

Комплексное исследование и анализ эксподозовой картины рентгенооперационной на фактических местах работы операционной бригады

Н. В. Баранникова*

ГБОУ ВПО «Кубанский государственный медицинский университет» Минздрава России, кафедра гигиены и экологии, кафедра лучевой диагностики

A comprehensive study and analysis of exposure dose areas in the interventional radiological operation room on actual locations of the surgical team

N. V. Barannikova

Реферат

В целях комплексной дозиметрической оценки условий труда сотрудников рентгенохирургического отделения было проведено исследование радиационных полей рентгенооперационной, оснащенной ангиокардиографической установкой. Исследование проводилось методом «четырёхмерной дозиметрии». Помимо пространства рентгенооперационной, измерения были выполнены в смежных с ней помещениях; исследовалась фоновая лучевая нагрузка аппаратуры. В ходе исследования установлены особенности характера воздействия излучения на фактических местах работы персонала рентгенооперационной, выяснены общие закономерности распределения интенсивности излучения относительно пространственно-временной системы. Установлены группы наиболее облучаемых органов для каждого из членов операционной бригады, даны рекомендации по оптимизации лучевой нагрузки и использованию защитных средств.

Ключевые слова: рентгенохирургия, дозиметрия, радиационная защита.

Abstract

For a comprehensive dosimetric assessment of working conditions of a staff of X-ray surgical department, there was conducted a study of radiation areas in operating room equipped with an angiocardio-graphic system. The study was conducted using a method of «4D-dosimetry». In addition to the operating room area, the measurements were made in adjacent areas. Also, the background radiation exposure was estimated. In the study, there were identified the specific features of the effects of radiation on the actual locations of the surgical team, were clarified the general laws of the intensity distribution of the radiation relative to space-time system. There were identified the most radiosensitive body areas. There are given the recommendations on optimization of radiation exposure and the use of protective equipment.

Key words: interventional radiology, dosimetry, radiation protect.

* Баранникова Нина Владимировна, студентка 6-го курса лечебного факультета ГБОУ ВПО «Кубанский государственный медицинский университет» Минздрава России.
Адрес: 350063, г. Краснодар, ул. Красная, д. 18, кв. 15.
Тел.: +7 (918) 696-52-07.
Электронная почта: fortunacb1975@mail.ru

Актуальность

Интервенционная радиология – принципиально новое направление клинической медицины, сущность которой заключается в проведении лечебных манипуляций при помощи катетерной техники и под контролем одного из видов лучевой интраскопии в режиме реального времени [3].

Согласно СанПиН 2.6.1.1192-03 «Гигиенические требования к устройству и эксплуатации рентгеновских кабинетов, аппаратов и проведению рентгенологических исследований», члены операционной бригады рентгенохирургического отделения относятся к категории облучаемых лиц персонала группы А [5].

Основной вклад в формирование лучевой нагрузки на персонал рентгенохирургического отделения вносят длительная экспозиция рентгеновского излучения и работа в непосредственной близости от узлов аппаратуры («операция под лучом»).

Именно поэтому в свете развивающихся новых технологий в медицине наибольшую актуальность приобретают вопросы радиационного контроля на рабочих местах персонала.

Цель: комплексная дозиметрическая и радиационно-гигиеническая оценка условий труда персонала рентгенохирургического отделения.

Для реализации цели исследования были осуществлены:

- апробация метода «четырёхмерной дозиметрии»;
- косвенное определение нарушений эксплуатации рентгеновской аппаратуры путем определения фоновой лучевой нагрузки аппарата и измерения мощности экспозиционной дозы на фактических местах работы

персонала рентгенохирургического отделения;

- определены пути оптимизации дозовых нагрузок сотрудников рентгенохирургического отделения.

Материалы и методы

Данное комплексное дозиметрическое исследование проводилось на базе отделения рентгенохирургических методов диагностики и лечения Центра грудной хирургии ККБ № 1 им. проф. С. В. Очаповского (г. Краснодар), в рентгеноперационной, оснащенной ангиокардиографической установкой Siemens Axiom Artis FC (тип излучателя С-дуга). Напряжение на аноде рентгеновской трубки варьировалось от 90 до 125 кВ.

В качестве измерительного прибора использовался индивидуальный прямопоказывающий дозиметр рентгеновского и гамма-излучения типа ДКГ-РМ1621 № 30310, фирма-производитель Polimaster (номер в Госреестре СИ РФ 22850-02).

Исследование впервые проводилось методом «четырёхмерной дозиметрии», представляющим собой модификацию дозиметрического метода, описанного М. И. Зеликманом и соавт. [2].

Принципы метода «четырёхмерной дозиметрии»:

1. Измерение значений мощности экспозиционной дозы (МЭД) на 5 высотных уровнях, соответствующих областям организма, в наибольшей степени подвергающимся облучению: голова (165 см), грудь (125 см), руки (110 см), гонады (80 см), ноги (40 см).
2. Измерение МЭД в пространственных зонах рентгеноперационной ($l \times b \times h$, м) с целью определения ослабления излучения по закону

квадрата расстояния (три зоны (А, В, С), $7,3 \times 3 \times h$ (м); зона В включала в себя операционный стол и ангиокардиографическую рентген-установку).

3. Измерение МЭД на 4 горизонтальных уровнях, соответствующих удалению членов операционной бригады от излучателя: первый уровень (руки хирурга) — 40 см, второй (хирург, руки ассистента) — 60 см, третий (ассистент) — 80 см, четвертый (операционная сестра) — 130 см.
4. Измерение МЭД с учетом продолжительности операции и потенциальной экспозиции излучения. В нашем случае максимальная длительность оперативного вмешательства составила $25 \pm 3,5$ мин. В связи с этим время операции было разделено на 2 периода с 3 точками измерений: 0 мин (начало операции) — 12 мин (середина) — 25 мин (завершение). В каждый из ключевых моментов времени измерения проводились на всех вышеперечисленных уровнях.

Измерения МЭД проводились на фактических местах пребывания членов операционной бригады, во время операции постоянно находящихся в рентгеноперационной (оперирующий рентгенохирург, ассистент хирурга, операционная сестра). Согласно МУ 2.6.1.1982-05 «Проведение радиационного контроля в рентгенодиагностических кабинетах», в каждой точке проводилось по 3 измерения с последующим расчетом средней мощности дозы по количеству измерений [4].

Всего было произведено порядка 400 измерений МЭД непосредственно в рентгеноперационной, смежных помещениях и на прилегающей территории.

Результаты и их обсуждение

А. Исследование фоновой лучевой нагрузки в рентгеноперационной

Фоновая лучевая нагрузка (ФЛН) помещения является косвенным признаком нарушений эксплуатации рентгеновского оборудования и легко может стать причиной дополнительного облучения персонала. Исследование ФЛН предполагает сравнение исходных параметров мощности дозы в рентгеноперационной (до включения рентгеновской трубки) и таковых сразу после ее отключения. Измерение значений мощности дозы производилось в 5 точках: в 4 углах и в центре помещения. Исходные параметры МЭД составили $0,08 - 0,10 - 0,09 - 0,11 - 0,10$ мкЗв/ч, через 5 с после отключения рентгеновской трубки — соответственно $0,08 - 0,11 - 0,10 - 0,09 - 0,10$ мкЗв/ч, т.е. суммарное отклонение МЭД от исходных величин составило 0 мкЗв/ч, что в полной мере свидетельствует об отсутствии ФЛН. Следовательно, можно с уверенностью утверждать, что оборудование эксплуатируется надлежащим образом и его использование не оказывает существенного влияния на суммарную лучевую нагрузку персонала отделения.

Б. Исследование радиационного фона в рентгеноперационной и смежных помещениях

В качестве контроля значений естественного радиационного фона (ЕРФ) были использованы результаты измерений в 5 точках: 4 — по углам холла Центра грудной хирургии (ЦГХ), 1 — на улице, на расстоянии 5 м от входа в здание ЦГХ. Контрольные точки измерения были выбраны с учетом отсутствия какого-либо влияния на показате-

тели ЕРФ (находящиеся на территории строительные объекты, промышленные предприятия, ЛЭП, посторонние источники ионизирующего и электромагнитного излучения). Значения ЕРФ составили: 0,08 — 0,07 — 0,12 — 0,11 мкЗв/ч + 0,08 мкЗв/ч на улице (среднее значение 0,092 мкЗв/ч). Среднее значение РФ в рентгенооперационной до включения рентгеновской трубки составило 0,096 мкЗв/ч, что превысило показатели ЕРФ на 0,004 мкЗв/ч. Это также демонстрирует отличное качество работы и эксплуатации аппарата.

Дополнительно исследовались помещения, смежные по основным стенам с рентгенооперационной: пультовая и предоперационная. Измерения проводились в 3 точках: на границе помещения и коридора отделения; в центре помещения; на границе помещения и рентгенооперационной (при включенной рентгеновской трубке).

Результаты измерения в пультовой составили соответственно 0,08 — 0,09 — 0,08 мкЗв/ч, в предоперационной — 0,08 — 0,14 — 0,66 мкЗв/ч, что свидетельствует о надлежащем уровне радиационной защиты помещений отделения и отсутствии сверхфонового излучения от аппарата.

В. Исследование значений мощности экспозиционной дозы на фактических местах нахождения персонала (членов операционной бригады) во время операции

Измерения проводились непосредственно в операционной согласно принципам «четырёхмерной дозиметрии». Отсчет времени велся от момента включения рентгеновской трубки.

Усредненные значения МЭД на рабочем месте рентгенохирурга (за весь период операции) составили $13,2 \pm$

$0,31$ мкЗв/ч, ассистента — $10,45 \pm 0,7$ мкЗв/ч, операционной сестры — $7,58 \pm 0,75$ мкЗв/ч.

В ходе исследования было установлено, что в начале операции (0-я мин) максимумы дозовых нагрузок на рабочем месте рентгенохирурга приходятся на область туловища ($14,73 \pm 0,032$ мкЗв/ч); у ассистента хирурга «критической» областью является зона рук ($14,23 \pm 0,032$ мкЗв/ч), а у операционной сестры — область головы ($5,28 \pm 0,045$ мкЗв/ч). К середине операции (12-я мин) распределения МЭД претерпевают существенные изменения: на рабочем месте рентгенохирурга максимальная мощность дозы отмечается в зоне рук ($14 \pm 0,087$ мкЗв/ч), в то время как у ассистента и операционной сестры — в области голени ($13,27 \pm 0,32$ и $13,3 \pm 0,15$ мкЗв/ч соответственно). Наконец, в конце операции (25-я мин) на рабочем месте рентгенохирурга максимумы МЭД выявляются в зоне нижних конечностей ($14,43 \pm 0,14$ мкЗв/ч), на рабочем месте ассистента — в области грудной клетки ($13,23 \pm 0,29$ мкЗв/ч), а на таковом операционной сестры — снова в области головы ($12,6 \pm 0,29$ мкЗв/ч), причем доза в 2,4 раза больше, чем в начале операции.

Рассматривая удаленность членов операционной бригады от излучателя (рентгеновской трубки), можно отметить некоторые закономерности распределения МЭД. Ближе всех к излучателю находится оперирующий рентгенохирург (зона удаленности 40–60 см); разброс МЭД на его рабочем месте минимален — 5,87 мкЗв/ч. Немного большая удаленность у ассистента хирурга (60–80 см). Здесь, напротив, отмечаются максимальные значения разброса МЭД — 11,11 мкЗв/ч. Самую дальнюю пози-

цию относительно излучателя занимает операционная сестра (зона удаленности 80–130 см). Разброс МЭД в этом случае составляет 10,84 мкЗв/ч.

Степень расхождения фактической и усредненной доз на рабочем месте рентгенохирурга составляет 0,37 мкЗв/ч, ассистента хирурга — 0,43 мкЗв/ч, операционной сестры — 0,27 мкЗв/ч. Отсюда видно, что степень расхождения доз не зависит от ширины диапазона МЭД в данной точке измерения, хотя может создаться впечатление, что на рабочем месте ассистента хирурга эта зависимость ярко выражена.

Таким образом, можно сделать вывод, что рабочее место рентгенохирурга находится в относительно однородном поле излучения, в то время как по мере удаления от излучателя регистрируются более выраженные колебания МЭД. Следует отметить, что одной из главных особенностей рентгенохирургических вмешательств с точки зрения дозиметрического контроля является нахождение персонала не в постоянном, а в импульсном поле излучения (последовательное включение/выключение рентгеновской трубки с целью уменьшения экспозиции излучения): по расчетам экспозиция рентгеновского излучения составляет не менее 45–50 % от времени операции.

Рентгенохирург находится постоянно в зоне повышенных доз, но облучение здесь распределяется равномерно по всем областям организма (на это указывают низкие значения разброса МЭД), и формирования «критических» зон не происходит. Ассистент хирурга и операционная сестра, стоящие на большем расстоянии от излучателя, напротив, подвергаются действию неоднородного поля излучения, причем диапазон МЭД тем шире, чем больше расстояние до из-

лучателя. Вследствие этого облучение отдельных областей организма происходит сильнее остальных («критические» зоны). Для ассистента хирурга на протяжении операции такой зоной риска являются области голени, а для операционной сестры — область головы, что важно учитывать при планировании индивидуальной защиты персонала от воздействия ионизирующего излучения.

Г. Исследование значений мощности экспозиционной дозы в пространственных зонах рентгенооперационной. Оптимизация лучевой нагрузки на персонал во время проведения рентгенохирургических вмешательств

Согласно целям исследования, помещение рентгенооперационной было разделено на 3 пространственные зоны (А, В, С), каждая из которых имела параметры $7,30 \times 3 \times h$ (м). Зона В (центральная) включала в себя ангиокардиографическую рентгеноустановку. Рабочие места членов операционной бригады располагались на границе зон В и С. Теоретически мы должны были наблюдать максимальные значения МЭД в зоне В и ослабление их по закону квадрата расстояния по направлению к периферии (от центра помещения к его стенам), что, в принципе и происходит в первые минуты от момента включения рентгеновской трубки.

Максимальная МЭД фиксируется в зоне В (зоне аппарата) (табл. 1). По закону квадрата расстояния мощность дозы излучения снижается обратно пропорционально квадрату расстояния до источника данного излучения. [1]. В нашем случае при удалении от источника излучения (рентгеновской трубки) на расстояние n (3 м — ширина одной пространственной зоны) мы получаем симметричное снижение мощности дозы по

обеим зонам практически в 2 раза ($1,93 \pm 0,11$ раз), т.е. согласно закону квадрата расстояния. Соотношение МЭД (А:В:С) здесь можно представить как 1 : 2 : 1.

Однако к середине операции (12-я мин) это соотношение кардинально меняется. Несмотря на то что в зоне В интенсивность излучения остается максимальной, отмечается резкий подъем значений МЭД в зоне А и, наоборот, зна-

чительное ослабление их в зоне С. На 12-й мин операции соотношение МЭД в грубом приближении приобретает вид А : В : С = 38 : 44 : 1 (табл. 2).

К 25-й мин операции наблюдается общее снижение значений МЭД в зонах А и В и незначительное повышение их в зоне С. Соотношение МЭД к концу операции составляет А : В : С = 15 : 16 : 1 (табл. 3).

Таблица 1

Средняя мощность экспозиционной дозы в пространственных зонах рентгенооперационной (0-я мин измерений)

Пространственная зона	Экспозиционная доза, мкЗв/ч
А	$4,1 \pm 1,27$
В	$4,51 \pm 2,125$
С	$8,39 \pm 6,65$

Таблица 2

Средняя мощность экспозиционной дозы в пространственных зонах рентгенооперационной (12-я мин измерений)

Пространственная зона	Экспозиционная доза, мкЗв/ч
А	$10,25 \pm 4,38$
В	$11,97 \pm 3,43$
С	$0,27 \pm 0,24$

Таблица 3

Средняя мощность экспозиционной дозы в пространственных зонах рентгенооперационной (25-я мин измерений)

Пространственная зона	Экспозиционная доза, мкЗв/ч
А	$8,79 \pm 3,66$
В	$9,02 \pm 3,79$
С	$0,57 \pm 0,44$

Результаты измерения МЭД на 5 высотных уровнях в указанных зонах следующие. В начальный момент времени (0-я мин операции) максимумы доз в зонах А и С приходятся на уровень голени, в зоне В — на область головы и груди. К 12-й мин операции в зонах А и С критической областью по МЭД является зона груди, в то время как в зоне В это — область головы. Наконец, к 25-й мин операции в зонах А и В максимальные значения МЭД регистрируются на уровне области гонад, в зоне С область риска остается прежней (уровень груди).

Поскольку рабочие места членов операционной бригады расположены на границе пространственных зон В и С, то при планировании индивидуальной защиты персонала необходимо учитывать максимальные дозовые показатели в зоне головы, груди и гонад, обеспечивая должное экранирование перечисленных областей тела. Заметим, что защита головы от рентгеновского излучения носит больше второстепенный характер, так как головной мозг имеет гораздо меньший взвешивающий коэффициент $WT = 0,025$ (показатель радиочувствительности), чем остальные перечисленные области ($WT = 0,05$ для областей груди и щитовидной железы и $WT = 0,2$ для области гонад) [4]. Однако это отнюдь не является обоснованием для отмены радиационной защиты головы. В целях оптимизации лучевой нагрузки на данную область рекомендовано использование средств индивидуальной защиты (например, рентгенозащитных шапочек).

В связи с тем что наибольшая дозовая нагрузка во время операции суммарно приходится на область головы и груди, целесообразно усилить экранирование зоны щитовидной железы и sternum.

Для этого в дополнение к общим защитным средствам (фартукам) рекомендовано использовать защитные экраны на перечисленные области со свинцовым эквивалентом не менее $E_q(Pb) = 0,5$ mm. Как альтернативу можно использовать защитные фартуки, глубина выреза горловины которых не ниже уровня яремной впадины.

Выводы

По результатам проведенного комплексного дозиметрического исследования никаких отклонений от общепринятых нормативов и беспричинных превышений значений мощности дозы не выявлено.

Доказаны безукоризненные условия эксплуатации рентгеновской аппаратуры, о чем свидетельствует практически полное отсутствие фоновой лучевой нагрузки.

В ходе исследования установлены особенности характера воздействия излучения на фактических местах работы персонала рентгенооперационной, выяснены общие закономерности распределения интенсивности излучения относительно пространственно-временной системы.

Установлены группы наиболее облучаемых органов для каждого из членов операционной бригады, даны рекомендации по оптимизации лучевой нагрузки и использованию защитных средств.

Список литературы

1. Вопросы дозиметрии и радиационная безопасность на атомных электрических станциях / Под ред. А. В. Носовского. Славутич: Укротомиздат, 1998. 372 с.
2. Зеликман М. И., Теодорович О. В., Борисенко Г. Г. и др. Анализ профессионального облучения при проведении эндо-

- урологических вмешательств // Вестн. РНЦРР МЗ РФ. 2008. № 8. С. 34.
3. Козушкина О., Позднякова М. А. Интервенционная кардиология — технология XXI в. // Медсестра. 2010. № 11. С. 25–29.
 4. Методические указания МУ 2.6.1.1982-05 «Проведение радиационного контроля в рентгенодиагностических кабинетах». М., ФЦГиЭ Роспотребнадзора, 2005.
 5. Санитарные правила и нормативы (СанПиН 2.6.1.1192-03 «Гигиенические требования к устройству и эксплуатации рентгеновских кабинетов, аппаратов и проведению рентгенологических исследований»). М., Минздрав России, 2003.
 6. Санитарные правила и нормативы (СанПиН 2.6.1758-99 «Ионизирующее излучение, радиационная безопасность. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99)»). М., Минздрав России, 1999.

Сведения об авторах

Баранникова Нина Владимировна, студентка 6-го курса лечебного факультета ГБОУ ВПО «Кубанский государственный медицинский университет» Минздрава России.
Адрес: 350063, г. Краснодар, ул. Красная, д. 18, кв. 15.
Тел. 8 (918) 696-52-07. E-mail: fortunacb1975@mail.ru