

А.Б. Блинов, Н.Н. Блинов, Н.В. Колесникова, И.В. Максимов,
Н.В. Ремизов, М.Н. Филин

К ПРОБЛЕМЕ РАДИАЦИОННОЙ ЗАЩИТЫ ПРИ СПИРАЛЬНОЙ КОМПЬЮТЕРНОЙ ТОМОГРАФИИ

Введение

Благодаря повсеместному внедрению с 1993 года мультиспиральных многодетекторных рентгеновских компьютерных томографов (РКТ), обеспечивающих получение 3D изображения за доли секунды, лучевая нагрузка на пациента в рентгеновской компьютерной томографии часто оказывается определяющей при выборе стратегии обследования и в ряде случаев достигает опасных пределов.

В связи с этим рядом ведущих фирм-разработчиков РКТ принимаются жесткие меры по максимальному снижению лучевой нагрузки (модулирование тока и напряжения на трубке, точная коллимация рабочего пучка, оптимальная фильтрация излучения). Примером такого комплексного решения проблемы минимизации дозы при РКТ является система «Care-Dose» фирмы «Siemens», предусматривающая все перечисленные выше меры. Похожие системы применяются фирмами «G.E.», «Philips».

В докладах на конгрессах ECR 2005-2008 гг. значительное внимание уделялось методам снижения лучевой нагрузки при мультidetекторных РКТ.

Между тем в нормативных документах (международных и национальных стандартах, санитарных правилах и нормах и др.) до настоящего времени не существует ни нормированных ограничений лу-

чевых нагрузок при РКТ, ни перечня обязательных мероприятий по их минимизации, хотя в таких ограничениях назрела необходимость.

Целью настоящей работы является исследование возможностей дальнейшего снижения дозы облучения пациента при спиральной РКТ за счет фильтрации рассеиваемого пациентом в процессе исследования излучения.

Организация фантомных экспериментов

Для экспериментальных исследований был под-

готовлен комбинированный тканезквивалентный дозиметрический фантом («Pelican Products», Torrance, CA, USA, «Victoreen», USA) (рис. 1), макеты средств радиационной защиты с различными формами и эквивалентами поглощения (0,35 и 0,50 мм Pb) (рис. 2), дозиметрическая аппаратура достаточной чувствительности для регистрации рассеиваемого при РКТ излучения («UnForce», «Victoreen 660»).



Рис. 1.
Комбинированный тканезквивалентный фантом пациента спирального томографа «Somatom AR Star» фирмы «Siemens»



а)



б)



в)

Рис. 2. Макеты средств радиационной защиты пациента при РКТ:
а) жабо 0,5 мм Рb, 380° для защиты головы;
б) пелерина 0,5 мм Рb, 380° для защиты грудной клетки;
в) пояс 0,5 мм Рb, 380° для защиты органов средостения

Предстояло экспериментально подтвердить снижение рассеиваемого объектом излучения при РКТ за счет применения специальных индивидуальных средств радиационной защиты. Для этих целей в условиях, максимально приближенных к реальным, на спиральном томографе «Somatom AR Star» фирмы «Siemens» проводилось многослойное сканирование грудной клетки фантома без радиационной защиты и регистрировалось рассеянное излучение черепа $D_{рч}$ и средостения $D_{рс}$ в точках 1 и 2 (рис. 3). Затем эксперимент повторялся в тех же условиях при установке макетов индивидуальных средств защиты (рис. 3б).

Производилось также многослойное сканирование черепа с регистрацией рассеиваемого в грудной клетке излучения $D_{ргк}$. В этом случае делалась также попытка регистрировать дозу в средостении $D_{рс}$, однако это не удалось из-за малости величины. Опыт проводился при отсутствии и при наличии средств индивидуальной защиты (рис. 4).

Степень воздействия радиационной защиты оценивалась коэффициентами ослабления рассеянного излучения в выбранных точках фантома:

$$K_{11} = D_{рч} / D'_{рч}; \quad (1)$$

$$K_{12} = D_{рс} / D'_{рс}; \quad (2)$$

где K_{11} и K_{12} – коэффициенты ослабления рассеянного излучения при сканировании грудной клетки соответственно в точках 1 и 2 (рис. 2); $D_{рч}$, $D_{рс}$ и $D'_{рч}$, $D'_{рс}$ – соответственно дозы, зарегистрированные в точках 1 и 2, при отсутствии и при наличии средств защиты ($D_{рч}$ – в черепа, $D_{рс}$ – в средостении).

Для многослойного сканирования черепа приняты следующие обозначения:

$$K_{21} = D_{ргк} / D'_{ргк}; \quad (3)$$

где $D_{ргк}$ и $D'_{ргк}$ – соответственно дозы рассеяния, попадающего в грудную клетку без рентгенодиагностической пелерины и при ее наличии (рис. 4б).

Оценка результатов исследований

Значение рассеиваемой дозы зависит от условий эксперимента и исследуемого органа и определяется функционалом:

$$D_p = f(U_a, I_a, t_2, x, y, z, f_p), \quad (4)$$

где U_a , I_a – напряжение и ток рентгеновской трубки; t_2 – время экспозиции; f_p – фокусное расстояние; x , y , z – координаты точки рассеивания.

Рассеивание тем больше, чем больше облучаемый объем. В диапазоне энергий рентгенодиагностического излучения (20...100 кэВ) рассеяние распространяется практически в телесном угле 4π .

При неравномерном облучении пациента, как это имеет место в рентгенодиагностике, вводится эмпирическая величина эффективной дозы, учитывающая различную радиационную чувствительность органов:

$$E = \sum (D_{oi} \cdot W_i); \quad (5)$$

$$\sum W_i = 1, \quad (6)$$

где E – эффективная доза (Зв); D_{oi} – доза облучения i -го органа (Зв); W – коэффициент весомости i -го органа.

Весовые коэффициенты W_i составляют (данные МКРЗ 1999 г.):

- 0,2 для гонад;
- 0,12 для активного костного мозга, легких и желудка;
- 0,01 для кости и кожи;
- 0,05 для остальных органов.

Всего МКРЗ выделено 13 критических органов.

Точное определение эффективной дозы невозможно. Фантомные измерения и расчеты с помощью метода Монте-Карло всегда несут погрешность, связанную с особенностями моделирования человеческого тела. В связи с описанными трудностями оценки эффективной дозы при исследовании ограничимся оценкой коэффициентов K_{11} (1), K_{12} (2), K_{21} (3) при установке средств радиационной защиты.

При сканировании грудной клетки с радиационной защитой головы (рис. 2) коэффициент снижения дозы рассеивания в точке 1 зависит от геометрии сканирования и выбранного режима (U_a , I_a , S , h), где S – ширина среза; h – шаг сканирования.

Эксперименты показали также, что при значениях $U_a = 120...140$ кВ эквивалент ослабления защитного средства должен быть не менее 0,50 мм Рb.

Значения K_{11} , полученные в экспериментах, устойчиво укладывались в диапазоне 2...4. Отклонение значения K_{12} от единицы в зоне средостения не было зарегистрировано, что означало отсутствие воздействия на рассеивание вторичного излучения из окружающего воздуха.

Таким образом, подтвердилась неэффективность применения при РКТ радиационного защитного пояса.

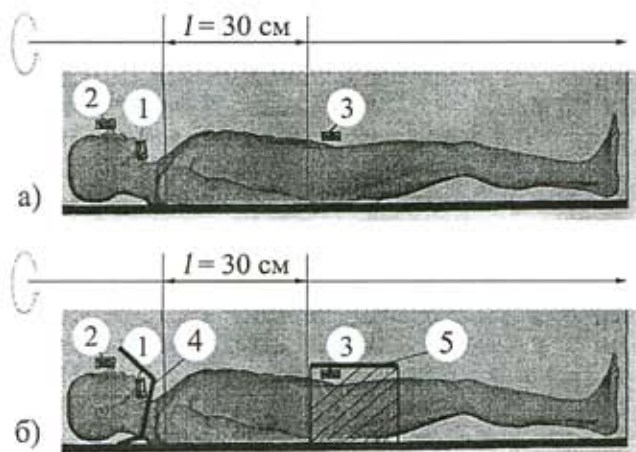


Рис. 3. Геометрия проведения эксперимента при сканировании грудной клетки:

- а) без радиационной защиты;
 б) с жабо для защиты головы и поясом для защиты средостения: 1 – зона сканирования; 1, 2, 3 – чувствительные элементы дозиметров; 4, 5 – средства радиационной защиты

Сканирование головы при наличии радиозащитной пелерины, закрывающей плечи и грудь, приводит к экранированию рассеянного излучения с коэффициентом в диапазоне $K_{21} = 3...7$.

Абсолютные значения $D_{эi}$ в широком диапазоне величин зависят от исследуемого органа, условий сканирования и метода измерения дозы.

В наших экспериментах максимальные зарегистрированные на поверхности фантома значения дозы при отсутствии радиационной защиты составили:

- для $D_{рзк} = 1,0$ мГр при $h = 10$ см, $S = 10$ см, $U_a = 130$ кВ, $I_a = 165$ мА;
- для $D_{рч} = 0,7$ мГр при $h = 10$ см, $S = 10$ см, $U_a = 130$ кВ, $I_a = 83$ мА.

Если учесть, что в грудной клетке располагаются органы, имеющие коэффициенты веса W_i (5) на уровне 0,12 и 0,2, то можно сделать заключение, что в этом случае общее ослабление эффективной дозы окажется более значительным, чем в случае сканирования грудной клетки, где рассеянное излучение главным образом ослабляется костями черепа ($W_i = 0,01$).

Полученные экспериментальные результаты хорошо согласуются с многолетним опытом применения средств индивидуальной радиационной защиты пациента при традиционной рентгенографии, в частности в дентальной рентгенографии (воротник или пелерина для радиационной защиты грудной клетки). Уместно отметить, что и воротник, и пелерина входят в обязательный перечень средств индивидуальной защиты пациента, рекомендуемый для оснащения рентгенографических кабинетов общего и специального назначения.

Выводы

1. Возможная экранировка головы и шеи пациента при проведении многослойной РК-томогра-

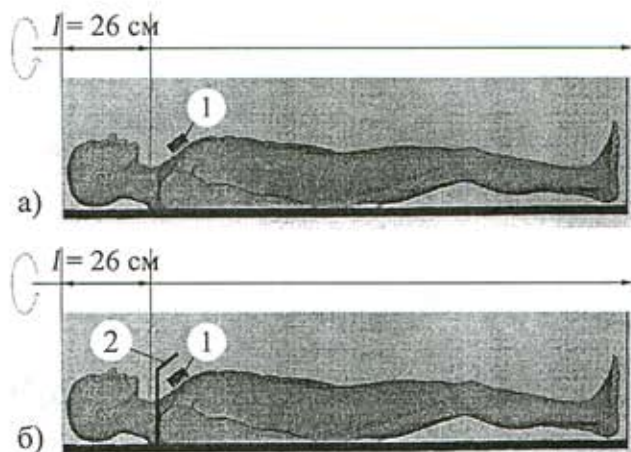


Рис. 4. Геометрия проведения эксперимента при сканировании головы:

- а) без радиационной защиты;
 б) с пелериной для защиты грудной клетки: 1 – зона сканирования; 1 – чувствительный элемент дозиметра; 2 – средства радиационной защиты

фии грудной клетки, а также грудной клетки при многослойной РК-томографии головы приводит к существенному уменьшению рассеиваемого объектом излучения ($K_{рч} = 2...4$, $K_{рзк} = 3...7$), что позволяет говорить о возможности существенного снижения эффективной дозы облучения пациента при многослойной РКТ головы и грудной клетки (1,0...10) % в зависимости от геометрии исследования и возрастной группы пациента).

2. Необходима обязательная комплектация РКТ-кабинетов средствами индивидуальной радиационной защиты пациента: жабо при исследовании грудной клетки 380° ($Pb_{экв} = 0,5$ мм), пелерина при сканировании головы 380° ($Pb_{экв} = 0,5$ мм). Эти средства защиты должны быть внесены в номенклатуру оснащения РКТ кабинетов при очередном пересмотре СанПиН.

Андрей Борисович Блинов,

канд. техн. наук, директор,

ООО «Рентген-комплект»,

Николай Николаевич Блинов,

д-р техн. наук, профессор, зав. лабораторией,

Наталья Всеволодовна Колесникова,

канд. техн. наук, ст. научн. сотрудник,

ФГУ «ВНИИИМТ»,

Игорь Викторович Максимов,

сотрудник,

ЗАО «Амико»,

Николай Васильевич Ремизов,

канд. мед. наук, зам. гл. врача,

Михаил Николаевич Филин,

зав. рентгеноотделением,

ЦКБ РАН,

г. Москва