**Радиационная безопасность персонала в отделении ядерной медицины**

С.А. Рыжов 1,2, А.В. Водватов3, Ю.В.Дружинина1

*1 НПКЦ ДиТ ДЗМ, г.Москва*

*2 НМИЦ ДГОИ им. Дмитрия Рогачева*

*3 ФБУН НИИРГ им. П.В. Рамзаева*

*эл. почта: mosrg@mail.ru*

По данным ВОЗ ежегодно в мире выполняется более 37 миллионов процедур ядерной медицины и 7,5 миллиона радиотерапевтических процедур, из них в США ежегодно выполняется около 13,2 млн исследований в ядерной медицине [1]. Общий прирост оборудования составляет около 5% в год. Однако указанное значение существенно зависит от страны и в ряде случаев может доходить до 15-20% прироста в год. По оценке МАГАТЭ в данном процессе лучевой диагностики и терапии участвует около 7,4 млн. работников из них в отделениях ядерной медицины занято около 100 тыс человек.

В последние десятилетия наблюдается значительный рост количества исследований и коллективных доз облучения пациентов при относительно стабильном количестве персонала, данная ситуация приводит к увеличению интенсивности труда медицинских работников и, как следствие, может приводить к увеличению лучевой нагрузки, приводящие к риску возникновения детерминированных и стохастических эффектов [2].

Наши представления об опасности воздействия ионизирующего излучения, а, следовательно, и основные пределы доз неоднократно менялись по мере получения новых эпидемиологических данных, причем основные изменения были связаны с ужесточением предъявляемых требований. Начиная с 1997 года основные пределы доз не пересматривались, однако еще в 2011 году Международной комиссией по радиационной защите (МКРЗ) был пересмотрен и снижен в 10 раз порог поглощенной дозы для образования катаракты хрусталика глаза, в настоящее время равный 0,5 Гр. Это потребовало снижение годового дозового предела для эквивалентной дозы в хрусталиках глаз со 150 мЗв до 20 мЗв за год. Новый дозовый предел уже введён в ряде зарубежных стран. В Российской Федерации предполагается введение данного дозового предела с 2026 г. Однако во многих отечественных и зарубежных литературных источниках отмечается, что новый дозовый предел может быть превышен при использовании источников ионизирующего излучения в ядерной медицине, а в ряде работ отмечается возможность превышения установленного дозового предела эквивалентной дозы для кожи рук [3, 4, 5]. Целью данной работы являлось проведение анализа вероятности превышения дозовых пределов в отделениях ядерной медицины (ОЯМ) и оценка уровня радиационных рисков для персонала по данным обзора литературы и результатам собственных наблюдений.

По результатам радиационного контроля при условиях правильного проектирования отделения и отсутствии нарушений в работе было установлено, что максимальные дозы облучения персонал получает при проведении 4 операций: а) фасовка радиофармацевтического лекарственного препарата (10%), б) введение (20%), в) укладка пациента и проведение исследования (10%), а также г) общение с пациентом (сопровождение в туалет или на исследование или обсуждение результатов исследования (50%), на долю остальных манипуляций приходится менее 10%. При выполнении исследований вне стационарного объекта дозы на все тело в среднем могут увеличиваться на 10-30%, что связано с особенностями организации процесса и используемыми средствами защиты.

Большинство исследователей для оценки лучевой нагрузки персонала используют приведенное значение индивидуального эквивалента дозы за одну манипуляцию/исследование, или дозу, полученную от одного пациента. Вместе с тем в повседневной практике большее распространение получило измерение накопленной дозы за определенный период времени, как интегральное значение индивидуального эквивалента дозы от всех манипуляций.

Тем не менее было установлено, что наибольшие дозы получает средний персонал в отделениях позитронно-эмиссионной томографии (рентгенолаборанты и процедурные медицинские сестры), при работе с фтордезоксигюкозой в пересчете на одного принятого пациента доза составляет: фасовка РФЛП 1-2 мкЗв/пациент, введение 2-4 мкЗв/пациент, укладка и сканирование 1-2 мкЗв/пациент, общение с пациентом после введения РФЛП 5-10 мкЗв/пациент. Усредненная эффективная доза в пересчете на одного пациента приведены в таблице 2, так при использовании 18F-ФДГ доза за процедуру Hp (10) составляет от 4 до 7 мкЗв/пациент, а в ряде случаев может доходить до 20 мкЗв/пациент (среднее значение 5,9±1,2 мкЗв/пациент). В пересчете на значение дозы для всего тела на единицу активности, которое для среднего медицинского персонала находится в диапазоне 17-26 мкЗв/ГБк [6, 7, 8].

Однако более точной характеристикой радиационной опасности для персонала является использование приведенного значения дозы за исследование с учетом используемой активности, которое для 18F-ФДГ в зависимости от вводимой активности может составить от 10 до 35 нЗв/МБк за одно исследование, а в крайних значениях до 90 нЗв/МБк за исследование, со средним значением 20 нЗв/МБк. В работе [8] показано, что при хорошей оптимизации внутренних процессов приведенное значение дозы может составить 11 нЗв/МБк за исследование.

Усреднённые значения ежеквартальных доз для медицинских сестер составляет 0,8 ± 0,15 мЗв. В пересчете на годовую эффективную дозу, с учетом различий в рабочей нагрузке в конкретном отделении, дозы облучения находятся в диапазоне 2 - 6 мЗв в год.

Следует учитывать, что фактические значения доз, получаемых персоналом, существенно зависят от используемого оборудования (параметров и настройки сканеров, дозкалибраторов, наличие средств коллективной и индивидуальной радиационной защиты) и применяемых технологии проведения работ (интенсивности и сменности работы, используемых изотопов и РФЛП, соблюдение нормативных требований и регламентов работы).

Исходя из вышеизложенного следует предположить отсутствие необходимости дополнительной защиты персонала в настоящее время, однако, предложенное МКРЗ и МАГАТЭ снижение предела эквивалентной дозы на хрусталик глаза с 150 мЗв до 20 мЗв, вызывает необходимость дополнительной оценки эквивалентных доз в последующих работах.

**ЛИТЕРАТУРА:**

1. Mettler, F.A., Mahesh, M., Bhargavan-Chatfield, M., Chambers, C.E., Elee, J.G., Frush, D.P., Miller, D.L., Royal, H.D., Milano, M.T., Spelic, D.C., Ansari, A.J., Bolch, W.E., Guebert, G.M., Sherrier, R.H., Smith, J.M., Vetter, R.J., 2020. Patient Exposure from Radiologic and Nuclear Medicine Procedures in the United States: Procedure Volume and Effective Dose for the Period 2006–2016. Radiology 295, 418–427.. doi:10.1148/radiol.2020192256

2. С.А. Рыжов. Радиационные аварии и ошибки в медицине. Термины и определения, Медицинская физика 2019, № 1, с.73-90

3. Boice, J., Dauer, L. T., Kase, K. R., Mettler, F. A., & Vetter, R. J. (2020). Evolution of radiation protection for medical workers. The British Journal of Radiology, 20200282. doi:10.1259/bjr.20200282

4. Ермолина Е.П. Нормирование в радиационной гигиене: конспект лекций - М.: ГБОУ ДПО РМАПО, 2013. – 20 с.

5. Эволюция системы обеспечения радиационной безопасности атомной отрасли страны и её современное состояние // Панфилов А.П. Радиация и риск. 2016. Том 25. № 1, с. 47-64

6. Chiesa et al, Eur J Nucl Med 1997: 24: 1380 – 1389,

7. Antic V, Ciraj-Bjelac O, Stankovic J, Arandjic D, Todorovic N, Lucic S. Radiation exposure to nuclear medicine staff involved in PET/CT practice in Serbia. Radiat Prot Dosimetry. 2014 Dec;162(4):577-85. doi: 10.1093/rpd/ncu001. Epub 2014 Jan 23. PMID: 24464817.

8. Radiation Dose to PET Technologists and Strategies to Lower Occupational Exposure Fiona O. Roberts, Dishan H. Gunawardana, Kunthi Pathmaraj, Anthony Wallace, Paul L. U, Tian Mi, Sam U. Berlangieri, Graeme J. O’Keefe, Chris C. Rowe, Andrew M. Scott Journal of Nuclear Medicine Technology Mar 2005, 33 (1) 44-47;