

УДК 616-006.6-02-053.2:616-073.756.8

ОГРАНИЧЕНИЕ МЕДИЦИНСКОГО ОБЛУЧЕНИЯ ПРИ РЕНТГЕНОВСКОЙ КОМПЬЮТЕРНОЙ ТОМОГРАФИИ

Е.А. Пряхин

МРНЦ им. А.Ф. Цыба - филиал ФГБУ «НМИЦ радиологии» Минздрава России
Россия, 249036, Обнинск, Королева ул., 4
E-mail: pryakhin@nrer.ru

Ключевые слова: радиационные риски, компьютерная томография, органические и эффективная дозы, пожизненный атрибутивный риск.

Аннотация: В работе даются оценки радиационных рисков возможных онкологических заболеваний при проведении диагностических рентгенорадиологических процедур на основе органических и эффективной доз. С использованием современных моделей радиационных рисков Международной комиссии по радиологической защите и национальных данных медицинской статистики на примере компьютерной томографии приведены оценки пожизненного атрибутивного (радиационного) риска. Показано, что корректные оценки пожизненного радиационного риска, полученные на основе органических доз, могут в три раза превышать оценки риска, полученные на основе эффективных доз. Предложена новая редакция российских норм радиационной безопасности в части ограничения медицинского облучения.

1. Введение

В Международных основных нормах безопасности, выпущенных МАГАТЭ в 2011 г. [1], отмечается (п. 3.150), что «ни один пациент ... не подвергается медицинскому облучению, если ... он не информирован ... о рисках, связанных с воздействием излучения». Это требование также отражено в принятых в России Нормах радиационной безопасности (НРБ-99/2009) [2] и в «Основных санитарных правилах обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ-99/2010)» [3]. Таким образом, впервые на международном и национальном уровнях чётко обозначено требование оценки риска возможных стохастических эффектов при планировании медицинского рентгенорадиологического облучения. Понятно, что это требование в настоящее время имеет повышенную актуальность в связи с широким внедрением, в частности, современных технологий компьютерной томографии, особенно в педиатрии [4]. В вышедших недавно международных и национальных стандартах и рекомендациях указывается на необходимость оценки радиационных рисков при медицинском облучении и ограничении использования для этих целей величины эффективной дозы. Вместе с тем, оценка радиационных рисков по эффективной дозе продолжает использоваться на практике, что делает необходимым определение на численном уровне отличий в пожизненном радиационном риске, полученном на основе эффективной и органических доз. Эта необходимость вызвана также тем, что в сети Интернета уже рекламируются ориентированные на врачей-радиологов компьютерные коды, использующие эффективную дозу для прогноза возможных стохастических эффектов медицинского облучения.

Представленная работа посвящена определению отличий в оценке радиационного риска на основе органных и эффективной доз облучения на примере планирования диагностической процедуры с использованием компьютерной томографии.

2. Материалы и методы

В отсутствие облучения частота развития онкологического заболевания характеризуется показателем фоновой (или спонтанной) заболеваемости λ_0 . Эта величина, зависящая от экологических, демографических и социальных факторов, как правило, является функцией достигнутого возраста a , пола s , локализации опухоли T и календарного года. Воздействие радиации приводит к увеличению λ_0 на дополнительную величину, называемую избыточным абсолютным показателем риска EAR (от англ. Excess Absolute Rate), и зависящую, прежде всего, от дозы облучения. Величина EAR также может зависеть от возраста при облучении g , достигнутого возраста a , пола s , локализации опухоли T и от других факторов.

В данной работе показатели онкологической заболеваемости, связанные с облучением, которому подвергаются пациенты в результате обследования, например, на компьютерном томографе, оцениваются на основе современных моделей риска Публикации 103 Международной комиссии по радиологической защите (МКРЗ) [5]. Зная избыточный абсолютный показатель риска, можно оценить пожизненный риск возникновения онкологии исследуемой локализации после однократного облучения заданной дозой. Он рассчитывается суммированием значений избыточного абсолютного показателя риска по достигнутым возрастам:

$$(1) \quad LAR(g, T, s, D) = \frac{1}{DDREF} \cdot \sum_{a=g}^{a_{\max}} S(g, a, T, s) \cdot EAR(g, a, T, s, D),$$

где g – возраст при облучении, a – достигнутый возраст, T – орган или ткань, в которой локализована опухоль, s – пол, $S(g, a, T, s)$ – функция здорового дожития, $DDREF$ – коэффициент эффективности дозы и мощности дозы, учитывающий уменьшение риска в случае хронического облучения или облучения в малой дозе.

Величина пожизненного атрибутивного риска (LAR) на основе эффективной дозы E оценивается по формуле:

$$(2) \quad LAR_{eff}(g, s, E) = LAR(g, T = \text{все солидные раки}, s, E)$$

При наличии конкретных численных значений органных доз (например, при проведении диагностических рентгенорадиологических процедур) величина LAR определяется следующим образом:

$$(3) \quad LAR_{org}(g, s, \{H_T\}) = \sum_T LAR(g, T, s, H_T),$$

где H_T – эквивалентная доза в органе T (органный доза).

Для сравнения LAR_{org} и LAR_{eff} использовалось их отношение:

$$(4) \quad R(g, s, E, \{H_T\}) = \frac{LAR_{org}(g, s, \{H_T\})}{LAR_{eff}(g, s, E)}$$

В работе [6] приведены технические параметры, а также значения органных доз, при компьютерной томографии грудного и абдоминального отделов для детей и взрослых для 7 различных компьютерных томографов (КТ-сканеров).

3. Результаты

В ходе работы были рассчитаны величины пожизненного атрибутивного риска (LAR) от возраста при компьютерной томографии грудного и абдоминального отделов у мальчиков и девочек, а также мужчин и женщин из популяций RF и ЕАА. На основе

данных для мужчин и женщин было рассчитано отношение LAR_{org} к LAR_{eff} , формулы (2)-(3), для всех типов КТ-сканеров (А-Г), для которых органные дозы были получены.

Расчёты были проведены для нескольких типов КТ-сканеров, для которых имелись оценки органных и эффективных доз. Как видно из таблицы 1 при использовании сканера А (популяция ЕАА, грудной отдел, возрастная группа 80-85 лет, женщины), величина R может достигать значения 3. С другой стороны, в таблице 2 видно, что при использовании того же сканера А (популяция ЕАА, абдоминальный отдел, возрастная группа 20-24 года, женщины), величина $R=0,72$, т.е. меньше единицы. В первом случае использование эффективной дозы занижает пожизненный атрибутивный риск почти в 200% процентов, во втором – завышает примерно на 30%. Понятно, что полученные оценки говорят о серьёзном искажении в определении LAR , когда используется эффективная, а не органная доза.

Таблица 1. Значение коэффициента $R=LAR_{org}/LAR_{eff}$ для различных возрастных групп из популяций RF и ЕАА при компьютерной томографии грудного отдела у женщин.

Сканеры														
	А		В		С		D		Е		F		G	
Популяция														
	RF	ЕАА												
Дети и подростки, лет														
0-4	1,47	1,39	1,54	1,40	1,48	1,40	1,57	1,45	1,44	1,35	1,48	1,39	1,66	1,52
5-9	1,30	1,27	1,34	1,27	1,31	1,28	1,37	1,31	1,28	1,23	1,31	1,27	1,45	1,37
10-14	1,17	1,19	1,19	1,17	1,19	1,19	1,22	1,20	1,15	1,15	1,18	1,18	1,28	1,25
Взрослые, лет														
15-19	0,94	1,01	0,99	1,06	1,00	1,04	0,95	1,02	1,13	1,15	1,00	1,05	0,97	1,03
20-24	0,91	1,01	0,95	1,05	0,95	1,02	0,92	1,01	1,05	1,10	0,95	1,03	0,93	1,02
25-29	0,91	1,04	0,94	1,06	0,93	1,03	0,91	1,03	1,00	1,09	0,93	1,04	0,92	1,04
30-34	0,93	1,09	0,94	1,10	0,93	1,06	0,92	1,07	0,98	1,11	0,93	1,07	0,93	1,08
35-39	0,97	1,18	0,97	1,17	0,95	1,13	0,95	1,14	0,99	1,16	0,96	1,13	0,96	1,15
40-44	1,03	1,26	1,01	1,25	0,99	1,18	0,99	1,20	0,99	1,19	0,98	1,17	1,01	1,22
45-49	1,12	1,39	1,08	1,36	1,05	1,29	1,07	1,31	1,04	1,29	1,04	1,27	1,08	1,33
50-54	1,24	1,55	1,19	1,51	1,16	1,44	1,17	1,45	1,13	1,42	1,14	1,40	1,19	1,48
55-59	1,41	1,76	1,33	1,69	1,30	1,61	1,32	1,62	1,27	1,58	1,27	1,56	1,34	1,66
60-64	1,62	1,99	1,52	1,90	1,49	1,81	1,50	1,82	1,44	1,77	1,44	1,75	1,54	1,87
65-69	1,90	2,24	1,77	2,14	1,73	2,03	1,74	2,03	1,67	1,99	1,66	1,95	1,79	2,10
70-74	2,22	2,52	2,06	2,41	2,01	2,28	2,01	2,27	1,94	2,22	1,92	2,18	2,08	2,35
75-79	2,55	2,83	2,35	2,71	2,29	2,55	2,28	2,53	2,21	2,47	2,18	2,42	2,38	2,63
80-85	2,85	3,11	2,61	3,01	2,55	2,79	2,53	2,77	2,45	2,70	2,41	2,64	2,66	2,89

Таблица 2. Значение коэффициента $R=LAR_{org}/LAR_{eff}$ для различных возрастных групп из популяций RF и ЕАА при компьютерной томографии абдоминального отдела у женщин.

Сканеры														
	А		В		С		D		Е		F		G	
Популяция														
	RF	ЕАА	RF	ЕАА	RF	ЕАА	RF	ЕАА	RF	ЕАА	RF	ЕАА	RF	ЕАА
Дети и подростки, лет														
0-4	0,72	0,76	0,71	0,76	0,76	0,81	0,81	0,86	0,76	0,80	0,81	0,85	0,87	0,92
5-9	0,70	0,76	0,70	0,75	0,73	0,79	0,78	0,83	0,73	0,79	0,78	0,83	0,83	0,89
10-14	0,68	0,75	0,68	0,74	0,72	0,79	0,75	0,82	0,72	0,78	0,75	0,82	0,80	0,86
Взрослые, лет														
15-19	0,67	0,73	0,75	0,81	0,77	0,84	0,75	0,81	0,80	0,86	0,81	0,88	0,74	0,80
20-24	0,66	0,72	0,73	0,80	0,75	0,83	0,73	0,80	0,77	0,85	0,79	0,86	0,72	0,79
25-29	0,66	0,73	0,72	0,80	0,74	0,83	0,72	0,80	0,76	0,84	0,77	0,86	0,71	0,79
30-34	0,66	0,74	0,72	0,81	0,74	0,84	0,72	0,81	0,76	0,85	0,77	0,86	0,71	0,79

35-39	0,67	0,76	0,73	0,83	0,75	0,86	0,73	0,83	0,76	0,87	0,77	0,88	0,71	0,81
40-44	0,69	0,79	0,74	0,84	0,76	0,87	0,74	0,85	0,77	0,88	0,78	0,89	0,73	0,83
45-49	0,72	0,82	0,76	0,87	0,78	0,90	0,76	0,89	0,79	0,92	0,80	0,93	0,75	0,86
50-54	0,75	0,86	0,79	0,91	0,82	0,95	0,80	0,93	0,83	0,97	0,84	0,98	0,79	0,90
55-59	0,80	0,91	0,84	0,97	0,87	1,01	0,85	0,99	0,88	1,03	0,89	1,04	0,84	0,96
60-64	0,86	0,97	0,90	1,04	0,94	1,09	0,92	1,06	0,95	1,11	0,96	1,12	0,90	1,02
65-69	0,94	1,05	0,99	1,11	1,03	1,17	1,02	1,15	1,05	1,19	1,06	1,21	0,99	1,10
70-74	1,04	1,13	1,09	1,20	1,15	1,27	1,13	1,25	1,17	1,30	1,18	1,31	1,09	1,19
75-79	1,15	1,22	1,21	1,30	1,27	1,38	1,25	1,35	1,29	1,40	1,30	1,41	1,21	1,29
80-85	1,25	1,31	1,31	1,39	1,37	1,47	1,36	1,45	1,40	1,50	1,41	1,51	1,32	1,39

Сравнение величины R для когорт RF и ЕАА показывает, что искажение в оценке пожизненного риска на основе эффективных доз более выражено для популяции ЕАА – усреднённой европейско-американской и азиатской популяции. Это определяется тем, что вероятность здорового дожития в популяции ЕАА выше, чем в популяции RF.

4. Заключение

Пункт 5.4.2. НРБ-99/2009 устанавливает, что «Проведение медицинских процедур, связанных с облучением пациентов, должно быть обосновано путем сопоставления диагностических или терапевтических выгод, которые они приносят, с радиационным ущербом для здоровья, который может причинить облучение...».

Диагностическое облучение как правило неравномерно и воздействию могут быть подвержены отдельные органы и ткани, а не организм в целом. Поэтому использование эффективной дозы для оценки радиационного ущерба от медицинского облучения некорректно.

Пункт 5.4.1 действующих НРБ-99/2009 должен быть дополнен в новой редакции НРБ следующим требованием: «При обосновании назначения медицинских процедур и оптимизации защиты пациентов должны применяться оценки радиационного ущерба для здоровья пациента, использующие эквивалентные или поглощенные дозы в органах и тканях, подверженных радиационному воздействию».

Список литературы

1. IAEA Safety Standards. Radiation protection and safety of radiation sources: International Basic Safety Standards, General Safety Requirements, No. GSR, Part 3 (Interim). Vienna: IAEA, 2011
2. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009). Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. М: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2009. 100 с.
3. СП 2.6.1.2612-10. Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ-99/2010). Санитарные правила. М.: Центр санитарно-эпидемиологического нормирования, гигиенической сертификации Минздрава России, 2010.
4. Иванов В.К., Цыб А.Ф., Метлер Ф.А., Меняйло А.Н., Кашеев В.В. Радиационные риски медицинского облучения // Радиация и риск. 2011. Т. 20, № 2. С. 17-28.
5. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 103. Annals of the ICRP. 2007. Vol. 37, No. 2-4. Elsevier, 2007. 332 p.
6. Fujii K., Aoyama T., Koyama S., Kawaura C. Comparative evaluation of organ and effective doses for paediatric patients with those for adults in chest and abdominal CT examinations // The British Journal of Radiology. 2007. Vol. 80. P. 657-667.