

визначення субклінічних ознак хронізації та прогресування патологічного процесу в нирках, прогнозу подальшого перебігу хвороби у дітей з різноманітними захворюваннями нирок, які супроводжуються МСР.

Методику НРАГ доцільно більш широко застосовувати у практиці радіологічних відділень, особливо в дитячій нефроурології.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Зоркин С. Н. Факторы риска развития поврежденных почек при пузырно-мочеточниковом рефлюксе у детей / С. Н. Зоркин // *Вопр. соврем. педиатрии*. — 2003. — Т. 2, № 1. — С. 71–73.
2. Лопаткин Н. А. Урология : нац. рук. / Н. А. Лопаткин. — М., 2009. — С. 261–271.
3. Кундін В. Ю. Характеристика основних радіофармпрепаратів для дослідження нирок : сучасний стан та подальші перспективи / В. Ю. Кундін // *Укр. радіол. журн.* — 2004. — Т. XII, вип. 1. — С. 79–87.
4. Кундін В. Ю. Сцинтиграфічні дослідження в оцінці ступеня ураження нирок у хворих на інфекцію сечової системи : метод. рек. / В. Ю. Кундін, Н. М. Степанова. — Київ, 2006. — 21 с.
5. *Imaging studies after a first febrile urinary tract infection in young children* / A. Hoberman, M. Charron, R.W. Hickey [et al.] // *N. Engl. J. Med.* — 2003. — Vol. 348. — P. 195–212.

Резюме. Показаны возможности непрямої радионуклідної ренангіографії для виявлення і динамічного спостереження за змінами кровоснабження почек у дітей при пузырно-мочеточниковому рефлюксі (ПМР) різної ступеня тяжкості. По даним наших спостережень було виявлено, що ступінь ураження почечної гемодинаміки знаходиться в прямій залежності від тяжкості рефлюкса, тривалості його впливу на нирку і активності основного процесу. Оцінку почечної гемодинаміки необхідно застосовувати для уточнення активності процесу, ефективності лікування, визначення субклінічних ознак хронізації, прогнозу наступного перебігу хвороби у дітей з різними захворюваннями почек, які супроводжуються ПМР.

Ключевые слова: дети, пузырно-мочеточниковый рефлюкс, гемодинамика.

Summary. In the article the possibilities of the notdirectl radionuclide renal angiography are shown — for the detection and dynamic observation of changes in the kidneys blood supply of children that have VUR with graded severity. According to the data of our observations it was discovered that the lesion degree of renal hemodynamics is in direct dependence on the reflux severity, the duration of its influence on the kidney and the activity of VUR process. The objective evaluation of the renal hemodynamic should be applied for updating of disease activity, efficiency of the treatment, determination of subclinical signs of pathological process chroniation, prognosis for a further disease clinical course of children with various kidneys diseases that are accompanied by VUR.

Keywords: children, vesico urethral reflux, hemodynamics.

И. Ю. ЧЕРНЯВСКИЙ

Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт»

ОСОБЕННОСТИ УЧЕТА ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПОГЛОЩЕННОЙ ДОЗЫ ПРИ ОЦЕНКЕ РАДИАЦИОННЫХ ПОТЕРЬ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

SPECIFIC FEATURES OF ACCOUNTING THE TIME AND SPATIAL DISTRIBUTION OF ABSORBED DOSE DURING THE ASSESSMENT OF RADIATION CASUALTIES IN CURRENT CIRCUMSTANCES

Как показывает опыт ликвидации последствий ЧАЭС, в критических ситуациях возникает острая необходимость достоверно и точно оценивать радиационную опасность по тем измеряемым физическим величинам, которые характеризуют биологический эффект воздействия радиационного фактора.

В условиях применения противником как традиционного ядерного оружия, так и нестандартных

боеприпасов, основанных на новых физических принципах эта проблема приобретает особую остроту. При использовании тактических ядерных боеприпасов (нейтронное оружие) импульсное гамма-нейтронное воздействие может мгновенно привести к потере дееспособности, развитию крайне тяжелой формы острой лучевой болезни (кишечно-церебральная и церебральная) и гибели пораженных в течение нескольких суток. В этих условиях достоверность

© И. Ю. Чернявский, 2015

ожидаемых последствий, на наш взгляд, должна зависеть не только от величины поглощенной дозы, но и от ее пространственно-временного распределения. Учет данного фактора особенно важен для расчета дозового резерва отдельных военнослужащих, подразделений и частей с целью исключения переобучения личного состава.

В военной радиологии и радиационной защите тяжесть радиационного поражения обычно принято выражать в степени дееспособности, которая определяет физическое, то есть функциональное состояние организма, позволяющее человеку выполнять боевую или трудовую задачу, в том числе с предельным напряжением сил. Вероятность утраты дееспособности в зависимости от степени острой лучевой болезни (ОЛБ) и времени с момента облучения зависит от условия размещения личного состава и типа ядерного боеприпаса [1]. Анализ открытых источников показывает, что при взрыве нейтронного боеприпаса проявления заболевания выражены более резко, чем при гамма-облучении, характерны более ранние сроки выхода людей из строя. По другим источникам, при нейтронном облучении степень лучевого поражения увеличивается при той же поглощенной дозе.

Известно, что поглощенная доза от 1–10 Гр вызывает различный биологический эффект для гамма- и нейтронного облучения. Основную энергию нейтроны отдают возбуждению протонов в мышцах, кишечнике, на поражение же костного мозга приходится всего лишь около 20 % от дозы на поверхности тела, здесь основным фактором радиационного поражения организма становится уже вторичное гамма-излучение, приводящее к его неравномерному поражению. Эта особенность биологического действия нейтронов проявляется, когда вклад нейтронов в дозу достигает 30 % и более по среднетканевой дозе. При этом развивается ОЛБ только частично напоминающая таковую при неравномерном гамма-облучении. Оценка степени дееспособности лиц, подвергшихся воздействию гамма-нейтронного излучения ядерного взрыва (ЯВ) на определенное время после облучения (рис. 1), производится путем учета общей поглощенной дозы смешанного излучения, без учета спектральных характеристик излучений. А это означает, что пользуются одними и теми же критериями оценки дееспособности, что при облучении при ЯВ, что при облучении при аварии на АЭС.

Кроме того, при оценке радиационной опасности в войсках по-прежнему не учитывается пространственное распределение поглощенной дозы в организме, которое во многом зависит от качества излучения (линейной передачи энергии — ЛПЭ), а градуировка приборов в единицах эквивалентной (биологической) дозы производится разработчиками формально.

На наш взгляд, для достоверности оценки дозовых нагрузок военнослужащих (детерминированных эффектов в организме) существуют как минимум две ошибочные концептуальные позиции в так называемой войсковой (аварийной) дозиметрии:

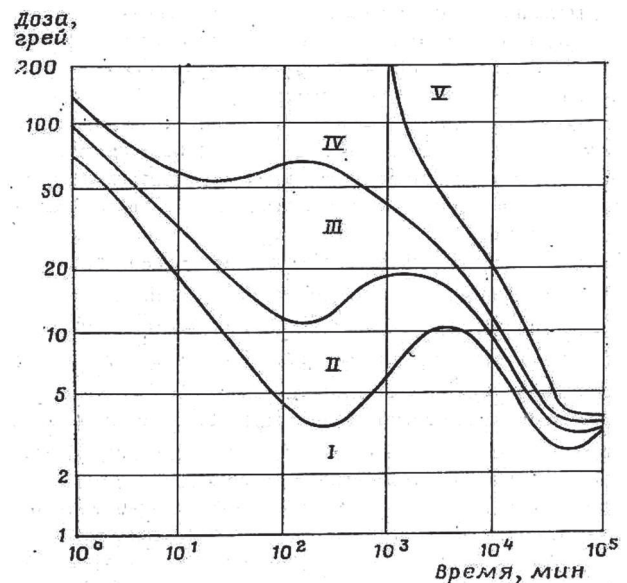


Рис. 1. Оценка дееспособности специалистов преимущественно физической деятельности в зависимости от дозы и времени после облучения (I — сохранена; II — ограничена; III — существенно ограничена; IV — отсутствует; V — гибель. Кривые соответствуют появлению эффекта с вероятностью 0,5) [1]

1. Пространственное распределение поглощенной энергии (коэффициент качества излучения «QF» — от англ. Quality factor) используется только для оценки радиационной безопасности при хроническом облучении человека в малых дозах, то есть дозах, не способных вызывать ОЛБ.

2. МКРЗ рекомендует для коэффициента качества фотонов всех энергий значение равное единице.

Исследования изотопного состава радиоактивного заражения местности (РЗМ) как при ядерных взрывах, так при катастрофах на ядерных объектах объективно показывает, что причиной смешанного ионизирующего излучения в 90 % случаев являются именно бета-распады (с максимальной энергией от 1,45 до 3,5 МэВ), при котором фотонное (от нескольких кэВ до нескольких МэВ со средней энергией 0,72 МэВ) является сопровождающим излучением с низким ЛПЭ. В этих условиях радиационные нагрузки, создаваемые бета-излучениями на высоте 1 метра, выше в 5–20 раз радиационных нагрузок, создаваемых гамма-излучением при нахождении личного состава на открытой местности. Внешнее бета-излучение действует главным образом на кожу, а при большой энергии бета-частиц также на подкожную клетчатку и хрусталики глаз. У большинства пострадавших при аварии на ЧАЭС (>60 %) ОЛБ III–IV степени тяжести сочеталась с поражениями кожных покровов различными по глубине.

Еще одной проблемой является неоднозначная оценка радиационных потерь связанная с учетом времени, в течение которого получена данная доза (рис. 2). Данная зависимость была получена на основе анализа табличных значений существующей методики прогнозирования радиационной обстановки при авариях на АЭС [2]. Предельной допустимой однократной

(кратковременной) дозой, не приводящей к потере дееспособности, в военных нормативных документах указана доза 50 рад, полученная за время до 4 суток. Считалось, что независимо от того, в течение какого промежутка времени получена доза (за 1 час или за 36 часов), она считается кратковременной или одноразовой, так как восстановительные процессы в организме не включаются раньше 4 суток. Такой подход абсолютно не отражает реальную оценку радиационного поражения в современных условиях.

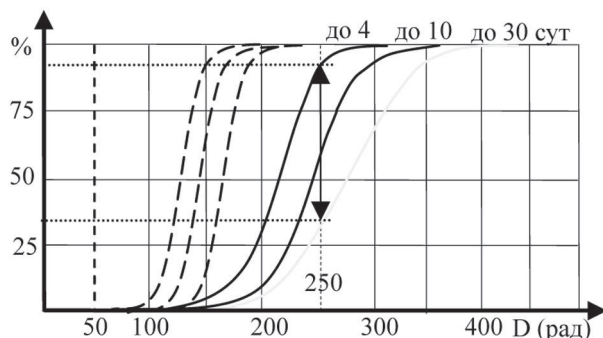


Рис. 2. Зависимость суммарного выхода из строя личного состава от поглощенной дозы гамма-излучения для разного времени облучения

При нахождении на РЗМ пороговые дозы детерминированных эффектов зависят не только от длительности облучения, но и от мощности дозы (скорость накопления дозы). При малой мощности дозы в результате восстановительных процессов они выше, чем при однократном кратковременном облучении с высокой мощностью дозы. Наилучшее прямое подтверждение сочетанного влияния факторов ЛПЭ и распределения дозы по времени можно найти в работах, ставших основой современной системы цитогенетической дозиметрии. В качестве иллюстрации можно привести зависимость «доза — эффект» для выхода хромосомных маркеров облучения при действии излучений разных энергий и при разной мощности дозы (рис. 3 по [3]).

Очевидно, что мощность дозы влияет на выход цитогенетических изменений не только дицентриков, но и микроядер и транслокаций, особенно для излучений с низкой ЛПЭ (бета-, гамма-излучений). Чем больше скорость нарастания дозы, тем имеет меньше времени на репарацию первого повреждения трека до возникновения второго повреждения. Этот

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дозиметрия ионизирующих излучений ядерного взрыва / [Щербаков В. И., Фролов Ю. И., Мкртычев М. Г., Фоломеев Ю. В. и др.]; под ред. Б. А. Шестерикова. — М.: ВАХЗ, 1973. — 450 с.
2. Вридник І. Д. Методика прогнозування і оцінки наслідків аварій (руйнувань) атомних електростанцій: навч.-метод. посіб. / І. Д. Вридник, В. П. Лаврик, В. В. Крижевський. — Харків, 2008. — 81 с.
3. Biological dosimetry: chromosomal aberration analysis for dose assessment // IAEA Techn. Report Series. — Vienna, 1986. — N 260. — 69 p.
4. Диагностика, клиническая картина и лечение острой лучевой болезни при аварии на Чернобыльской АЭС / В. К. Гуськова, А. Е. Баранов, А. В. Барабанова и др. // Терапевт. архив. — 1989. — Т. 89, № 1. — С. 95–103.

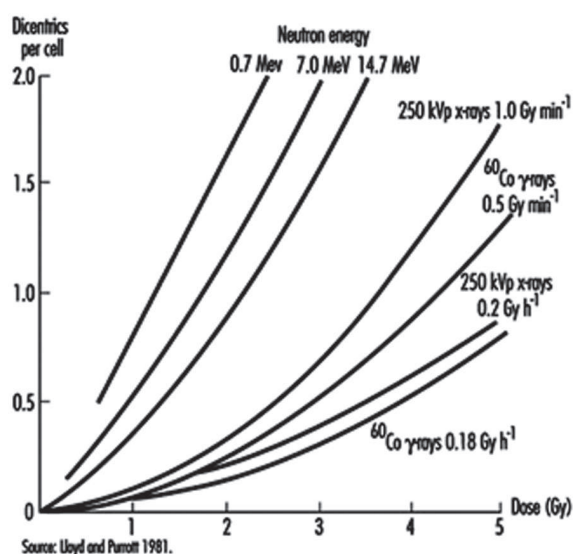


Рис. 3. Зависимость образования дицентриков в лимфоцитах крови от поглощенной дозы различных видов излучений и мощности дозы

же самый аргумент остается в силе для фракционированных или дробных доз.

Целесообразно предположить, что в определенных условиях вероятность развития ОЛБ той или иной степени тяжести четко связана не только с величиной поглощенной дозы, но и с мощностью дозы, что было подтверждено при наблюдениях за пострадавшими в результате аварии на Чернобыльской АЭС [4]. Кроме того, согласно концепции, созданной Г.Д. Байсоголовым и А.К. Гуськовой, особенности клинического течения лучевой болезни определяются величиной дозы облучения, а также ее пространственно-временным распределением.

Существенной проблемой при оценке радиационных потерь является отсутствие различия между видами излучения, а также между пролонгированным и острым облучением личного состава. Использование одних и тех же значений поглощенных доз, как при гамма-нейтронном, так и при бета-, гамма-облучении, вызывает неопределенность проектирования войсковой дозиметрической аппаратуры, которая должна корректно оценивать угрозу радиационного фактора. Проведенный анализ показывает необходимость пересмотра подхода к учету временного фактора при оценке радиационных потерь, особенно для импульсного воздействия гамма-нейтронного облучения.

Резюме. Зроблено спробу оцінити необхідність урахування просторово-часового розподілу поглинутої дози змішаних випромінювань основних радіаційних факторів для коректного визначення дієздатності у системі військової дозиметрії.

Ключові слова: поглинута доза, радіаційні втрати.

Summary. This article presents an attempt to assess the necessity of accounting the spatial and time distribution of absorbed dose of mixed radiations of main radiation factors for the correct estimation of the troops' capabilities in the system of military dosimetry.

Keywords: absorbed dose, radiation casualties.

Н. П. ДИКИЙ¹, А. В. ГРУШКА², Н. В. КРАСНОСЕЛЬСКИЙ²

Ю. В. ЛЯШКО¹, Е. П. МЕДВЕДЕВА¹, О. И. ПАСКЕВИЧ²

¹Національний научний центр «Харьковский физико-технический институт»

²ГУ «Институт медицинской радиологии им. С. П. Григорьева НАМН Украины», Харьков

СОДЕРЖАНИЕ ¹⁵³SM-ОКСАБИФОРА В КРОВИ ОНКОБОЛЬНЫХ ПРИ ТЕРАПИИ КОСТНЫХ МЕТАСТАЗОВ

THE CONTENT OF ¹⁵³SM-OXABIFOR IN CANCER PATIENTS BLOOD IN THE TREATMENT OF BONE METASTASIS

Для паллиативной терапии костных метастазов активно используются изотопы ³²P, ⁸⁹Sr, ⁹⁰Y, ^{186,188}Re, ¹⁵³Sm и ¹⁷⁷Lu [1]. Достаточно широко в последнее время применяется ¹⁵³Sm-оксабифор, который является терапевтическим агентом для эффективного паллиативного лечения костных метастазов [2, 3]. Этот радиофармпрепарат (РФП) обладает высоким эффектом обезболивания и минимальными побочными проявлениями.

У названных РФП период полураспада и энергия частиц играют важную роль для клинических характеристик, таких как начало и продолжительность анальгезирующего эффекта. Энергия частиц от ³²P и ⁸⁹Sr и соответствующие пробеги в костной и мягких тканях больше, чем при использовании ¹⁵³Sm. Большая энергия частиц предполагает более массивное поражение костного мозга, в результате облучения большего его объема. Малый период полураспада ¹⁵³Sm (1,9 дня) обуславливает необходимость более быстрой доставки его в опухоль по сравнению с ³²P (14,3 дня) и ⁸⁹Sr (50,5 дня).

Для транспорта 90 % от общей дозы изотопов требуется примерно 3,5 периода полураспада, и интервал составляет примерно 1 неделю для ¹⁵³Sm, 7 недель для ³²P и 25 недель для ⁸⁹Sr. Как правило, ¹⁵³Sm производится с помощью нейтронной бомбардировки обогащенного ¹⁵²Sm₂O₃ в ядерном реакторе.

Динамика ¹⁵³Sm в крови определяется уровнем и скоростью захвата его костной тканью, поэтому содержание ¹⁵³Sm в крови является важным параметром для учета индивидуальных особенностей больного и коррекции процесса лечения.

Цель работы — изучить динамику содержания ¹⁵³Sm-оксабифора у онкологических пациентов с костными метастазами в процессе радионуклидной терапии.

© Н. П. Дикий, А. В. Грушка, Н. В. Красносельский, Ю. В. Ляшко, Е. П. Медведева, О. И. Паскевич, 2015

Применяемый в исследовании ¹⁵³Sm-оксабифор был произведен на «Радиофармацевт» (ИЯФ АН РУз, Ташкент, Узбекистан), сертификат качества №85, серия №026251114, с радиохимической чистотой 99,2 %. Активность ¹⁵³Sm-оксабифора на день поставки РФП составляла 2000 МБк, активность ¹⁵³Sm-оксабифора на момент изготовления (по данным паспорта) соответствовала 8400 МБк. Содержание примесных радионуклидов было не больше 3×10^{-3} %. Содержание Sm в растворе равнялось 62,0 мкг/мл, натрия оксибифора — 16,2 мг/мл, NaCl — 5,1 мг/мл. Радиофармацевт ¹⁵³Sm-оксабифор был стерильный. pH раствора составляла 6,4. Данный РФП представляет собой комплекс Sm и тетраметилфосфононовой кислоты (рис. 1) и имеет биологические свойства, необходимые для его транспорта в костную ткань.

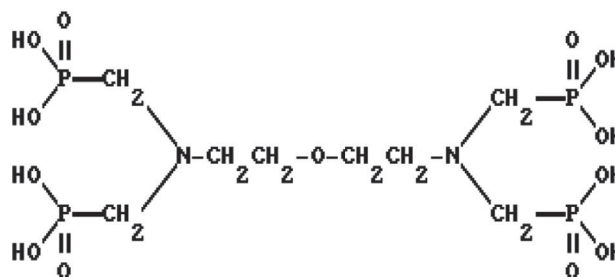


Рис. 1. Структура окса-бис (этилендитио) тетраметилфосфононовой кислоты

В пилотном исследовании приняли участие 3 пациента с болезненными костными метастазами с различными первичными опухолями (рак желчных протоков, рак желудка, рак предстательной железы). В отделении ядерной медицины ГУ «Институт медицинской радиологии им. С.П. Григорьева НАМН Украины» всем больным было проведено первичное