

А. Н. Гребенюк
О. Ю. Стрелова
В. И. Легеза
Е. Н. Степанова

ОСНОВЫ РАДИОБИОЛОГИИ И РАДИАЦИОННОЙ МЕДИЦИНЫ

Учебное пособие

Издание второе, исправленное и дополненное

Рекомендовано Учебно-методическим объединением
по медицинскому и фармацевтическому образованию вузов России
в качестве учебного пособия для студентов, обучающихся по специальностям
высшего профессионального образования группы Здравоохранение

Санкт-Петербург
ФОЛИАНТ
2015

УДК 612.014.482

ББК 53.6

Рецензенты:

Заведующий кафедрой мобилизационной подготовки здравоохранения и медицины катастроф Санкт-Петербургского государственного медицинского университета имени академика И. П. Павлова кандидат медицинских наук доцент **А. В. Старков**

Профессор кафедры безопасности жизнедеятельности и медицины катастроф Первого Московского государственного медицинского университета имени И. М. Сеченова доктор медицинских наук **А. А. Тимошевский**

Заведующий кафедрой токсикологии и экстремальной медицины Северо-Западного государственного медицинского университета имени И. И. Мечникова доктор медицинских наук профессор **В. В. Шилов**

Гребенюк А. Н., Стрелова О. Ю., Легеза В. И., Степанова Е. Н.

Основы радиобиологии и радиационной медицины:

Учебное пособие. — 2-е изд., испр. и доп. —

СПб: ООО «Издательство ФОЛИАНТ», 2015. — 232 с.

ISBN 978-5-93929-223-8

В учебном пособии дана общая характеристика ионизирующих излучений, описаны механизмы биологического действия радиации на различных уровнях организации живой материи, представлены основные клинические формы радиационных поражений от внешнего облучения, инкорпорации радионуклидов, местных, сочетанных и комбинированных радиационных воздействий, приведены фармакологические препараты, которые применяются для профилактики и лечения основных клинических проявлений радиационных поражений.

Пособие написано в соответствии с программой обучения студентов медицинских и фармацевтических вузов и факультетов по разделу «Токсикология и медицинская защита» учебной дисциплины «Военная и экстремальная медицина» («Безопасность жизнедеятельности. Медицина катастроф»).

ISBN 978-5-93929-223-8

© Коллектив авторов, 2015

© ООО «Издательство ФОЛИАНТ», 2015

АВТОРСКИЙ КОЛЛЕКТИВ

Гребенюк Александр Николаевич — начальник кафедры военной токсикологии и медицинской защиты Военно-медицинской академии имени С. М. Кирова — главный токсиколог-радиолог Министерства обороны Российской Федерации, доктор медицинских наук, профессор

Стрелова Ольга Юрьевна — исполняющая обязанности заведующей кафедрой фармацевтической химии Санкт-Петербургской государственной химико-фармацевтической академии, кандидат химических наук, доцент

Легеза Владимир Иванович — главный научный сотрудник Научно-исследовательского испытательного центра (медико-биологической защиты) Научно-исследовательского испытательного института военной медицины Военно-медицинской академии имени С. М. Кирова, лауреат Государственной премии СССР, заслуженный деятель науки РФ, доктор медицинских наук, профессор

Степанова Елена Николаевна — доцент кафедры фармацевтической химии Санкт-Петербургской государственной химико-фармацевтической академии, кандидат фармацевтических наук, доцент

ОГЛАВЛЕНИЕ

Список используемых сокращений	7
Введение.	8
Глава 1. Введение в радиобиологию	10
<i>Учебные вопросы</i>	10
<i>Базисные знания</i>	10
1.1. Радиобиология: предмет, цель и задачи учебной дисциплины	10
1.2. Виды ионизирующих излучений и их свойства	17
1.3. Количественная оценка ионизирующих излучений	21
1.4. Основные источники ионизирующих излучений	26
<i>Литература для самоподготовки</i>	34
<i>Вопросы для самоконтроля</i>	34
Глава 2. Основы биологического действия ионизирующих излучений	36
<i>Учебные вопросы</i>	36
<i>Базисные знания</i>	36
2.1. Основные стадии действия ионизирующих излучений	36
2.2. Молекулярные механизмы лучевого повреждения биосистем	41
2.3. Реакции клеток и тканей на облучение	51
2.4. Радиобиологические эффекты	57
<i>Литература для самоподготовки</i>	62
<i>Вопросы для самоконтроля</i>	63
Глава 3. Лучевые поражения в результате внешнего общего (тотального) облучения	64
<i>Учебные вопросы</i>	64
<i>Базисные знания</i>	65
3.1. Классификация лучевых поражений в зависимости от вида и условий воздействия	65
3.2. Костномозговая форма острой лучевой болезни.	71
3.3. Кишечная форма острой лучевой болезни	92
3.4. Токсемическая форма острой лучевой болезни	97

3.5. Церебральная форма острой лучевой болезни	97
3.6. Радиационные поражения при внешнем неравномерном облучении	100
3.7. Особенности радиационных поражений при воздействии нейтронов.	102
3.8. Общие принципы лечения лучевых поражений, возникающих в результате внешнего общего (тотального) облучения	105
<i>Литература для самоподготовки</i>	110
<i>Вопросы для самоконтроля</i>	111
Глава 4. Поражения в результате внутреннего радиоактивного заражения	113
<i>Учебные вопросы</i>	113
<i>Базисные знания</i>	114
4.1. Условия возникновения и общая характеристика поражений от внутреннего радиоактивного заражения	114
4.2. Радиоактивность: основные понятия и термины	115
4.3. Факторы, определяющие дозу облучения, поглощенную при радиоактивном заражении, и ее биологический эффект	119
4.4. Кинетика радионуклидов в организме	122
4.5. Биологическое действие радиоактивных веществ	127
4.6. Лучевые поражения в результате алиментарного и ингаляционного поступления в организм продуктов ядерного деления (продуктов ядерного взрыва)	129
4.7. Профилактика поражений радионуклидами	135
4.8. Особенности клиники и лечения радиационных поражений при инкорпорации основных аварийно опасных радионуклидов	136
<i>Литература для самоподготовки</i>	150
<i>Вопросы для самоконтроля</i>	150
Глава 5. Местные лучевые поражения	152
<i>Учебные вопросы</i>	152
<i>Базисные знания</i>	152
5.1. Патогенез и основные клинические проявления лучевых поражений кожи	153
5.2. Патогенез и основные клинические проявления лучевого орофарингеального синдрома	159
5.3. Краткая характеристика лекарственных средств для лечения местных лучевых поражений	161
5.4. Общие принципы лечения местных лучевых поражений	166
<i>Литература для самоподготовки</i>	170
<i>Вопросы для самоконтроля</i>	170

Глава 6. Комбинированные и сочетанные радиационные поражения . . .	172
<i>Учебные вопросы</i>	172
<i>Базисные знания</i>	173
6.1. Комбинированные радиационные поражения	173
6.2. Сочетанные радиационные поражения	182
6.3. Хроническая лучевая болезнь	185
6.4. Отдаленные последствия облучения	192
<i>Литература для самоподготовки</i>	196
<i>Вопросы для самоконтроля</i>	196
Тестовые задания	198
<i>Ответы на тестовые задания</i>	212
Ситуационные задачи	213
<i>Решения ситуационных задач</i>	217
Рекомендуемая литература	225

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ СОКРАЩЕНИЙ

- АЭС — атомная электрическая станция
ДНК — дезоксирибонуклеиновая кислота
 K_n — коэффициент неравномерности
ЛПЭ — линейная передача энергии
МАГАТЭ — Международное агентство по атомной энергии
МКРЗ — Международная комиссия по радиологической защите
МЛП — местные лучевые поражения
НРБ — нормы радиационной безопасности
ОБЭ — относительная биологическая эффективность
ОЛБ — острая лучевая болезнь
ПРО — первичная реакция на облучение
ПЯВ — продукты ядерного взрыва
ПЯД — продукты ядерного деления
РВ — радиоактивное вещество
РЗМ — радиоактивно-загрязненная местность
РНК — рибонуклеиновая кислота
РПН-синдром — синдром ранней преходящей недееспособности
СД_{50/30} — смертельная доза, при которой за 30 суток наблюдения погибает половина облученных биообъектов
СИЧ — счетчик излучений человека
СРП — сочетанные радиационные поражения
ТАКМ — трансплантация аллогенного костного мозга
 $T_{1/2}$ — период полураспада
 $T_{\text{биол.}}$ — период биологического полувыведения
 $T_{\text{эфф.}}$ — эффективный период полувыведения
ХЛБ — хроническая лучевая болезнь
ЦНС-синдром — синдром радиационного поражения центральной нервной системы

ВВЕДЕНИЕ

Существование цивилизации на современном этапе ее развития немислимо без использования ядерной энергии в самых различных областях жизнедеятельности человека — промышленности, медицине, научных исследованиях и т. д. Однако одним из негативных итогов этого процесса является значительное расширение перечня источников радиационной опасности: потенциальную угрозу жизни и здоровью людей в настоящее время создает не только ядерное оружие, но и объекты атомной энергетики, медицинские, научные, промышленные и другие источники ионизирующих излучений.

Широкое использование источников ионизирующих излучений во всех сферах человеческой деятельности приводит к увеличению вероятности возникновения разнообразных нештатных ситуаций и обуславливает возможность формирования очагов массовых санитарных потерь при случайном или преднамеренном разрушении радиационно-опасных объектов.

По данным МАГАТЭ (2003), не считая аварии на Чернобыльской АЭС, в мире произошло более 430 крупных радиационных инцидентов, в ходе которых не менее 3000 человек были значительно облучены, 133 из них со смертельным исходом. На территории бывшего СССР и России за время существования атомной энергетики произошло 349 радиационных инцидентов с облучением людей, при этом 753 пострадавших имели клинически значимые острые радиационные поражения, у 349 человек была диагностирована острая лучевая болезнь, а 71 погиб в результате радиационного воздействия в ближайшие сроки после облучения. Только за последнее десятилетие на территории Российской Федерации произошло 36 аварийных ситуаций, связанных с источниками ионизирующих излучений, с вовлечением в них более 80 человек, 48 из которых получили острые лучевые и комбинированные поражения. Следует также отметить, что, несмотря на международные соглашения, сохраняется возможность применения ядерного оружия в современных войнах и локаль-

ных конфликтах, а угроза ядерного терроризма в последние годы неуклонно возрастает.

Более разнообразными стали и условия радиационного воздействия на человека, а следовательно, и формирующиеся при этом виды лучевого поражения: не только острые, но и хронические формы патологии, лучевые реакции, а также стохастические проявления радиационных поражений.

Высокий уровень радиационной опасности современного мира и широкий спектр формирующихся после облучения клинических форм лучевой патологии делает абсолютно необходимой подготовку студентов медицинских и фармацевтических вузов в области радиобиологии и радиационной медицины.

В предлагаемом читателям учебном пособии не преследовалась цель изложить все сведения, накопленные мировой и отечественной наукой в области радиобиологии и радиационной медицины. Вместе с тем авторы попытались под одной обложкой объединить весь комплекс вопросов, касающихся основ радиобиологии и радиационной медицины, необходимых современному врачу и провизору. Это, прежде всего, современные представления о свойствах ионизирующих излучений и механизмах биологического действия радиации на различных уровнях организации живой материи. Знание основ радиобиологии, изложенных в первых двух главах пособия, поможет студенту детально разобраться в патогенезе радиационных поражений, вызванных внешним облучением, инкорпорацией радионуклидов, местными, сочетанными и комбинированными радиационными воздействиями, а также представить все многообразие клинических форм лучевой патологии. Понимание патогенеза лучевых поражений позволит, в свою очередь, обосновать подходы к профилактике и лечению основных клинических проявлений радиационных поражений, а также выбрать наиболее подходящие для этих целей фармакологические препараты.

Авторы не претендуют на исчерпывающее описание всех радиобиологических проблем. Основная цель настоящего пособия — дать студентам медицинских и фармацевтических вузов и факультетов основы радиобиологических знаний, которые могут пригодиться в их практической деятельности. Насколько это удалось, судить читателям, а авторы с благодарностью примут все замечания и пожелания по изложенному в настоящем учебном пособии материалу.

Глава 1

ВВЕДЕНИЕ В РАДИОБИОЛОГИЮ

Учебные вопросы

1. Предмет радиобиологии. Цели и задачи радиобиологии как науки и учебной дисциплины.
2. Структура радиобиологии как науки и направления практической деятельности. Основные разделы радиобиологии как учебной дисциплины.
3. Виды ионизирующих излучений и их свойства.
4. Количественная оценка ионизирующих излучений. Основы дозиметрии и радиометрии.
5. Источники ионизирующих излучений и радионуклидов в природе и в обществе.

Базисные знания

1. Строение и основные характеристики атома.
2. Ядерные взаимодействия.
3. Основные свойства и характеристики ионизирующих излучений.

1.1. РАДИОБИОЛОГИЯ: ПРЕДМЕТ, ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Радиобиология — наука, изучающая механизмы взаимодействия излучений с биологическими объектами и их проявления на всех уровнях организации живого — от молекулярного до организменного, а часто и популяционного.

Предметом радиобиологии являются многообразные проявления действия излучений, механизмы возникновения этих проявлений, влияние на развитие конкретных биологических эффектов условий воздействия радиации.

Целью радиобиологии как науки является вскрытие закономерностей ответа биологических систем на воздействие излучений, что является научной основой гигиенической регламента-