DOI: 10.58168/TSMSTTO2026_324-329
УДК 612.014.482

ЛУЧЕВЫЕ ПОРАЖЕНИЯ ПРИ ВНЕШНЕМ ОБЛУЧЕНИИ: ПАТОГЕНЕЗ, КЛИНИЧЕСКИЕ ФОРМЫ И НЕОТЛОЖНАЯ ПОМОЩЬ НА ДОГОСПИТАЛЬНОМ ЭТАПЕ

Киселева А.С., *студент*
Жидко Е.А., *д-р техн. наук, профессор*
Воронежский государственный технический университет

Аннотация: *В данной статье рассматриваются вопросы этиологии, патогенеза и клиники лучевых поражений, возникающих в результате внешнего облучения. Особое внимание уделяется классификации острой лучевой болезни (ОЛБ) в зависимости от поглощенной дозы, а также алгоритмам оказания первой и доврачебной помощи. Анализируются особенности ведения пациентов с комбинированными радиационными поражениями в условиях чрезвычайных ситуаций.*

Ключевые слова: *лучевые поражения, внешнее облучение, острая лучевая болезнь, медицина катастроф, радиационная безопасность, сортировка, неотложная помощь.*

RADIATION DAMAGE CAUSED BY EXTERNAL RADIATION: PATHOGENESIS, CLINICAL FORMS AND EMERGENCY CARE AT THE PREHOSPITAL STAGE

Kiseleva A.S., *student*
Zhidko E.A., *Doctor of Technical Sciences, Associate Professor*
Voronezh State Technical University

Abstract*: This article discusses the etiology, pathogenesis, and clinic of radiation injuries resulting from external exposure. Special attention is paid to the classification of acute radiation sickness (ARD) depending on the absorbed dose, as well as algorithms for first and first aid. The features of the management of patients with combined radiation damage in emergency situations are analyzed.*

Keywords: *radiation damage, external exposure, acute radiation sickness, disaster medicine, radiation safety, triage, emergency care.*

Введение

В условиях современного мира, характеризующегося развитием атомной энергетики, широким применением источников ионизирующего излучения (ИИ) в промышленности, медицине и научных исследованиях, сохраняется потенциальная угроза возникновения радиационных аварий.

© Киселева А. С., Жидко Е. А., 2026

Кроме того, медицина катастроф рассматривает сценарии, связанные с применением радиологического оружия или терактами на объектах ядерного топливного цикла. В таких ситуациях ключевую роль играет готовность медицинского персонала к быстрой диагностике и лечению лучевых поражений, возникающих при внешнем облучении [1].

Внешнее облучение характеризуется воздействием источника излучения, находящегося вне организма. В отличие от инкорпорации радионуклидов (внутреннего заражения), при внешнем облучении источник не поступает внутрь, что упрощает дезактивацию, но не снижает тяжесть лучевого воздействия на ткани.

Целью данной статьи является систематизация знаний о патогенезе и клинических проявлениях лучевых поражений от внешнего облучения для оптимизации лечебно-эвакуационных мероприятий.

Патогенез и классификация лучевых поражений при внешнем облучении

Рассмотрим механизмы биологического действия ИИ [2].

Патогенез лучевых поражений при внешнем облучении обусловлен передачей энергии ионизирующего излучения клеткам и тканям. Ключевую роль играют два механизма: прямое и непрямое (косвенное) действие.

- *Прямое действие***:** Ионизация молекул (белков, нуклеиновых кислот, ферментов) приводит к их денатурации и разрушению. Наиболее критично повреждение ДНК в ядре клетки, что ведет к гибели клетки при первой же попытке деления (митотическая гибель) или к блоку митоза.

- *Непрямое действие (через радиолиз воды):* Поскольку тело человека на 70-80% состоит из воды, основное количество энергии излучения поглощается именно ею.

В результате образуются свободные радикалы (H^+, OH^-, гидратированные электроны), которые обладают высокой химической активностью и запускают цепные реакции перекисного окисления липидов. Это приводит к повреждению клеточных мембран, митохондрий и лизосом.

Наиболее чувствительными к облучению (радиочувствительными) являются ткани с активно пролиферирующими клетками: костный мозг (кроветворение), эпителий желудочно-кишечного тракта, половые клетки, кожа и хрусталик глаза. Нервная и мышечная ткани, состоящие из высокодифференцированных клеток, относительно радиорезистентны, но страдают вторично из-за нарушения микроциркуляции и интоксикации [3].

Рассмотрим классификацию поражений по дозе и клиническим формам.

Исход и клиническая картина острой лучевой болезни (ОЛБ) от внешнего облучения напрямую зависят от поглощенной дозы (Гр) и равномерности распределения облучения по телу (табл.).

Таблица

Дифференциально-диагностические критерии тяжести острой лучевой болезни по первичной реакции

Степень тяжести ОЛБ	Доза, Гр	Время появления рвоты	Характер рвоты	Другие ранние симптомы
Легкая (I)	1 - 2	Через 2-3 часа и позже	Однократная	Умеренная головная боль, слабость
Средняя (II)	2 - 4	Через 1-2 часа	Повторная (2-3 раза)	Выраженная слабость, гиперемия кожи
Тяжелая (III)	4 - 6	Через 30-60 мин	Многократная	Сильная головная боль, субфебрилитет, гиперемия склер
Крайне тяжелая (IV)	> 6	До 30 мин	Неукротимая	Эйфория или адинамия, нарушение сознания, гипертермия

Выделяют следующие клинические формы ОЛБ [4.5]:

1. *Костномозговая форма (доза 1–10 Гр):* Основной удар приходится на кроветворную ткань. Развивается панцитопения. В зависимости от дозы выделяют степени тяжести (легкую, среднюю, тяжелую, крайне тяжелую). Именно эту форму чаще всего встречают врачи при радиационных авариях. Без трансплантации костного мозга дозы выше 6–8 Гр считаются летальными.
2. *Кишечная форма (доза 10–20 Гр):* Гибель клеток кишечного эпителия приводит к оголению ворсинок, нарушению всасывания, потере белка и электролитов. Развивается тяжелейший гастроэнтерит, инвазия бактерий в кровь. Смерть наступает на 1-й неделе.
3. *Токсическая (сосудистая) форма (доза 20–80 Гр):* Ведущую роль играет массивная гибель клеток с выбросом токсинов и тяжелое поражение микроциркуляторного русла. Быстро развивается отек мозга, сердечно-сосудистая недостаточность.
4. *Церебральная форма (доза более 80 Гр):* Непосредственное поражение ЦНС. Смерть наступает в первые часы («смерть под лучом») от остановки дыхания и коллапса.

Для врача медицины катастроф важно понимать, что при дозах более 1 Гр развивается клинически значимая патология, требующая госпитализации (табл.) [1,6].

Течение костномозговой формы, как наиболее вероятной при авариях, характеризуется циклическим течением:

1. *Период первичной реакции:* Развивается в первые минуты или часы после облучения. Характеризуется тошнотой, рвотой (при дозе >2 Гр - многократной), головной болью, слабостью, гиперемией кожи. Чем быстрее возникла рвота, тем тяжелее поражение. В этот период необходимо начать сортировку.

2. *Латентный период (мнимого благополучия):* Самочувствие пациента улучшается, исчезают диспепсические расстройства. Однако в костном мозге продолжается опустошение клеточных элементов. Длительность латентного периода обратно пропорциональна дозе (от нескольких дней до 3-4 недель).

3. *Период разгара:* Резкое ухудшение состояния. Возвращается слабость, развивается геморрагический синдром (кровоточивость десен, носовые кровотечения, геморрагии на коже) из-за тромбоцитопении. Присоединяются инфекционные осложнения (пневмония, энтероколит, сепсис) на фоне лейкопении (агранулоцитоз). Возможно выпадение волос (эпиляция), поражение кожи (лучевые ожоги) в зонах входа излучения.

4. *Период восстановления:* При благоприятном исходе и адекватной терапии постепенно нормализуется кроветворение, стихают инфекции. Астенизация сохраняется длительно.

Медицинская помощь при лучевых поражениях в очаге и на этапах эвакуации.

Догоспитальный этап. Сортировка

Основная задача на догоспитальном этапе - спасение жизни по жизненным показаниям и удаление пострадавшего из зоны облучения.

Алгоритм действий:

1. *Прекращение облучения:* Вынос (вывоз) пострадавшего за пределы радиационного поля. Использование средств индивидуальной защиты.

2. *Частичная дезактивация:* Удаление радиоактивной пыли с открытых участков кожи и одежды (обмывание водой, обтирание тампонами). Важно не допустить перехода внешнего загрязнения во внутреннее (не тереть сильно кожу, промывать глаза и нос).

3. Медицинская сортировка:

- 1-я группа (опасное для жизни облучение): Многократная рвота, "красный" дерматит, неврологические нарушения (судороги, сопор). Эвакуация в профильный стационар в первую очередь (транспортом скорой помощи). При комбинированных поражениях (травма + облучение) — хирургическая помощь по жизненным показателям проводится немедленно.

- 2-я группа (средней тяжести): Рвота была однократно, самочувствие удовлетворительное. Эвакуация во вторую очередь.

- 3-я группа (легкопораженные): Рвоты нет, жалоб нет, лучевая нагрузка предположительно мала. Могут быть оставлены для амбулаторного наблюдения или эвакуированы транспортом общего назначения.

На догоспитальном этапе и в стационаре для борьбы с рвотой применяются противорвотные средства (ондансетрон, метоклопрамид внутримышечно). При тяжелой рвоте — борьба с дегидратацией (инфузионная терапия). Проводится ранняя дезинтоксикация.

Госпитальный этап. Основные принципы терапии

Лечение ОЛБ в стационаре комплексное и включает:

- *Асептика и антисептика:* Создание стерильных условий (боксы) для профилактики инфекций в период агранулоцитоза.
- *Заместительная терапия:* Переливание компонентов крови (тромбоцитарная масса при кровоточивости, эритроцитарная масса при глубокой анемии).
- *Антибиотикотерапия:* Назначение антибиотиков широкого спектра при первых признаках инфекции или проаппактически при падении лейкоцитов ниже критического уровня.
- *Стимуляция лейкопоэза:* Использование колониестимулирующих факторов (филграстим).
- *Парентеральное питание:* При поражении ЖКТ.
- *Лечение местных лучевых поражений:* Мази, эпителизирующие средства.

Вывод

Лучевые поражения при внешнем облучении представляют собой сложную патологию, исход которой напрямую зависит от оперативности и правильности оказания помощи на ранних этапах.

Для специалистов медицины катастроф критически важными навыками являются: умение проводить радиометрический контроль, знание дозиметрических закономерностей для прогнозирования исходов, а также навыки медицинской сортировки в условиях массового поступления пораженных.

Современная терапия ОЛБ, включающая применение рекомбинантных факторов роста и современные методы детоксикации, позволяет спасать пациентов даже с тяжелыми формами поражения, полученными при дозах, ранее считавшихся абсолютно летальными.

Дальнейшее совершенствование системы оказания помощи должно быть направлено на сокращение времени между облучением и началом патогенетической терапии.

Список литературы

1. Левчук, И. П. Медицина катастроф: учебник / И. П. Левчук, Н. В. Третьяков. – М.: ООО ИГ «ГЭОТАР-Медиа», 2021 – 288 с.

2. Токсикология и медицинская защита: учебник для студентов и курсантов медицинских и фармацевтических вузов (факультетов) /А. Н. Гребенюк, Н. В. Аксенова, А. Е. Антушевич [и др.]; под ред. А. Н. Гребенюка. – СПб.: Фолиант, 2016 – 672 с.

3. Медицинские средства профилактики и терапии радиационных поражений: учебное пособие / А. Н. Гребенюк, В. И. Легеза, В. Б. Назаров, А. А. Тимошевский. – СПб.: Фолиант, 2011. – 92 с.

4. Жидко Е.А., Леонов П.М., Попова Е.С. Разработка модели идентификации конфликтного компонента и метода ситуационного управления информационными ресурсами информационно-телекоммуникационной системы критически важного

объекта в условиях информационного противоборства: монография. - Воронеж, 2019. - 117 с.

5. Разиньков С. Н., Жидко Е. А., Лукин М.Ю. Экспериментальное местоопределение источников радиоизлучения по многократным оценкам угловых координат в беспилотных комплексах мониторинга/ С.Н.Разиньков, Е.А.Жидко, М.Ю. Лукин // Информационно-измерительные и управляющие системы. 2018. Т. 16. № 6. С. 57-63.

6. Nikolenko, S. Dust cleaning of working areas in the production of granulated foam glass ceramics / S. Nikolenko, S. Sazonova, V.F. Asminin, V. Zherdev, V. Ivanova // В сборнике: AIP Conference Proceedings. Krasnoyarsk Scientific Centre of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences. Melville, New York, United States of America, 2021. - С. 60030.

References

1. Levchuk, I. P. Medicine of catastrophes: textbook / I. P. Levchuk, N. V. Tretyakov. Moscow: LLC IG GEOTAR–Media, 2021 - 288 p.

2. Toxicology and medical protection: a textbook for students and cadets of medical and pharmaceutical universities (faculties) /A. N. Grebenyuk, N. V. Aksenova, A. E. Antushevich [et al.]; edited by A. N. Grebenyuk. – St. Petersburg: Foliant, 2016 – 672 p.

3. Medical means of prevention and therapy of radiation damage: a textbook / A. N. Grebenyuk, V. I. Legeza, V. B. Nazarov, A. A. Timoshevsky. St. Petersburg: Foliant, 2011. 92 p.

4. Zhidko E.A., Leonov P.M., Popova E.S. Development of a model for identifying the conflict component and a method for situational management of information resources of an information and telecommunications system of a critically important object in the context of information warfare: monograph. Voronezh, 2019. 117 p.

5. Razinkov S. N., Zhidko E. A., Lukin M.Yu. Experimental location of radio emission sources based on multiple estimates of angular coordinates in unmanned monitoring systems/ S.N.Razinkov, E.A.Zhidko, M.Yu. Lukin // Information measuring and control systems. 2018. Vol. 16. No. 6. pp. 57-63.

6. Nikolenko, S. Dust cleaning of working areas in the production of granular foam ceramics / S. Nikolenko, S. Sazonova, V.F. Asminin, V. Zherdev, V. Ivanova // In the collection: Materials of the AIP conference. Krasnoyarsk Scientific Center of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences. Melville, New York, United States of America, 2021. - p. 60030.