навыков и ознакомление с основами радиационной безопасности играют огромную роль в уровне дозовой нагрузки на пациента и персонал [4, 5, 9, 14].

Инструкция 84/466/EURATOM, лежащая в основе мероприятий по радиационной защите персонала, участвующего в диагностических и лечебных процедурах [7], предписывает лицу, ответственному за использование ионизирующего излучения, в полной мере информировать пациентов и медицинский персонал о мерах радиационной защиты.

МКРЗ и ВОЗ сходятся во взглядах, что соответствующая подготовка по радиационной защите, связанной с лучевой диагностикой и интервенционной радиологией, – это основной шаг по проведению программ оптимизации дозовых нагрузок на пациентов и персонал.

Кроме того, в некоторых странах и медицинских организациях разрабатывают и внедряют специальные программы и выпускают документы, регламентирующие подготовку специалистов по интервенционной радиологии. Примером этому служат документы, разработанные следующими организациями: Комиссией США по ядерному регулированию (US Nuclear Regulatory Commission) [10], Американской ассоциацией медицинских физиков (AAPM) [6], AAPM совместно с Американским Радиологическим Колледжем (American College of Radiology) [11], Международным обществом рентгенолаборантов (International Society of Radiologic Technologists) [3], а также ВОЗ [16].

С 1991 по 1993гг. в рамках работы Европейской Комиссии по программе нормирования, по предложению испанской группы медицинских физиков одного из испанских университетов была проведена тщательная разработка перечня специальных знаний по радиационной защите и обеспечению качества для лучевых специалистов и рентгенолаборантов [12]. Некоторые из них включены в документы Европейской Комиссии для интервенционной радиологии [8].

В 2000г. ВОЗ опубликовала документ [15], разработанный на семинаре по эффективности и радиационной безопасности в интервенционной радиологии, проводившемся 9-13 октября 1995г. в Мюнхене-Нюремберге (Германия). Одна из рабочих групп была посвящена образованию и тренингу в интервенционной радиологии. Специализированные документы и издания, посвященные интервенционной радиологии, стали материалом для тренинга специалистов [13]. Обучение по интервенционной радиологии, соответственно требованиям ВОЗ [15] предполагает, что базовые знания по интервенционным вмешательствам должны предусматриваться национальными обучающими программами по сертификации в лучевой диагностике, нейрорадиологии и кардиологии. Предполагается, что после сертификации по узкой специальности, врач должен овладеть практическими навыками, что позволит ему в дальнейшем проводить интервенционные вмешательства в его области самостоятельно.

Обучающие учреждения должны быть аккредитованы для преподавания в области интервенционной радиологии. Для получения аккредитации, в стенах учреждения должно выполняться хотя бы 300 интервенционных вмешательств в год, или хотя бы 100 процедур в год по интервенционной нейрорадиологии. Учреждение может быть аккредитовано более чем по одной специальности, если оно соответствует вышеуказанным критериям.

Врач может быть аккредитован для выполнения интервенционных вмешательств в кардиологии, или нейрорадиологии, если он в течении 1 года занимался интервенционной радиологией в аккредитованном учреждении, и хотя бы 200 (интервенционная кардиология) или 70 (интервенционная нейрорадиология) вмешательств выполнил самостоятельно под контролем специалистов (к сожалению, в этих документах не упоминается о возможности применения интервенционных вмешательств в урологии).

В статье иностранных авторов [4], посвященной зависимости времени выполнения чрескожной пункционной нефролитотрипсии и времени рентгеноскопического контроля от опыта оперирующего хирурга, говорится, что кривая времени оперативного вмешательства достигает плато после выполнения 60 операций, а кривая времени рентгеноскопии – после 115. Следовательно, временные параметры рентгеноскопии являются хорошим показателем в оценке операционной подготовки хирурга.

Выводы.

- Рентгеноэндоскопические операции в урологии с точки зрения лучевой нагрузки на персонал являются достаточно безопасными. При вышеперечисленных технических условиях и среднем времени рентгенотелевизионного контроля 7.4 мин и 1.7 мин при ЧПНЛ и ретроградных операциях, соответственно (а также при наличии нормированного годового предела эффективной дозы 20 мЗв/г), одним хирургом может выполняться не более

488 чрескожных пункционных нефролитотрипсий, или 3175 ретроградных операций в год.

- Предложенная методика дозиметрии с помощью ТЛД позволяет: более точно определить эффективную дозу, полученную персоналом во время оперативных вмешательств. В нашем случае, эффективная доза, определенная по традиционной методике (всего один ТЛД под защитным средством на уровне груди), оказалась заниженной в 3-5.3 раза относительно более точных оценок;
- осуществлять контроль эквивалентной дозы для хрусталиков глаз и кожи кистей оперирующей бригады;
- рассчитать нормы лучевой нагрузки на персонал для отдельных видов оперативных вмешательств в конкретном лечебном учреждении, в соответствии с аппаратным обеспечением и квалификацией оперирующего персонала.
- При оказании оперативного пособия пациенту повышенного питания (напряжение на трубке 98 кВ) по сравнению с пациентом астенического телосложения (напряжение на трубке 67 кВ), мощность дозы, действующая на операционную бригаду, увеличивается при антеградном типе операций в 1.3 – 3.2 раза (в среднем в 2 раза), а при ретроградном типе операций в 2.8 – 2.2 раза (в среднем в 2.6 раза), в зависимости от точки измерения.
- Применение сцинтилляционного метода дозиметрии в дополнение к ТЛД-методу позволяет выявлять участки тела членов операционной бригады, подвергающиеся большей лучевой нагрузке, по сравнению с предполагаемой. Далее, путем ретроспективного анализа возможно выявить причину данного превышения и провести мероприятия, направленные на оптимизацию лучевой нагрузки.

Так как ТЛД-метод связан со значительными временными затратами, для экспресс оценки уровня лучевой нагрузки на персонал при рентгеноурологических операциях может быть использована сцинтилляционная дозиметрия. Как показывает наша работа, при соблюдении вышеописанных методик, оба метода дают хорошее совпадение результатов.

- Должно широко пропагандироваться обучение персонала, чей интеллект при управлении медицинским оборудованием, является одним из главных факторов в оптимизации лучевых нагрузок, сохраняя при этом соответствующее качество изображения. Кафедры, обучающие интервенционным вмешательствам, в обязательном порядке должны включать в план занятий лекции по радиационной безопасности и методах оптимизации лучевых нагрузок.

Список литературы.

1. Ионизирующее излучение, радиационная безопасность. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99). Минздрав России, М., 1999.

2. Методические указания. Проведение радиационного контроля в рентгеновских кабинетах МУ 2.6.1.1982-05. // М., МЗ РФ, 2005г.
3. Adrienne Finch. Simple Experiments for Teaching Dosimetry to Students of Diagnostic Radiography. International Society of Radiographers and Radiological Technicians. Pitman Ltd. Surrey, England 1989.
4. Allen D, O'Brien T, Tiptaft R, Glass J. Defining the Learning Curve for Percutaneous Nephrolithotomy. J Endourol, Apr 2005, Vol. 19, No. 3: 279-282.
5. Archer BR, Wagner LK. Protecting patients by training physicians in fluoroscopic radiation management. J Appl Clin Med Phys 2000; 1:32-37.
6. Essentials and Guidelines for Hospital based Physics Residency Training Programs. AAPM 36. 1992.
7. European Union. Council Directive laying down fundamental measures of radiation protection to persons undergoing medical examinations and treatments. Council Directive 84/466/EURATOM. Official J Eur Commun, No L 265/1. Luxembourg, 5 October 1984
8. Guidelines on education and training in radiation protection for medical exposures. Radiation Protection 119. European Commission. Luxembourg 2000.
9. Hellawell G.O., Mutch S.J., Thevendran G., Wells E., Morgan R. J. Radiation exposure and the urologist: what are the risks? The Journal of Urology: Volume 174(3) 2001.
10. McElroy NL, Brodsky A. Radiation Protection Training for Personnel Employed in Medical Facilities. U.S. Nuclear Regulatory Commission. Office of Nuclear Regulatory Research. NUREG-1134. Washington 1985.
11. Syllabus and Problems in Physics for Radiology Residents. AAPM and ACR. Chicago 1980.
12. Vano E, González L, Maccia C, Padovani R. Specific educational objectives in Radiological Protection and Quality Assurance for diagnostic radiology installation personnel. Research Project No. PA-012/90-E, contract CCM-317, European Commission. Edited by C6tedra de Fnsica Mddica, Facultad de Medicina, Universidad Complutense de Madrid, 28040 Madrid. Spain 1993.
13. Wagner LK, Archer BR. Minimising risks from fluoroscopic X-rays. Third Edition. Radiation Management Partnership. The Woodlands, TX 77381. USA 2000.
14. Watson LE, Riggs MW, Bourland PD. Radiation exposure during cardiology fellowship training. Health Phys 1997; 73(4): 690-3.
15. World Health Organisation. Efficacy and radiation safety in interventional radiology. WHO. Geneva 2000.

16. World Health Organisation. Manual on Radiation Protection in Hospitals and General Practice. WHO. Geneva 1976.