

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«СИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ФЕДЕРАЛЬНОГО АГЕНТСТВА ПО ЗДРАВООХРАНЕНИЮ И СОЦИАЛЬНОМУ РАЗВИТИЮ

**Р.С. Домникова, М.Г. Скороходова, И.О. Наследникова**

**РУКОВОДСТВО  
К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ ПО ОБЩЕЙ  
И МЕДИЦИНСКОЙ РАДИОБИОЛОГИИ**

Учебное пособие

под редакцией академика РАМН, профессора В.В. Новицкого

ТОМСК  
Сибирский государственный медицинский университет  
2011

УДК 577.346:615.849(075.8)

ББК Е 071.25:Р361я7

Д 665

### Рецензенты:

**А.В. Ефремов** – зав. кафедрой патофизиологии Новосибирского государственного медицинского университета, чл.-корр. РАМН

**В.Т. Долгих** – профессор, д-р мед. наук, зав. кафедрой патофизиологии с курсом клинической патофизиологии Омской государственной медицинской академии »

**Д 665 Домникова Р.С.**

Руководство к практическим занятиям по общей и медицинской радиобиологии: учебное пособие / Р. С. Домникова,

М.Г. Скороходова, И.О. Наследникова; под ред. В.В. Новицкого. –

Томск: 2011. – 140 с.

В учебном пособии представлена информация о лабораторных методах исследования организма при действии ионизирующего излучения. Представлены некоторые гематологические, гистологические, цитогенетические, иммунологические и другие методы оценки эффектов облучения. Приведены методические подходы анализа количественных показателей периферической крови и костного мозга; описание морфологических особенностей кроветворной, пищеварительной, нервной, мочеполовой и других систем при различных лучевых поражениях, включая отдаленные. В пособии уделено внимание вопросам радиационной безопасности и современной гигиенической регламентации радиационного фактора. Руководство иллюстрировано таблицами, рисунками, включает тестовые задания и ситуационные задачи, список рекомендуемой литературы по теме занятий.

Учебное пособие предназначено для студентов медико-биологического факультета, обучающихся по специальностям «Медицинская биохимия», «Медицинская биофизика».

Утверждено и рекомендовано к печати учебно-методической комиссией медико-биологического факультета СибГМУ (протокол № 4 от 25 мая 2010 г.) и Центральным методическим советом ГОУ ВПО СибГМУ Росздрава (протокол № 2 от 10 июня 2010г.).

ДК 577.346:615.849(075.8)

ББК Е 071.25:Р361я7

© Сибирский государственный медицинский университет, 2010  
© Р.С. Домникова, М.Г. Скороходова, И.О. Наследникова, 2010

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>Список сокращений</b> .....	<b>5</b>
<b>План лекций</b> .....	<b>6</b>
<b>План практических занятий</b> .....	<b>7</b>
<b>Занятие 1.</b> Предмет и задачи радиобиологии, ее место в системе высшего медико-биологического образования. Методы исследования в радиобиологии.....	<b>9</b>
<b>Занятие 2.</b> История открытия проникающей радиации и возникновение науки радиобиологии.....	<b>14</b>
<b>Занятие 3.</b> Основы ядерной физики в радиобиологии.....	<b>18</b>
<b>Занятие 4.</b> Дозиметрия и радиометрия ионизирующих излучений.....	<b>23</b>
<b>Занятие 5.</b> Контрольное занятие по теме: «Основы ядерной физики в радиобиологии. Дозиметрия и радиометрия ионизирующих излучений».....	<b>30</b>
<b>Занятие 6.</b> Основы радиационной безопасности.....	<b>34</b>
<b>Занятие 7.</b> Первичные процессы лучевого поражения .....	<b>38</b>
<b>Занятие 8.</b> Клеточная радиочувствительность. Пострадиационное восстановление клетки .....	<b>42</b>
<b>Занятие 9.</b> Радиочувствительность тканей, органов, организма. Радиационные синдромы.....	<b>48</b>
<b>Занятие 10.</b> Модификация радиочувствительности. Кислородный эффект. Относительная биологическая эффективность ионизирующих излучений.....	<b>51</b>
<b>Занятие 11.</b> Гематологическая диагностика острой лучевой болезни .....	<b>54</b>
<b>Занятие 12.</b> Гематологическая диагностика острой лучевой болезни (продолжение).....	<b>58</b>
<b>Занятие 13.</b> Патологоанатомическая диагностика острой формы лучевой болезни .....	<b>62</b>
<b>Занятие 14.</b> Гематологическая и патологоанатомическая диагностика острой и острейшей формы лучевой болезни .....	<b>65</b>
<b>Занятие 15.</b> Гематологическая диагностика хронической лучевой болезни.....	<b>69</b>
<b>Занятие 16.</b> Гематологическая диагностика хронической лучевой болезни (продолжение).....	<b>72</b>
<b>Занятие 17.</b> Патологоанатомическая диагностика хронической лучевой болезни.....	<b>74</b>
<b>Занятие 18.</b> Лучевая болезнь при действии инкорпорированных радиоактивных веществ .....	<b>76</b>

<b>Занятие 19.</b> Гематологическая и паталогоанатомическая диагностика хронической лучевой болезни и при действии инкорпорированных радиоактивных веществ.....	<b>79</b>
<b>Занятие 20.</b> Терапия лучевой болезни.....	<b>81</b>
<b>Занятие 21.</b> Опосредованные эффекты облучения. Нарушение обмена веществ.....	<b>85</b>
<b>Занятие 22.</b> Влияние облучения на иммунную систему .....	<b>90</b>
<b>Занятие 23.</b> Постлучевое восстановление организма.....	<b>96</b>
<b>Занятие 24.</b> Действие малых доз радиации на организм человека и животных .....	<b>98</b>
<b>Занятие 25.</b> Генетические эффекты радиации.....	<b>100</b>
<b>Занятие 26.</b> Отдаленные последствия действия ионизирующей радиации на организм.....	<b>108</b>
<b>Занятие 27.</b> Действие радиации на эмбрион и плод.....	<b>112</b>
<b>Занятие 28.</b> Противолучевая защита организма .....	<b>115</b>
<b>Занятие 29.</b> Применение радионуклидов в биологии и медицине .....	<b>119</b>
<b>Занятие 30.</b> Применение радионуклидов в цитологии.....	<b>125</b>
<b>Занятие 31.</b> Применение радионуклидов в гематологических исследованиях .....	<b>129</b>
<b>Занятие 32.</b> Контрольное занятие по теме: «Радиобиологические основы применения ионизирующих излучений в биологии и медицине».....	<b>135</b>
<b>Приложение</b> .....	<b>138</b>

## СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

- ДОО – допустимая среднегодовая объемная активность
- ИМК – иммунокомпетентные клетки
- КК – коэффициент качества
- КЭ – кислородный эффект
- ЛП – летальные повреждения
- ЛПИ – линейная плотность ионизации
- ЛПЭ – линейная передача энергии
- МД – малые дозы и мощности доз
- НРБ – нормы радиационной безопасности
- ОБЭ – относительная биологическая эффективность
- ОКМ – общее количество миелокариоцитов
- ОЛБ – острая лучевая болезнь
- ОПД – основные пределы доз
- ОСПОРБ – основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности
- ОЦК – объем циркулирующей крови
- ОЦП – объем циркулирующей плазмы
- ОЦЭ – объем циркулирующих эритроцитов
- ПДД – предел допустимых доз
- ППП – потенциально-летальные повреждения
- ПРО – первичная реакция на облучение
- РИА – радиоиммунный анализ
- СЛП – сублетальные повреждения
- ХЛБ – хроническая лучевая болезнь
- ЭПР – электронный парамагнитный резонанс
- WR – взвешивающий коэффициент для отдельных видов ионизирующих излучений
- WT – взвешивающий коэффициент для органа или ткани

## ПЛАН ЛЕКЦИЙ

1. Введение в курс радиобиологии. История развития радиобиологии. Проблемы, задачи, методы, связь с другими науками.
2. Физические основы действия ионизирующих излучений на биологические объекты.
3. Физическая и биологическая дозиметрия ионизирующих излучений.
4. Источники облучения человека. Научные регламентации облучения человека.
5. Прямое и косвенное действие ионизирующих излучений. Теоретические представления о механизме биологического действия ионизирующих излучений.
6. Молекулярные аспекты биологического действия ионизирующего излучения. Реакция клеток на облучение.
7. Пострадиационное восстановление клеток.
8. Радиочувствительность тканей, органов, организма. Радиационные синдромы.
9. Морфологические изменения в органах и тканях при облучении.
10. Модификация радиочувствительности. Кислородный эффект. Относительная биологическая эффективность ионизирующих излучений.
11. Острая лучевая болезнь.
12. Хроническая лучевая болезнь.
13. Биологическое действие инкорпорированных радиоактивных веществ.
14. Угнетение иммунитета в облученном организме.
15. Нарушение обмена веществ при действии радиации.
16. Процессы восстановления в облученном организме.
17. Влияние малых доз радиации на организм человека и животных.
18. Отдаленные последствия облучения.
19. Радиационно-индуцированный канцерогенез.
20. Наследственные эффекты действия ионизирующих излучений.
21. Действие облучения на эмбрион и плод.
22. Фармакохимическая противолучевая защита организма.
23. Терапия лучевой болезни.
24. Биологическое действие неионизирующих излучений.
25. Радиобиологические основы лечебного применения ионизирующих излучений.
26. Космическая радиобиология.
27. Некоторые аспекты радиоэкологии.

## **ПЛАН ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ**

1. Предмет и задачи радиобиологии, ее место в системе высшего медико-биологического образования. Методы исследования в радиобиологии (практическая работа).
2. История открытия проникающей радиации и возникновение науки радиобиологии (семинар).
3. Основы ядерной физики в радиобиологии (лабораторная работа).
4. Дозиметрия и радиометрия ионизирующих излучений (лабораторная работа).
5. Итоговое занятие по теме: «Основы ядерной физики в радиобиологии. Дозиметрия и радиометрия ионизирующих излучений».
6. Основы радиационной безопасности (семинар).
7. Первичные процессы лучевого поражения (семинар).
8. Клеточная радиочувствительность. Пострадиационное восстановление клетки (лабораторная работа).
9. Итоговое занятие по теме: «Клеточная радиочувствительность. Пострадиационное восстановление клетки».
10. Радиочувствительность тканей, органов, организма. Радиационные синдромы (лабораторная работа).
11. Модификация радиочувствительности. Кислородный эффект. Относительная биологическая эффективность ионизирующих излучений (семинар).
12. Итоговое занятие по теме: «Общая радиобиология. Основы радиационной безопасности»
13. Применение радионуклидов в биологии и медицине (лабораторная работа).
14. Применение радионуклидов в цитологии (лабораторная работа).
15. Применение радионуклидов в гематологических исследованиях (лабораторная работа).
16. Радиобиологические основы лечебного применения ионизирующих излучений (семинар).
17. Итоговое занятие по теме: «Радиобиологические основы применения ионизирующих излучений в биологии и медицине».
18. Экскурсия в радионуклидную лабораторию.
19. Гематологическая диагностика острой формы лучевой болезни (практическая работа).
20. Гематологическая диагностика острой и острейшей форм лучевой болезни (лабораторная работа).

21. Патолого-анатомическая диагностика острой формы лучевой болезни (практическая работа).
22. Терапия лучевой болезни (семинар).
23. Итоговое занятие по теме: «Гематологическая и патолого-анатомическая диагностика острой и острейшей форм лучевой болезни. Терапия лучевой болезни»
24. Гематологическая диагностика хронической лучевой болезни (практическая работа).
25. Гематологическая диагностика хронической лучевой болезни (практическая работа).
26. Патолого-анатомическая диагностика хронической лучевой болезни (практическая работа).
27. Лучевая болезнь при действии инкорпорированных радиоактивных веществ (семинар).
28. Итоговое занятие по теме: «Гематологическая и патолого-анатомическая диагностика хронической формы лучевой болезни. Действие инкорпорированных радионуклидов на организм».
29. Посредованные эффекты облучения. Нарушение обмена веществ (семинар).
30. Влияние облучения на иммунную систему (лабораторная работа).
31. Постлучевое восстановление организма (семинар).
32. Действие радиации на эмбрион и плод (семинар).
33. Действие малых доз радиации на организм человека и животных (практическая работа).
34. Генетические эффекты радиации (практическая работа).
35. Отдаленные последствия действия ионизирующей радиации на организм (семинар).
36. Противолучевая защита организма (семинар).



## Занятие 1

### ТЕМА: ПРЕДМЕТ И ЗАДАЧИ РАДИОБИОЛОГИИ, ЕЕ МЕСТО В СИСТЕМЕ ВЫСШЕГО МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ. МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ В РАДИОБИОЛОГИИ

#### Цель:

1. Познакомиться с основными задачами и методами радиобиологии.
2. Выяснить закономерности биологического ответа на воздействие ионизирующих излучений.
3. Рассмотреть структуру радиобиологии и ее связь с другими дисциплинами.
4. Освоить некоторые методы диагностики лучевой болезни.

#### I. Самостоятельная работа во внеучебное время

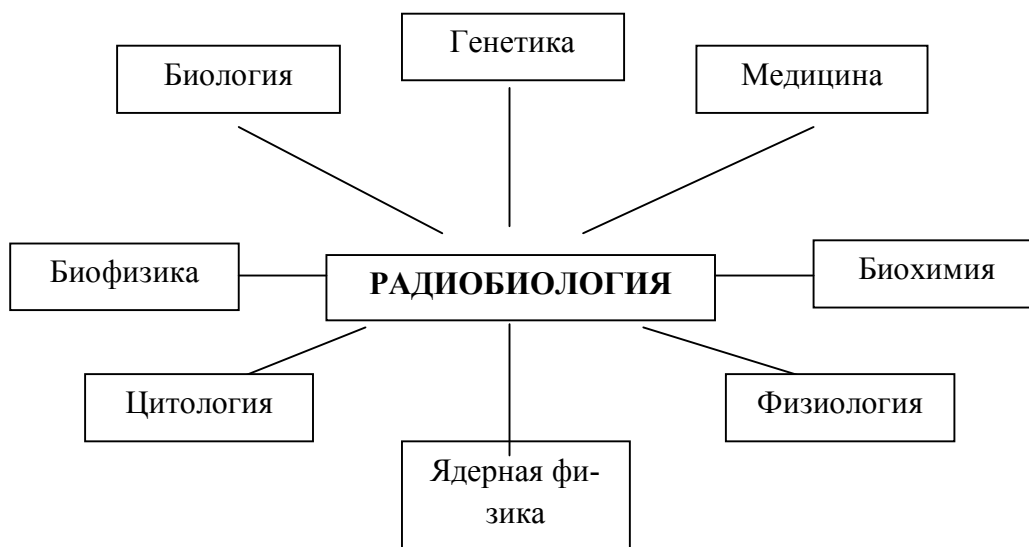
*Основные вопросы для самостоятельной подготовки:*

1. Является ли радиобиология типичной экспериментальной наукой?
2. Какова фундаментальная задача радиобиологии?
3. В чем заключается основной парадокс радиобиологии?
4. Можно ли относить к радиобиологии радиоизотопные методы исследования?
5. Какая биологическая система млекопитающих является наиболее значимой при лучевой болезни?

При рассмотрении вопросов структуры радиобиологии и ее связи с другими дисциплинами обратите внимание на схему 1-1 и схему 1-2.

Схема 1-1

#### Связь радиобиологии с другими дисциплинами



### Структура радиобиологии как комплексной дисциплины



## II. Работа на занятии

### План занятия:

1. Вводное слово преподавателя: радиобиология, ее задачи, методы, значение для медицинской науки, знакомство с планом работы на I семестр – 25 мин.
2. Морфофункциональная характеристика клеток белой крови при острой лучевой болезни – 20 мин.
3. Самостоятельная работа студентов – 60 мин.
4. Просмотр документального фильма по теме занятия – 30 мин.

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА СТУДЕНТОВ

### Работа 1. Изменение массы тела и общего состояния животных с лучевой патологией

Опыты проводятся на 3 мышах (или крысах) примерно одинакового веса. Одна из мышей предварительно за 3, а вторая за 5 дней до проведения занятия totally облучены на рентгеновской установке в дозе 6 Гр. У контрольных и подопытных мышей определяется масса тела, обращается внимание на состоя-

ние кожных покровов, слизистых глаз. Проводится наблюдение за их поведением, подвижностью.

Полученные в работе экспериментальные данные вносят в таблицу.

**Таблица 1-1**

**Таблица учета экспериментальных данных**

№ животного, день опыта	Масса, г	Состояние животного	Количество лейкоцитов
Контроль			
3-й день			
5-й день			

## **Работа 2. Определение содержания лейкоцитов в периферической крови у здорового животного и у животного с острой лучевой болезнью**

Работа проводится на двух крысах (или мышах), одна из которых предварительно за 3–5 дней до занятия была подвергнута рентгеновскому облучению в дозе 6 Гр.

Один из методов подсчета лейкоцитов – использование специальных счетных камер. Наибольшее распространение в России получила счетная камера Горяева.

Камера Горяева имеет глубину 0,1 мм, а площадь сетки – 9 мм<sup>2</sup>. Сетка разделена на 225 больших квадратов. Часть больших квадратов – через два на третий – разделена дополнительно на 16 малых квадратов. Объем камеры, соответствующий большому квадрату, равен 1/250 мм<sup>3</sup>. Перед заполнением счетной камеры необходимо к боковым полям ее плотно притереть покровное стекло. Оно притирается легким нажимом на края стекла большими пальцами правой и левой рук до появления радужных колец (кольца Ньютона). Заполнение камеры производится из меланжера через щель между средней пластинкой и покровным стеклом.

Кровь для анализа берется из предварительно обработанного спиртом и эфиром хвоста лабораторного животного. Из надреза кончика хвоста насасывают кровь с помощью резиновой груши в смеситель для белой крови до метки «0,5». Кончик смесителя тщательно обтирают от следов крови и погружают в сосуд с 3% уксусной кислотой, которую насасывают до метки «11» (кровь при этом разводится в 20 раз). Содержимое меланжера тщательно перемешивают в течение 2–3 мин путем встряхивания. Первые 2 капли жидкости из меланжера

удаляются, а затем заполняют счетную камеру Горяева, приложив меланжер с выступающей каплей к краю покровного стекла. Выждав 1–2 мин, чтобы клетки осели на дно камеры, подсчитывают их под микроскопом (окуляр х 15, объектив х 8, при опущенном конденсоре). Лейкоциты сосчитываются в 100 больших квадратах; суммарная цифра делится на 20. Таким образом, определяется общее количество лейкоцитов в Г/л, результаты вносятся в таблицу. По результатам работы делается вывод о состоянии животных.

### **Работа 3. Просмотр демонстрационных мазков с патологическими формами лейкоцитов и зарисовка последних**

Во время просмотра мазков обращают внимание на морфологию патологических форм лейкоцитов. Зарисовывают следующие патологические формы лейкоцитов:

1. Гиперсегментированные формы нейтрофильных лейкоцитов.
2. Гигантские формы лейкоцитов.
3. Микроформы лейкоцитов.
4. Лейкоциты с токсогенной зернистостью.
5. Явления пикноза, рексиса, фрагментации, лизиса со стороны ядер лейкоцитов.
6. Клетки с вакуолизацией в ядрах и цитоплазме.

При просмотре мазков студенты пользуются консультацией преподавателя, цветными рисунками, слайдами и стендами.

## **РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА**

### **ОСНОВНАЯ**

1. Бутомо Н.В., Гребенюк А.Н., Легеза В.И., Малаховский В.Н., Ушаков И.Б. Основы медицинской радиобиологии / под ред. И.Б. Ушакова. – СПб.: ООО Издательство Фолиант, 2004.
2. Цыб А.Ф., Будагов Р.С., Замулаева И.А. и др. Радиация и патология: учебное пособие / под ред. А.Ф. Цыба. – М.: Высшая школа, 2005.
3. Ярмоненко С.П., Вайнсон А.А. Радиобиология человека и животных: учебное пособие / под ред. С.П. Ярмоненко. – М.: Высшая школа, 2004.

### **ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ**

4. Абрамов М.Г. Гематологический атлас. – М.: Медицина, 1985.
5. Гольдберг Е.Д. Справочник по гематологии. – Томск: Изд-во Том. ун-та, 1989.
6. Жербин Е.А., Чухловин А.Б. Радиационная гематология. – М.: Медицина, 1989.

7. Коггл Д.Ж. Биологические эффекты радиации. – М.: Энергоатомиздат, 1986.
8. Уразова О.И., Новицкий В.В. Лабораторная диагностика гематологических синдромов и болезней: учебное пособие. – Томск: Изд-во Печатная мануфактура, 2008.

## Занятие 2

### ТЕМА: ИСТОРИЯ ОТКРЫТИЯ ПРОНИКАЮЩЕЙ РАДИАЦИИ И ВОЗНИКНОВЕНИЕ НАУКИ РАДИОБИОЛОГИИ

#### Цель:

1. Познакомиться с основными открытиями и достижениями научной деятельности В.К. Рентгена, А.А. Беккереля, М. Кюри, П. Кюри, И. Кюри, Ф. Жолио-Кюри, И.Р. Тарханова, Е.С. Лондона и др. ученых, имена которых связаны с развитием радиобиологии.

#### I. Самостоятельная работа во внеучебное время

*Основные вопросы для самостоятельной подготовки:*

1. Открытие В.К. Рентгеном X-лучей.
2. Открытие А.А. Беккерелем естественной радиоактивности.
3. Открытие М. Кюри и П. Кюри радиоактивных свойств полония и радия.
4. Открытие И. Кюри и Ф. Жолио-Кюри искусственной радиоактивности.
5. Работы И.Р. Тарханова по изучению биологического действия ионизирующих излучений.
6. Работы Е.С. Лондона, посвященные действию радия на биологические объекты.
7. Роль Л.Г. Грея в развитии радиобиологии.
8. Роль Р.М. Зиверта в развитии дозиметрии и радиационной безопасности.
9. Вклад кафедры патофизиологии СибГМУ в радиационную медицину и биологию.

*Вопросы для самоконтроля:*

1. Когда и кем были открыты X-лучи?
2. Какова природа рентгеновских лучей, в чем заключаются их свойства?
3. Какова была реакция обывателей и прессы на сенсационное открытие В.К. Рентгена?
4. Как использует медицина и биология рентгеновское излучение?
5. Что Вы знаете об А.А. Беккереле? Как произошло открытие явления естественной радиоактивности?
6. Что Вы знаете о М. Кюри и П. Кюри? Как произошло открытие радиоактивных элементов полония и радия?
7. Что Вы знаете о И. Кюри и Ф. Жолио-Кюри? Как произошло открытие искусственной радиоактивности?
8. В чем состоит значение открытия искусственной радиоактивности для биологии и медицины?
9. Что Вы знаете о научной деятельности И.Р. Тарханова?

10. Что Вы знаете о научной деятельности Е.С. Лондона?
11. Какова роль лауреата премии им. В.К. Рентгена Л.Г. Грея в развитии радиобиологии?
12. Какова роль Р.М. Зиверта в развитии клинической дозиметрии и радиационной безопасности?
13. Что Вы знаете о вкладе томской школы патофизиологов в развитие радиобиологии?
14. Знаете ли Вы основные радиационные величины и их эпонимы?

## **ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ**

Выберите один или несколько правильных ответов.

### **1. X-ЛУЧИ БЫЛИ ОТКРЫТЫ**

- 1) в 1901
- 2) в 1896
- 3) в 1895
- 4) в 1898
- 5) в 1906

### **2. X-ЛУЧИ ОТКРЫТЫ**

- 1) А. Беккерелем
- 2) А. Иоффе
- 3) П. Кюри
- 4) В. Рентгеном
- 5) М. Складовской-Кюри

### **3. ЯВЛЕНИЕ ЕСТЕСТВЕННОЙ РАДИОАКТИВНОСТИ ОТКРЫТО**

- 1) П. Кюри
- 2) Ф. Дессауэром
- 3) А. Беккерелем
- 4) Е. Лондоном
- 5) М. Складовской-Кюри

### **4. ЯВЛЕНИЕ ЕСТЕСТВЕННОЙ РАДИОАКТИВНОСТИ БЫЛО ОТКРЫТО**

- 1) в 1895
- 2) в 1896
- 3) в 1903
- 4) в 1908
- 5) в 1912

### **5. РАДИЙ И ПОЛОНИЙ БЫЛИ ОТКРЫТЫ**

- 1) в 1893
- 2) в 1898
- 3) в 1930
- 4) в 1990
- 5) в 2000

## 6. РАДИЙ И ПОЛОНИЙ ОТКРЫТЫ

- 1) Л. Гальвани
- 2) А. Вольтом
- 3) М. и П. Кюри
- 4) М. Планком
- 5) Д. Менделеевым

## 7. ИСКУССТВЕННАЯ РАДИОАКТИВНОСТЬ ОТКРЫТА

- 1) Г. Альберс-Шонбергом
- 2) А. Иоффе
- 3) Э. Резерфордом
- 4) И. и Ф. Жолио-Кюри
- 5) И. Тархановым

## 8. ЯВЛЕНИЕ ИСКУССТВЕННОЙ РАДИОАКТИВНОСТИ БЫЛО ОТКРЫТО

- 1) в 1830
- 2) в 1900
- 3) в 1922
- 4) в 1934
- 5) в 1945

## 9. ЗАКОН БЕРГОНЬЕ И ТРИБОНДО ГЛАСИТ

- 1) наиболее радиочувствительны зрелые клетки
- 2) наиболее радиочувствительны редко делящиеся клетки
- 3) наиболее радиочувствительны менее дифференцированные и активно делящиеся клетки
- 4) наиболее радиочувствительны клетки ЦНС
- 5) наиболее радиочувствительны клетки костного мозга

## II. Работа на занятии

### *План занятия:*

1. Вводное слово преподавателя о цели и порядке проведения занятия – 10 мин.
2. Заслушивание реферативных сообщений по теме занятия и обсуждение их содержания – 110 мин.
3. Заключительное слово преподавателя – 15 мин.

## РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

### ОСНОВНАЯ:

1. Бутомо Н.В., Гребенюк А.Н., Легеза В.И., Малаховский В.Н., Ушаков И.Б. Основы медицинской радиобиологии / под ред. И.Б. Ушакова. – СПб.: ООО Издательство Фолиант, 2004.
2. Цыб А.Ф., Будагов Р.С., Замулаева И.А. и др. Радиация и патология: учебное пособие / под ред. А.Ф. Цыба. – М.: Высшая школа, 2005.



3. Ярмоненко С.П., Вайнсон А.А. Радиобиология человека и животных: учебное пособие / под ред. С.П. Ярмоненко. – М.: Высшая школа, 2004.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ:

4. Королюк И.П. 100 лет открытия рентгеновских лучей. – Самара, 1995.

5. Кюри Е. Мария Кюри. – М.: Атомиздат, 1976.

## Занятие 3

### ТЕМА: ОСНОВЫ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ В РАДИОБИОЛОГИИ

#### Цель:

1. Обсудить основные характеристики ионизирующих излучений.
2. Разобрать основные виды взаимодействия ионизирующих излучений с веществом и методы защиты от излучений.
3. Познакомиться с основными физическими величинами, используемыми в радиобиологии, и единицами их измерения.

#### I. Самостоятельная работа во внеучебное время

*Основные вопросы для самостоятельной подготовки:*

1. Источники ионизирующих излучений. Естественные и искусственные радионуклиды.
2. Радиоактивные излучения и радиоактивный распад.
3. Радиоактивность. Основной закон радиоактивного распада.
4. Виды, основные физические характеристики и свойства ионизирующих излучений.
5. Взаимодействие ионизирующих излучений с веществом. Закономерности ослабления первичных потоков радиации.
6. Методы защиты от ионизирующих излучений.
7. Единицы измерения физических величин, применяемых для количественной характеристики воздействия ионизирующих излучений.

*Вопросы для самоконтроля:*

1. В чем суть представлений о строении атома в модели Резерфорда-Бора?
2. Как характеризуются низко- и высокоэнергетические уровни в атоме, процессы возбуждения и ионизации атома? Нарисуйте схему электронных переходов в атоме.
3. Какие излучения относят к ионизирующим и почему?
4. Какие источники ионизирующих излучений Вы знаете? Назовите основные радиоактивные семейства Земли.
5. Какие виды радиоактивного излучения относятся к основным? Чем сопровождаются эти излучения?
6. Что называют радиоактивностью? В чем смысл основного закона радиоактивного распада? Что такое период полураспада радиоактивного вещества?
7. Что называют активностью радиоактивного вещества? В чем измеряется активность радионуклидов? Какое соотношение имеется между активностью и дозой, создаваемой источником  $\gamma$ -излучения?
8. Как классифицируются и характеризуются ионизирующие излучения?

9. Какие физические характеристики используют для определения потока ионизирующей радиации (квантовые и корпускулярные свойства, поток, энергетический спектр)?
10. Как подразделяются различные виды ионизирующих излучений по проникающей способности? Каков пробег и путь частиц в воздухе и веществе?
11. Как характеризуются редко- и плотноионизирующие виды излучения по критерию линейной передачи энергии (ЛПЭ) и линейной плотности ионизации (ЛПИ)?
12. Как зависит показатель ЛПЭ от скорости и заряда частицы?
13. Для каких видов излучений существует пик Брэгга? Какова его физическая природа?
14. Какие основные типы взаимодействия  $\gamma$ -излучения с веществом и механизмы ионизации атомов вещества существуют?
15. Каковы закономерности ослабления потока  $\gamma$ -излучения в веществе и в чем заключается принцип выбора защитных материалов от  $\gamma$ -излучения?
16. Какие существуют виды взаимодействия  $\beta$ -излучения с веществом?
17. Каковы закономерности ослабления в веществе потоков  $\beta$ -излучения (электронов) со сплошным и моноэнергетическим спектром? Что можно использовать в качестве защитного материала от  $\beta$ -излучений?
18. Какие потери энергии в веществе называются радиационными? Как возникает тормозное излучение и аннигиляция?
19. Как взаимодействуют  $\alpha$ -частицы и тяжелые заряженные частицы с веществом? Какие защитные материалы можно использовать от  $\alpha$ -излучений?
20. Как классифицируются нейтроны? Какие виды взаимодействия нейтронов с веществом выделяют?
21. Что подразумевают под «наведенной радиоактивностью»? Как объяснить физическую природу этого состояния?
22. Какова проникающая способность нейтронов и принцип выбора защитных материалов?
23. Что понимают под экспозиционной дозой? В чем она измеряется?
24. Что понимают под поглощенной дозой? Каковы единицы ее измерения?
25. Для чего введено понятие эквивалентной дозы излучения, эффективной эквивалентной дозы, коллективной эффективной эквивалентной дозы?
26. Как определить эквивалентную дозу? Какие взвешивающие коэффициенты учитывают при расчете доз?
27. Что понимают под определением «мощность дозы»? Какое значение имеет мощность дозы для конечного биологического эффекта облучения?

## II. Работа на занятии

План занятия:

1. Вводное слово преподавателя о целях изучения основ ядерной физики в радиобиологии и порядке работы на занятии – 5 мин.
2. Программ-контроль по разделу «Основные физические величины, используемые в радиобиологии, и единицы их измерения» – 20 мин.
3. Разбор теоретического материала – 90 мин.
4. Решение ситуационных задач – 20 мин.

### ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА СТУДЕНТОВ

При определении биологической эффективности того или иного действия ионизирующего излучения используют коэффициент качества (КК). КК зависит от интервала значений ЛПЭ и от того, какой орган или часть тела подвергается облучению. Коэффициент, предназначенный для учета ЛПЭ, называется взвешивающий коэффициент для отдельных видов ионизирующих излучений – **WR**. Коэффициент, учитывающий радиочувствительность всего тела человека, отдельных органов и тканей, называется взвешивающий коэффициент для органа или ткани – **WT**.

Таблица 3-1

Значения **WR** при расчете эквивалентной дозы

Ионизирующие излучения	WR
Фотоны любых энергий	1
Электроны и мюоны любых энергий	1
Нейтроны с энергией менее 10 кэВ	5
от 10 кэВ до 100 кэВ	10
от 100 кэВ до 2 МэВ	20
от 2 МэВ до 20 МэВ	10
более 20 МэВ	5
Протоны с энергиями более 2 МэВ, кроме протонов отдачи	5
Альфа-частицы, осколки деления, тяжелые ядра	20

## Значения WT при расчете эффективной дозы

Органы и ткани	WT	Органы и ткани	WT
Гонады	0,20	Печень	0,05
Костный мозг (красный)	0,12	Пищевод	0,05
Тонкая кишка	0,12	Щитовидная железа	0,05
Легкие	0,12	Кожа	0,01
Желудок	0,12	Клетки костных поверхностей	0,01
Мочевой пузырь	0,05	Остальное	0,05
Грудная железа	0,05		

## СИТУАЦИОННЫЕ ЗАДАЧИ

**Задача 1.** Рассчитайте поглощенную и эквивалентную дозы от смешанного источника излучения, если известны данные:

$\gamma$ -излучения – 0,01 Гр;

$\beta$ -излучения – 0,1 Гр;

$\alpha$ -излучения – 0,01 Гр;

быстрые нейтроны – 0,01 Гр.

**Задача 2.** У 4 пациентов опухоли различных локализаций облучали в дозе 0,05 Гр. У первого –  $\gamma$ -излучением, у второго – быстрыми нейтронами, у третьего –  $\alpha$ -лучами. Рассчитайте эквивалентную дозу в каждом случае лучевой терапии. Для каких локализаций опухолей возможно применение каждого вида излучений?

**Задача 3.** Определите величину экспозиционной дозы от точечного источника  $^{131}\text{I}$  активностью 2 мКи, полученную за 6 часов работы на расстоянии 50 см от источника. Известно, что  $K_{\gamma} \text{ } ^{131}\text{I} = 2,3$ .

**Задача 4.** На рабочем месте имеется радиоактивный препарат  $^{60}\text{Co}$  активностью 10 мг-экв радия. Какую дозу получит человек, работающий на расстоянии 0.5 м, за 6 дней, если работает он по 30 минут ежедневно?

Общая формула, связывающая величину экспозиционной дозы излучения  $D$  с активностью препарата  $A$ , представлена следующим выражением:

$$D = \frac{A \cdot t \cdot K_{\gamma}}{R^2}, \text{ где}$$

$A$  – активность, выражается в мКи;  $t$  – время облучения – в часах;  $K_{\gamma}$  –  $\gamma$ -постоянная данного изотопа – в Р/ч;  $R$  – расстояние от источника излучения до измеряемого объекта в см. При этом доза измерения выражается в рентгенах. Ионизационная гамма-постоянная радионуклида  $K_{\gamma}$  – это мощность экспозици-

онной дозы в Р/ч, создаваемой точечным изотопным источником гамма-излучения активностью 1 мКи на расстоянии 1 см.

## РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

### ОСНОВНАЯ

1. Бутомо Н.В., Гребенюк А.Н., Легеза В.И., Малаховский В.Н., Ушаков И.Б. Основы медицинской радиобиологии / под ред. И.Б. Ушакова. – СПб.: ООО Издательство Фолиант, 2004.
2. Кудряшов Ю.Б. Радиационная биофизика (ионизирующее излучение) / под ред. В.К. Мазурика, М.Ф. Ломанова. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2004.
3. Цыб А.Ф., Будагов Р.С., Замулаева И.А. и др. Радиация и патология: учебное пособие / под ред. А.Ф. Цыба. – М.: Высшая школа, 2005.
4. Ремизов А.Н., Максина А.Г., Потапенко А.Я. Медицинская и биологическая физика: учебник для ВУЗов. – 4-е изд., перераб. и дополн. – М.: Дрофа, 2003.
5. Ярмоненко С.П., Вайнсон А.А. Радиобиология человека и животных: учебное пособие / под ред. С.П. Ярмоненко. – М.: Высшая школа, 2004.

### ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ

6. Матюхин В.А., Разумов А.Н. Экологическая физиология и радиационный фактор. – М.: Медицина, 2003.
7. Кудряшов Ю.Б., Петров Ю.Ф., Рубин А.Б. Радиационная биофизика: радиочастотные и микроволновые электромагнитные излучения. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008.
8. Савельев И.В. Курс общей физики. Т. 5. Квантовая оптика. Атомная физика. Физика твердого тела. Физика атомного ядра и элементарных частиц. – М.: "Аст-Пресс", 2005.

## Занятие 4

### ТЕМА: ДОЗИМЕТРИЯ И РАДИОМЕТРИЯ ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ

#### Цель:

1. Познакомиться с методами физической, химической и биологической дозиметрии.
2. Разобрать основные схемы, устройство и принцип работы приборов, предназначенных для регистрации ионизирующих излучений.
3. Освоить один из методов физической дозиметрии ионизирующих излучений.

#### I. Самостоятельная работа во внеучебное время

*Основные вопросы для самостоятельной подготовки и самоконтроля:*

1. Физические и химические методы дозиметрии.
2. Ионизационная камера – устройство, принцип работы, основные характеристики, области применения.
3. Сцинтилляционные счетчики – устройство, принцип работы, основные характеристики, преимущества перед другими дозиметрическими приборами.
4. Биологические методы дозиметрии.

*Вопросы для самоконтроля:*

1. Каковы задачи дозиметрии и радиометрии? Какие методы позволяют количественно оценить дозу излучения?
2. Какие эффекты лежат в основе физической и химической дозиметрии?
3. Что означает доза ионизирующего излучения? В каких единицах получают результат при дозиметрии и радиометрии?
4. Какие основные методы биологической дозиметрии (биоиндикации) выделяют?
5. Какие из методов биологической дозиметрии позволяют оценить дозу облучения в ближайшие сроки после облучения, а какие – в отдаленные?
6. Каково устройство и принцип работы ионизационной камеры?
7. Как получают кривую зависимости силы тока от напряжения для ионизационной камеры (вольт-амперную характеристику)? В чем заключается физический смысл отдельных участков вольт-амперной характеристики?
8. Как подразделяются ионизационные камеры в зависимости от области их применения?
9. Каково устройство и принцип работы счетчика Гейгера-Мюллера?
10. Что Вы знаете об основных характеристиках счетчика Гейгера-Мюллера: эффективности счета, «мертвом времени», рабочей характеристике, области применения?

11. Каково устройство и принцип работы сцинтилляционных счетчиков? Какие виды сцинтилляторов существуют?
12. В чем состоят преимущества сцинтилляционных счетчиков перед другими радиометрическими приборами?
13. Для чего предназначены газовые и сцинтилляционные приборы?

## **II. Работа на занятии**

*План занятия:*

1. Реферативные доклады и их обсуждение – 45 мин.
2. Изучение устройства приборов, предназначенных для регистрации ионизирующих излучений – 20 мин.
3. Вводное слово преподавателя о целях и порядке выполнения практической работы – 10 мин.
4. Знакомство с методикой выполнения работы – 10 мин.
5. Выполнение экспериментальной работы – 40 мин.
6. Обсуждение результатов исследования – 10 мин.

## **ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА СТУДЕНТОВ**

### **Работа 1. Определение активности сыпучих тел.**

*Аппаратура для занятия и реактивы:*

1. Радиометр.
2. Кювета для образцов.
3. Измеряемые образцы.
4. Эталонный образец.

С задачей определения активности сыпучих тел сталкиваются при измерении зараженности почвы радиоактивными веществами, в геологии для выяснения активности проб песков, в химических лабораториях, занятых проблемами обогащения руд. Трудность решения задачи заключается в том, что активность определяемых веществ незначительна.

В нашем случае детектором излучения является галогенный счетчик типа СТС-6. Он вставляется в середину цилиндрической кассеты, заполненной исследуемым веществом, после чего определяется активность пробы по суммарному эффекту от  $\beta$ - и  $\gamma$ -лучей. Ввиду значительной толщины стенок счетчика  $\alpha$ -частицы в него не попадают.

Остановимся на методике отбора проб и подготовки их к радиометрированию. С целью определить, например, активность почвы, вызванную выпадением из атмосферы продуктов деления, полученных в результате испытаний ядерных устройств, берется ряд проб. Пробы берутся с открытого ровного и несколько возвышенного участка.

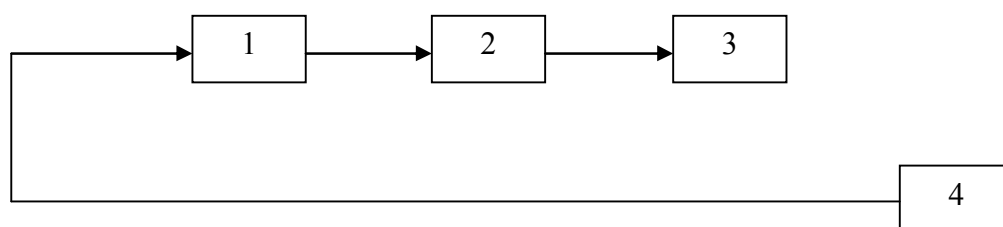


Верхний слой земли толщиной 7 см снимается небольшими четырехугольными пластинами вместе с дерном с площади 0,5 м<sup>2</sup>. Перед началом обработки пластины складываются растительностью вверх таким образом, чтобы получился четырехугольник, площадь которого измеряется. Толщина пласта доводится до 5 см срезанием нижнего слоя. Далее земля высушивается в шкафу при 200°С 10–12 ч. Воздушно-сухая проба просеивается через сито, с диаметром отверстий 1–2 мм. Из просеянной части почвы отбирается для анализа средняя проба весом от 1 до 4 кг.

Обработка проб начинается со сжигания органической части, которое может быть проведено сухим или мокрым способом. При сухом сжигании пробу осторожно прокаливают при температуре 400°С в течение нескольких часов до полного удаления органических веществ. Пробы, где содержание последних незначительно, прокаливают при температуре до 200°С.

Важнейшим этапом при определении активности является градуировка аппаратуры. Эталонные источники в данном случае должны иметь активность и энергию излучений, близкие к предполагаемым характеристикам проб. В связи с этим часто в качестве эталона используется соль КСl, содержащая радиоактивный изотоп <sup>40</sup>K. Активность соли равна  $2,87 \cdot 10^{-7}$  Ки/мг.

Таким образом, задача сводится к определению активности неизвестных проб по методике сравнения с известной. Использование в качестве эталонного образца этой соли оправдано также тем, что в почве довольно широко распространен калий в различных соединениях.



**Рис. 4-1. Блок-схема регистрации излучения**

1. Детектор излучения (счетчик СТС-6).
2. Выносной блок пересчетной установки.
3. Пересчетная установка.
4. Блок высокого напряжения.

После подогрева установки на счетчик подается напряжение +390В и определяется скорость счета от фона. Время измерений уровня фона должно составлять не менее 10 мин. После этого кассета вместе со счетчиком снимается с подставки, засыпается прокаленная соль КСl; кассета и счетчик снова устанавливаются в держатель, включается пересчетка и определяется скорость счета от соли. Кассета должна быть заполнена до краев. После обсчета соль взвешивается.

Во время этих операций напряжение со счетчика снимать нельзя. Необходимо быть очень внимательным, чтобы не коснуться электрода высокого напряжения. После обсчета пробы соли в кассету засыпаются пробы неизвестной активности, определяются скорости счета от них и взвешиваются. Время измерений должно быть такое, чтобы статистическая ошибка измерений составляла меньше 1 %. Эта ошибка возникает вследствие статистического характера явлений радиоактивного распада. Уравнение для ее определения имеет вид:

$$\sigma = \frac{1}{\sqrt{n}}, \text{ где}$$

$n$  – число зарегистрированных распадов (импульсов пересчетки). Таким образом, чтобы погрешность не превышала 1 % ( $\sigma = 0,01$ ), должно быть

$$n > \frac{1}{\sigma^2} = \frac{1}{(0,01)^2} = 10,000 \text{ имп.}$$

Результаты измерений сводят в таблицу.

**Таблица 4-1**

**Таблица учета измерений**

Наименование вещества	Время измерений	Скорость счета	Истинная скорость счета	Скорость счета с поправкой на фон	Вес пробы	Активность
		$N$	$N_1$			

При большой загрузке детектора из-за времени он не может реагировать на все импульсы и часть их остается не зафиксированной. Поэтому истинная скорость счета будет отлична от зарегистрированной и связана с последней выражением:

$$N_1 = \frac{N}{1 - N \cdot \tau}, \text{ где}$$

$\tau$  – разрешающее время счетчика. Для счетчика Гейгера-Мюллера оно равно  $3 \cdot 10^{-4}$  с. Следует отметить, что поправка на разрешающее время не вводится до скоростей счета примерно в 100 имп/с.

Активность исследуемой пробы определяется через выражение:

$$\theta = \beta \cdot \frac{N_{0X}}{m_X} \text{ Ки/кг}, \text{ где}$$

$m_X$  – вес пробы;  $\beta$  – постоянная кюветы.

$$\theta = \frac{m_{KCl} \cdot \theta_{KCl}}{N_{0KCl}} \cdot \frac{N_{0X}}{m_X}$$

$$\beta = \frac{m_{KCl} \cdot \theta_{KCl}}{N_{0KCl}}$$

*Ход определения:*

1. Ознакомиться с поставленной задачей.
2. Разобраться в принципе работы счетчика, пересчетки, порядке включения прибора. Включить на прогрев.
3. Измерить уровень фона.
4. Получить у преподавателя соль и исследуемые пробы.
5. Определить скорость счета от соли и взвесить ее.
6. Повторить определения, следуя п. 5 с неизвестными пробами.
7. Определить постоянную кюветы  $\beta$ .
8. Определить активность проб и значения занести в таблицу.

*Техника безопасности:*

1. Не прикасаться к аноду (+390 В) счетчика. Снимать счетчик осторожно, поддерживая за кювету.
2. При заполнении кюветы песком пользоваться воронками. Не рассыпать и не распылять песок.
3. После работы вымыть руки.
4. Очистить рабочее место.

## **Работа 2. Определение радиационной обстановки на местности, в рабочих и жилых помещениях.**

*Аппаратура для занятия:*

1. Индикатор радиоактивности «Радэкс» РД 1503+.
2. Дозиметр бытовой «Мастер-1».

*Ход определения:*

1. Ознакомиться с поставленной задачей и принципом работы индикатора радиоактивности и дозиметра.

2. Включить дозиметр бытовой «Мастер-1» и провести измерение мощности эквивалентной дозы в учебной комнате. Занести полученные результаты в рабочую тетрадь.
3. С помощью индикатора радиоактивности «Радэкс» провести измерения и оценку фонового значения мощности экспозиционной/эквивалентной дозы в помещениях и на открытой местности.

*Примечание:*

- Измерения на открытой местности проводят в режиме «Фон» не менее чем в 5 точках, расположенных на расстоянии от 30 до 100 метров от существующих зданий и сооружений и не ближе 20 м друг от друга.
  - Оценку мощности дозы в учебной и рабочих комнатах (моечная, виварий) проводят в режиме «Наблюдение».
4. Результаты измерений сводят в таблицу.

**Таблица 4-2**

**Таблица учета измерений мощности дозы**

Единицы измерения	Мощность дозы				
	Открытая местность	Каб. №5	Каб. №2	моечная	виварий
мкр/час					
мЗв/час					

#### РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

##### ОСНОВНАЯ

1. Бутомо Н.В., Гребенюк А.Н., Легеза В.И., Малаховский В.Н., Ушаков И.Б. Основы медицинской радиобиологии / под ред. И.Б. Ушакова. – СПб.: ООО Издательство Фолиант, 2004.
2. Кудряшов Ю.Б. Радиационная биофизика (ионизирующее излучение) / под ред. В.К. Мазурика, М.Ф. Ломанова. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2004.
3. Кудряшов Ю.Б., Петров Ю.Ф., Рубин А.Б. Радиационная биофизика: радиочастотные и микроволновые электромагнитные излучения. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008.
4. Цыб А.Ф., Будагов Р.С., Замулаева И.А. и др. Радиация и патология: учебное пособие / под ред. А.Ф. Цыба. – М.: Высшая школа, 2005.
5. Ремизов А.Н., Максина А.Г., Потапенко А.Я. Медицинская и биологическая физика: учебник для ВУЗов. – 4-е изд., перераб. и дополн. – М.: Дрофа, 2003.

6. Ярмоненко С.П., Вайнсон А.А. Радиобиология человека и животных: учебное пособие / под ред. С.П. Ярмоненко. – М.: Высшая школа, 2004.

#### ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ

7. Матюхин В.А., Разумов А.Н. Экологическая физиология и радиационный фактор. – М.: Медицина, 2003.
8. Кудряшов Ю.Б., Петров Ю.Ф., Рубин А.Б. Радиационная биофизика: радиочастотные и микроволновые электромагнитные излучения. ФИЗМАТЛИТ, 2008.
9. Савельев И.В. Курс общей физики. Т. 5. Квантовая оптика. Атомная физика. Физика твердого тела. Физика атомного ядра и элементарных частиц. – М., "Аст-Пресс", 2005.

## Занятие 5

### ТЕМА: ОСНОВЫ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ В РАДИОБИОЛОГИИ. ДОЗИМЕТРИЯ И РАДИОМЕТРИЯ ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ

#### Цель:

1. Контроль знаний студентов.

#### I. Самостоятельная работа во внеучебное время

*Основные вопросы для самостоятельной подготовки и самоконтроля (см. занятия 3, 4).*

### ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ

Выберите один или несколько правильных ответов

1. ЗАРЯД ЯДРА И ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЭЛЕМЕНТОВ ОПРЕДЕЛЯЮТСЯ ЧИСЛОМ

- 1) электронов
- 2) нейтронов
- 3) позитронов
- 4) протонов
- 5) нейтрино

2. К ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫМ ВИДАМ ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ ОТНОСЯТ

- 1)  $\alpha$ -излучение
- 2)  $\beta$ -излучение
- 3) рентгеновского излучение
- 4) нейтронное излучение
- 5) протонное излучение

3. В СИСТЕМЕ СИ ЕДИНИЦЕЙ РАДИОАКТИВНОСТИ ЯВЛЯЕТСЯ

- 1) Зиверт
- 2) Беккерель
- 3) Рентген
- 4) Грей
- 5) Кюри

4. В РЕНТГЕНАХ ИЗМЕРЯЕТСЯ ДОЗА

- 1) поглощенная
- 2) эффективная
- 3) экспозиционная
- 4) эквивалентная
- 5) эффективная эквивалентная

5.  $\alpha$ -ИЗЛУЧЕНИЕ ЭТО

- 1) поток электронов
- 2) поток нейтронов

- 3) ядра водорода
- 4) ядра гелия
- 5) ядра тяжелых элементов

**6. ЭФФЕКТ КОМПТОНА ХАРАКТЕРЕН ДЛЯ**

- 1)  $\alpha$ -излучения
- 2)  $\beta$ -излучения
- 3)  $\gamma$ -излучения
- 4) нейтронного излучения
- 5) протонного излучения

**7. ДЛЯ ЗАЩИТЫ ОТ  $\beta$ -ИЗЛУЧЕНИЯ МОГУТ БЫТЬ ИСПОЛЬЗОВАНЫ**

- 1) свинец
- 2) легкие металлы
- 3) тяжелые металлы
- 4) бумага
- 5) ткань (одежда)

**8. В МЗВ/ГОД ИЗМЕРЯЕТСЯ**

- 1) мощность поглощенной дозы
- 2) мощность эквивалентной дозы
- 3) мощность эффективной дозы
- 4) экспозиционная доза
- 5) коллективная доза

**9. ДЛЯ БИОИНДИКАЦИИ ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ ИСПОЛЬЗУЮТ СЛЕДУЮЩИЕ МЕТОДЫ**

- 1) ЭПР эмали зубов
- 2) подсчет числа хромосомных aberrаций
- 3) биохимические методы исследования сыворотки крови
- 4) гематологические методы исследования крови (подсчет числа эритроцитов)
- 5) гематологические методы исследования крови (подсчет числа лейкоцитов)

**10. НАИБОЛЕЕ ЭФФЕКТИВНО ЗАЩИЩАЮТ ОТ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ИЗЛУЧЕНИЙ МАТЕРИАЛЫ, СОДЕРЖАЩИЕ**

- 1) водород
- 2) кислород
- 3) бор
- 4) свинец
- 5) алюминий

**11. ВЗВЕШИВАЮЩИЙ КОЭФФИЦИЕНТ РАВНЫЙ 20 ХАРАКТЕРЕН ДЛЯ**

- 1) для фотонов
- 2) для электронов и мюонов
- 3) для нейтронов с энергией более 20 МэВ
- 4) для протонов
- 5) для альфа- частиц

## 12. ДЛЯ ЗАЩИТЫ ОТ БЫСТРЫХ НЕЙТРОНОВ ИСПОЛЬЗУЮТ СЛЕДУЮЩИЕ МАТЕРИАЛЫ

- 1) водородсодержащие элементы
- 2) медь
- 3) железо
- 4) свинец
- 5) дерево

## 13. МОЩНОСТЬ ДОЗЫ ИЗЛУЧЕНИЯ ИЗМЕРЯЕТСЯ

- 1) Ки
- 2) Кл/кг
- 3) бэр
- 4) Р/с
- 5) Зв

## II. Работа на занятии

### *План занятия:*

1. Вступительное слово преподавателя о целях и порядке проведения занятия – 5 мин.
2. Контроль знаний в ходе зачетного занятия – 130 мин.

## РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

### ОСНОВНАЯ

1. Основы медицинской радиобиологии / Н.В. Бутомо, А.Н. Гребенюк, В.И. Легеза и др.; под ред. И.Б. Ушакова. – СПб.: ООО Издательство Фолиант, 2004.
2. Кудряшов Ю.Б. Радиационная биофизика (ионизирующее излучение) / под ред. В.К. Мазурика, М.Ф. Ломанова. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2004.
3. Кудряшов Ю.Б., Петров Ю.Ф., Рубин А.Б. Радиационная биофизика: радиочастотные и микроволновые электромагнитные излучения. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008.
4. Цыб А.Ф., Будагов Р.С., Замулаева И.А. и др. Радиация и патология: учебное пособие / под ред. А.Ф. Цыба. – М.: Высшая школа, 2005.
5. Ремизов А.Н., Максина А.Г., Потапенко А.Я. Медицинская и биологическая физика: учебник для ВУЗов. – 4-е изд., перераб. и дополн. – М.: Дрофа, 2003.
6. Ярмоненко С.П., Вайнсон А.А. Радиобиология человека и животных: учебное пособие / под ред. С.П. Ярмоненко. – М.: Высшая школа, 2004.

### ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ

7. Максимов М.Т., Оджагов Г.О. Радиоактивные загрязнения и их измерение. – М.: Энергоатомиздат, 1989.
8. Матюхин В.А., Разумов А.Н. Экологическая физиология и радиационный фактор. – М.: Медицина, 2003.



9. Пак В.В., Лысенко Н.П., Рогожина Л.В. и др. Практикум по радиобиологии. – М., «Колосс», 2007.
10. Савельев И.В. Курс общей физики. – Т. 5. Квантовая оптика. Атомная физика. Физика твердого тела. Физика атомного ядра и элементарных частиц. – М.: "Аст-Пресс", 2005.
11. Терновой С.К., Сеницын В.Е. Лучевая диагностика и терапия: учебное пособие. –М.: ГЭОТАР-Медиа, 2009.

## **Занятие 6**

### **ТЕМА: ОСНОВЫ РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ**

#### **Цель:**

1. Контроль знаний студентов.

#### **I. Самостоятельная работа во внеучебное время**

*Основные вопросы для самостоятельной подготовки:*

1. Источники облучения человека.
2. Медицинские последствия радиационных аварий.
3. Научные основы регламентации облучения человека.

*Вопросы для самоконтроля:*

1. Какие существуют естественные источники радиации?
2. Как формируется технологически измененный радиационный фон?
3. Чем характеризуется газ радон и продукты его распада? Каков вклад радона в годовую индивидуальную эффективную эквивалентную дозу для населения?
4. Какие источники радиации используются в медицине?
5. Какие искусственные источники облучения человека существуют?
6. Каковы возможные медицинские последствия радиационных аварий?
7. Что Вы знаете о последствиях аварии на Чернобыльской атомной электростанции (ЧАЭС)?
8. В чем заключается международная деятельность в области радиационной защиты?
9. Как осуществляется регламентация радиационного воздействия в России?
10. Каковы категории облучаемых лиц и дозовые пределы?
11. Каково соотношение между вероятностью последствий облучения и риском, обусловленным нерадиационными факторами?
12. Что понимают под детерминированными эффектами облучения?
13. Что такое стохастические эффекты облучения?

#### **II. Работа на занятии**

*План занятия:*

1. Вводное слово преподавателя о цели и порядке проведения занятия – 10 мин.
2. Реферативные сообщения по теме занятия – 50 мин.
3. Проверка знаний студентов по теме занятия – 60 мин.
4. Заключительное слово преподавателя – 15 мин.

## ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ

Выберите один или несколько правильных ответов.

1. ДОЛЯ ИСКУССТВЕННОГО РАДИАЦИОННОГО ФОНА СОСТАВЛЯЕТ
  - 1) 1%
  - 2) 5%
  - 3) 10%
  - 4) 30%
  - 5) 70%
2. ГЛАВНЫЕ РАДИОНУКЛИДЫ, ВСТРЕЧАЮЩИЕСЯ В ЗЕМЛЕ
  - 1) калий-40
  - 2) тритий
  - 3) углерод-14
  - 4) фосфор-32
  - 5) йод-131
3. ЭФФЕКТИВНАЯ ДОЗА ЗА ГОД ДЛЯ ПЕРСОНАЛА НЕ ДОЛЖНА ПРЕВЫШАТЬ
  - 1) 10 мЗв/год
  - 2) 15 мЗв/год
  - 3) 20 мЗв/год
  - 4) 30 мЗв/год
  - 5) 50 мЗв/год
4. ЭФФЕКТИВНАЯ ДОЗА ЗА ГОД ДЛЯ НАСЕЛЕНИЯ НЕ ДОЛЖНА ПРЕВЫШАТЬ
  - 1) 1 мЗв/год
  - 2) 5 мЗв/год
  - 3) 7 мЗв/год
  - 4) 10 мЗв/год
  - 5) 15 мЗв/год
5. ЭФФЕКТИВНАЯ ДОЗА ДЛЯ ПЕРСОНАЛА НЕ ДОЛЖНА ПРЕВЫШАТЬ ЗА ПЕРИОД ТРУДОВОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ (50 ЛЕТ)
  - 1) 200 мЗв
  - 2) 400 мЗв
  - 3) 600 мЗв
  - 4) 800 мЗв
  - 5) 1000 мЗв
6. ЭФФЕКТИВНАЯ ДОЗА ДЛЯ НАСЕЛЕНИЯ НЕ ДОЛЖНА ПРЕВЫШАТЬ ЗА ПЕРИОД ЖИЗНИ (70 ЛЕТ)
  - 1) 10 мЗв
  - 2) 30 мЗв
  - 3) 70 мЗв
  - 4) 100 мЗв
  - 5) 120 мЗв

## 7. ВЗВЕШИВАЮЩИЙ КОЭФФИЦИЕНТ ДЛЯ ГОНАД РАВЕН

- 1) 0,50
- 2) 1,00
- 3) 0,20
- 4) 0,01
- 5) 0,05

## 8. ВЗВЕШИВАЮЩИЙ КОЭФФИЦИЕНТ ДЛЯ КРАСНОГО КОСТНОГО МОЗГА РАВЕН

- 1) 0,12
- 2) 0,18
- 3) 0,35
- 4) 0,40
- 5) 0,50

## 9. В РОССИИ ОСНОВНЫМИ РЕГЛАМЕНТИРУЮЩИМИ ДОКУМЕНТАМИ ТЕХНОГЕННОГО ОБЛУЧЕНИЯ ЯВЛЯЮТСЯ

- 1) Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ-99)
- 2) Основные пределы доз (ОПД)
- 3) Нормы радиационной безопасности (НРБ-99)
- 4) Федеральный закон «О радиационной безопасности населения» (ФЗ № 3 от 09.01.1996 г.)
- 5) Федеральный закон «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» (ФЗ №52 от 30.03.1999 г.)

## РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

### ОСНОВНАЯ

1. Акиев Р.М., Атаев А.Г., Багненко С.С. Лучевая диагностика: – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2007.
2. Бутомо Н.В., Гребенюк А.Н., Легеза В.И., Малаховский В.Н., Ушаков И.Б. Основы медицинской радиобиологии / под ред. И.Б. Ушакова. – СПб.: ООО Издательство Фолиант, 2004.
3. Малаховский В.Н., Труфанов Г.Е., Рязанов В.В. Радиационная безопасность при радионуклидных исследованиях: учебно-методическое пособие для врачей. – Санкт-Петербург: ЭЛБИ-СПБ, 2008.
4. Ярмоненко С.П., Вайнсон А.А. Радиобиология человека и животных: учебное пособие / под ред. С.П. Ярмоненко. – М.: Высшая школа, 2004.

### ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ

5. Матюхин В.А., Разумов А.Н. Экологическая физиология и радиационный фактор. – М.: Медицина, 2003.
6. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99). – М.: Госкомсанэпиднадзор РФ, 1999.

7. Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ-99). – М.: Минздрав России, 2000.
8. Рихванов Л.П. Общие и региональные проблемы радиоэкологии. – Томск: Изд-во ТПУ, 1997.
9. СанПиН 2.2.4/1191-03 Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы «Электромагнитные поля в производственных условиях». – М., 2003.

## Занятие 7

### ТЕМА: ПЕРВИЧНЫЕ ПРОЦЕССЫ ЛУЧЕВОГО ПОРАЖЕНИЯ

#### Цель:

1. Изучить прямое и косвенное действие ионизирующих излучений на биологические объекты.
2. Рассмотреть теоретические представления о механизме биологического действия ионизирующих излучений.

#### I. Самостоятельная работа во внеучебное время

*Основные вопросы для самостоятельной подготовки и самоконтроля:*

1. Разгадка основного радиобиологического парадокса – критерий правильности теории.
2. Роль прямого и непрямого действия радиации в инактивировании клетки.
3. Продукты радиолиза воды.
4. Суть теории «мишени» и принципа «попадания».
5. Стохастическая теория.

*Вопросы для самоконтроля:*

1. Что понимают под прямым действием ионизирующего излучения?
2. Какие этапы прямого действия радиации выделяют. Охарактеризуйте их?
3. Что понимают под косвенным действием излучения?
4. Какие этапы косвенного действия радиации выделяют?
5. Какие свойства ферментов необходимо оценить, анализируя влияние на них облучения?
6. Какие структурные изменения наблюдаются в ферментах при действии радиации?
7. Какие свойства нуклеиновых кислот необходимо оценить, анализируя влияние на них облучения?
8. Какие структурные изменения наблюдаются в нуклеиновых кислотах при действии радиации?
9. Какой процент поглощенной энергии в клетке приходится на воду, белки, нуклеиновые кислоты и т.д.?
10. Какие продукты радиолиза воды Вы знаете?
11. Что включает схема первичных физико-химических процессов?
12. Как можно доказать существование косвенного действия излучений (опыты Г. Фрикке)?
13. Каков вклад прямого и косвенного действия радиации в радиобиологические эффекты?
14. Когда и кем была выдвинута гипотеза «точечного тепла»?

15. Как поступает и как распределяется энергия ионизирующих излучений в клетке?
16. Что Вы знаете о принципе «попадания» и теории «мишени», кто развивал теорию «мишени»?
17. Что понимают под биологической стохастичностью?
18. Что понимают под множественной стохастичностью?
19. Какие определяющие факторы теории «мишени» вошли в стохастическую теорию?
20. Что понимают под «дисперсным начальным повреждением критического объема клетки»?
21. Что понимают под компенсационной способностью объекта?
22. Что понимают под дискретностью воздействия радиационного агента и функциональной негомогенностью биологического объекта?

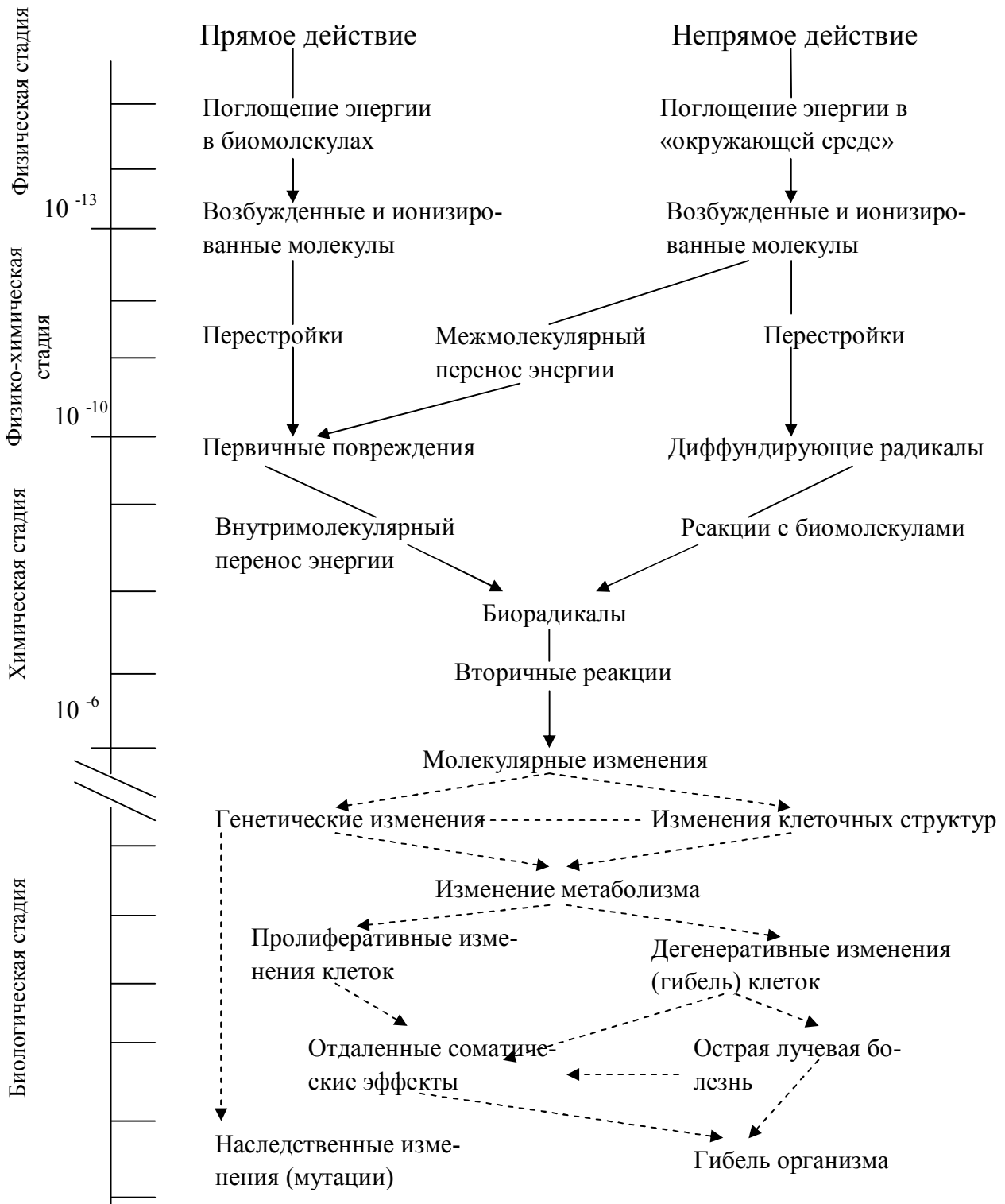
При рассмотрении вопросов прямого и непрямого действия ионизирующего излучения на организм обратите внимание на схему 7-1.

## **II. Работа на занятии**

*План занятия:*

1. Вводное слово преподавателя о цели и порядке проведения занятия – 10 мин.
2. Опрос студентов и объяснение преподавателя – 100 мин.
3. Заключительное слово преподавателя – 25 мин.

Стадии действия излучений (по Дертингеру Г., Юнгу Х., 1973)





## РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

### ОСНОВНАЯ

1. Бутомо Н.В., Гребенюк А.Н., Легеза В.И., Малаховский В.Н., Ушаков И.Б. Основы медицинской радиобиологии / под ред. И.Б. Ушакова. – СПб.: ООО Издательство Фолиант, 2004.
2. Кудряшов Ю.Б. Радиационная биофизика (ионизирующее излучение) / под ред. В.К. Мазурика, М.Ф. Ломанова. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2004.
3. Радиация и патология: учебное пособие / под ред. А.Ф. Цыба. – М.: Высшая школа, 2005.
4. Ярмоненко С.П., Вайнсон А.А. Радиобиология человека и животных: учебное пособие / под ред. С.П. Ярмоненко. – М.: Высшая школа, 2004.

### ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ

5. Кузин А.М. Структурно-метаболическая теория в радиобиологии. – М.: Наука, 1988.
6. Ремизов А.Н., Максина А.Г., Потапенко А.Я. Медицинская и биологическая физика: учебник для ВУЗов. – 4-е изд., перераб. и дополн. – М.: Дрофа, 2003.
7. Эйдус Л.Х. Мембранные механизмы биологического действия малых доз. – М.: Из-во ИТЭБ РАН, 2001.

## Занятие 8

### ТЕМА: КЛЕТОЧНАЯ РАДИОЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ. ПОСТРАДАЦИОННОЕ ВОССТАНОВЛЕНИЕ КЛЕТКИ

#### Цель:

1. Проверить знания студентов.
2. Изучить в условиях эксперимента радиочувствительность клеток костного мозга животных, подвергнутых облучению в разных дозах.

#### I. Самостоятельная работа во внеучебное время

*Основные вопросы для самостоятельной подготовки и самоконтроля:*

1. Молекулярные повреждения, возникающие в клетках при действии ионизирующего излучения.
2. Роль ядра и цитоплазмы в лучевом поражении клетки.
3. Преходящие лучевые реакции клеток. Задержка клеточного деления.
4. Методы изучения радиочувствительности клеток.
5. Кривые выживаемости клеток и их интерпретация.
6. Радиочувствительность клеток на разных стадиях жизненного цикла.
7. Летальные лучевые реакции клеток. Формы клеточной гибели.
8. Постлучевое восстановление клеток. Молекулярные механизмы ферментативной репарации.
9. Методы выявления потенциально-летальных и сублетальных повреждений в облученных клетках.

*Вопросы для самоконтроля:*

1. Чем характеризуются наиболее значимые пострадиационные молекулярные повреждения клетки?
2. Какие экспериментальные работы свидетельствуют в пользу ведущей роли ядра в лучевом поражении клетки?
3. Что можно сказать о значении цитоплазмы клетки при оценке клеточной радиочувствительности?
4. Какие существуют преходящие или временные лучевые реакции клеток?
5. Охарактеризуйте радиационной блок митозов: назовите причины, возможные механизмы, зависимость длительности реакции от фазы клеточного цикла и дозы облучения.
6. Какое биологическое значение имеет радиационный блок митозов?
7. Каковы критерии, используемые в эксперименте для оценки выживаемости клеток после облучения?
8. Каковы методы изучения выживаемости клеток после облучения *in vitro*?

9. В чем особенности методов изучения выживаемости клеток после облучения *in vivo*?
10. Что характерно для цитогенетических методов изучения клеточной радиочувствительности?
11. Как построить дозозависимую кривую выживаемости клеток при действии плотноионизирующих излучений? Каким уравнением она описывается?
12. Чем отличается дозозависимая кривая выживаемости клеток при действии редкоионизирующих излучений? Каким уравнением она описывается?
13. В чем особенности построения кривых выживаемости клеток в области малых доз излучения?
14. Чем отличаются кривые, описывающие восстановление пролиферативной активности клеток после радиационно-индуцированной задержки деления?
15. Какова связь между радиочувствительностью клеток, способных к пролиферации, и фазами митотического цикла?
16. Как называются и чем характеризуются формы пострadiационной клеточной гибели?
17. Для каких клеток организма характерна интерфазная гибель? Какие механизмы и морфологические признаки клеток свойственны для интерфазной гибели? Каковы дозовые диапазоны данного летального эффекта для разных видов клеток?
18. Для каких клеток организма характерна репродуктивная гибель? Сможете ли Вы описать возможные механизмы?
19. Что такое «коммунальный эффект» или «эффект свидетеля»?
20. Какие основные виды реакции клетки на облучение Вы знаете?
21. Как классифицируются пострadiационные повреждения клетки?
22. В чем суть опытов В.И. Корогодина, доказывающих наличие истинного постлучевого восстановления клеток?
23. Что понимают под «быстрым» восстановлением клеток после облучения?
24. В чем суть опытов М. Элкayнда, характеризующих способность клеток к восстановлению от сублетальных повреждений?
25. Чем характеризуются потенциально-летальные и сублетальные повреждения? Какие лучевые поражения внутриклеточных структур могут составлять основу данных повреждений?
26. Какие показатели используются для оценки эффективности постлучевого восстановления клеток?
27. Чем характеризуется дорепликативная, репликативная и пострепликативная ферментативная репарация лучевых повреждений клеток?
28. Какие типы ферментативной репарации выделяют по эффективности восстановления?

## ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ

Выберите один или несколько правильных ответов.

**1. НАИБОЛЕЕ БИОЛОГИЧЕСКИ ЗНАЧИМЫМ ПРИ ОБЛУЧЕНИИ ЯВЛЯЕТСЯ ПОВРЕЖДЕНИЕ**

- 1) ДНК
- 2) нуклеопротеинов
- 3) белков
- 4) липидов
- 5) углеводов

**2. МЕРОЙ РАДИОЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ КЛЕТОК ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ВИДАХ ИЗЛУЧЕНИЯ ЯВЛЯЕТСЯ**

- 1)  $D_{37}$
- 2)  $D_0$
- 3)  $D_q$
- 4)  $n$
- 5)  $LD_{50}$

**3. КРИВАЯ ВЫЖИВАЕМОСТИ КЛЕТОК ПРИ ДЕЙСТВИИ РЕДКОИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ ОТЛИЧАЕТСЯ ОТ ТАКОВОЙ ПРИ ПЛОТНОИОНИЗИРУЮЩЕМ ИЗЛУЧЕНИИ**

- 1) наклоном кривой
- 2) наличием экстраполяционного числа
- 3) наличием нескольких плато на кривой
- 4) наличием плеча репарации
- 5) наличием точки пересечения кривой с осью абсцисс

**4. МЕРОЙ СПОСОБНОСТИ КЛЕТОК К РЕПАРАЦИИ ЯВЛЯЕТСЯ ВЕЛИЧИНА**

- 1)  $D_{37}$
- 2)  $D_0$
- 3)  $D_q$
- 4)  $n$
- 5)  $N$

**5. ВОЗДЕЙСТВИЕ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА КЛЕТОЧНОМ УРОВНЕ ПРОЯВЛЯЕТСЯ**

- 1) ионизацией и возбуждением
- 2) радиолизом воды, простых органических веществ
- 3) разрывами ДНК, окислением липидов, торможением синтеза белков
- 4) поражением ядра, мембран, хромосомными aberrациями
- 5) опустошением клеточных популяций, морфологическими и функциональными повреждениями

**6. НАИБОЛЬШАЯ РАДИОЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ ХАРАКТЕРНА ДЛЯ КЛЕТОК, НАХОДЯЩИХСЯ В МОМЕНТ ОБЛУЧЕНИЯ**

- 1) в S -фазе

- 2) в G<sub>1</sub>-фазе
- 3) в G<sub>2</sub>-фазе
- 4) в G<sub>0</sub>-фазе
- 5) в M-фазе

**7. ВЫЖИВШЕЙ ПОСЛЕ ОБЛУЧЕНИЯ СЧИТАЕТСЯ КЛЕТКА**

- 1) не имеющая внешних признаков повреждения
- 2) полностью потерявшая способность к делению, но сохранившая жизнеспособность
- 3) способная делиться и давать полноценное потомство
- 4) способная к ограниченному числу митозов
- 5) морфологически измененная клетка

**8. РАДИАЦИОННЫЙ БЛОК МИТОЗОВ БУДЕТ НАИБОЛЕЕ ДЛИТЕЛЬНЫМ ПРИ ОБЛУЧЕНИИ КЛЕТОК, НАХОДЯЩИХСЯ В МОМЕНТ ОБЛУЧЕНИЯ**

- 1) в S-фазе
- 2) в G<sub>1</sub>-фазе
- 3) в G<sub>2</sub>-фазе
- 4) в G<sub>0</sub>-фазе
- 5) при переходе клетки из фазы G<sub>1</sub> в фазу S

**9. ВОССТАНОВЛЕНИЕ ПОСТЛУЧЕВЫХ ПОВРЕЖДЕНИЙ В КЛЕТКЕ ПРИ ДЕЙСТВИИ МАЛЫХ МОЩНОСТЕЙ ДОЗЫ ПРОТЕКАЕТ**

- 1) после окончания лучевого воздействия
- 2) непосредственно в момент лучевого воздействия
- 3) в отдаленные сроки после лучевого воздействия
- 4) восстановление не требуется
- 5) восстановление не происходит

**10. НАИБОЛЕЕ РАДИОЧУВСТВИТЕЛЬНЫМИ ПО КРИТЕРИЮ D<sub>0</sub> ЯВЛЯЮТСЯ**

- 1) стволовые клетки костного мозга (D<sub>0</sub>=1Гр)
- 2) стволовые клетки кишечника (D<sub>0</sub>=4-5 Гр)
- 3) опухолевые клетки рака молочной железы (D<sub>0</sub>=1,5-1,8 Гр)
- 4) клетки меланомы (D<sub>0</sub>=6 Гр)
- 5) вирусы (D<sub>0</sub>=500 Гр)

**II. Работа на занятии**

*План занятия:*

1. Вводное слово преподавателя о порядке проведения занятия – 10 мин.
2. Разбор теоретического материала с контролем знаний студентов – 50 мин.
3. Знакомство с методикой выполнения практической работы – 10 мин.
4. Самостоятельная работа студентов – 55 мин.
5. Обсуждение полученных результатов – 10 мин.

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА СТУДЕНТОВ

### Работа 1. Изучение радиочувствительности клеток костного мозга.

1.1. Работа проводится на трех мышах, две из которых накануне занятия были подвергнуты облучению в дозах 2 и 5 Гр. У здорового и опытных животных определяется общее количество ядросодержащих клеток костного мозга (миелокариоцитов) в расчете на одно бедро и изучается морфология костного мозга на специально приготовленных мазках.

Для определения общего количества миелокариоцитов у мышей выделенную и тщательно очищенную от прилежащих тканей бедренную кость промывают в пробирке 1 мл 3–5 % раствора уксусной кислоты с помощью толстой иглы, насаженной на шприц емкостью 1 мл. Образовавшуюся смесь костного мозга ресуспендируют обратными всасываниями клеточной взвеси в шприц. Полученную таким образом взвесь клеток набирают в меланжер (смеситель) для лейкоцитов до метки «0,5», затем раствором уксусной кислоты до метки «11» (в конечном итоге костный мозг разводится в 20000 раз). Подсчет ядросодержащих клеток костного мозга ведется в 100 больших квадратах счетной камеры Горяева (так же, как подсчет лейкоцитов периферической крови). Число сосчитанных клеток умножают на 50000 и вычисляют ОКМ (общее количество миелокариоцитов в метафизе бедренной кости).

Полученные данные используют для построения графика зависимости содержания ОКМ от дозы ионизирующего излучения (величину дозы излучения откладывают на шкале абсцисс, а количество миелокариоцитов – на оси ординат).

1.2. Мазки костного мозга делают на чистых обезжиренных предметных стеклах при помощи шлифовального стекла. Для приготовления мазков костного мозга полученную из сегментов грудины миелоидную ткань на предметном стекле смешивают с каплей сыворотки крови. В правильно приготовленных мазках клетки расположены отдельно друг от друга и их структура хорошо видна. Мазки костного мозга фиксируют в течение 5 мин в метиловом спирте и окрашивают азурII-эозином. Дифференциальный подсчет клеток костного мозга осуществляют под микроскопом (объектив х 90, окуляр х 10, иммерсионное масло). Подсчитывают подряд не менее 200 клеточных элементов, вычисляя затем процент каждого вида клеток.

По данным, полученным при подсчете клеток на мазках костного мозга интактных мышей и животных с ОЛБ (дозы 2 и 5 Гр), делается вывод о радиочувствительности клеточных элементов отдельных ростков костного мозга.

### **Вопросы для обсуждения:**

1. Какие формы клеточной гибели и возможные механизмы летальных эффектов облучения Вы можете назвать?
2. Как зависят от дозы излучения показатели общего количества миелокариоцитов?
3. Как изменяется содержание клеточных элементов отдельных ростков кроветворения после облучения?
4. Каковы особенности радиочувствительности эритроидного, миелоидного и лимфоидного ростков гемопоэза?
5. Какие основные морфологические признаки повреждения клеток костного мозга после их облучения можете назвать?

### **РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА**

#### **ОСНОВНАЯ**

1. Бутомо Н.В., Гребенюк А.Н., Легеза В.И., Малаховский В.Н., Ушаков И.Б. Основы медицинской радиобиологии / под ред. И.Б. Ушакова. – СПб.: ООО Издательство Фолиант, 2004.
2. Цыб А.Ф., Будагов Р.С., Замулаева И.А. и др. Радиация и патология: учебное пособие / под ред. А.Ф. Цыба. – М.: Высшая школа, 2005.
3. Ярмоненко С.П., Вайнсон А.А. Радиобиология человека и животных: учебное пособие / под ред. С.П. Ярмоненко. – М.: Высшая школа, 2004.

#### **ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ**

4. Уразова О.И., Новицкий В.В. Лабораторная диагностика гематологических синдромов и болезней: учебное пособие. – Томск: Изд-во Печатная мануфактура, 2008.
5. Пак В.В., Лысенко Н.П., Рогожина Л.В. и др. Практикум по радиобиологии. – М., «Колосс», 2007.

## Занятие 9

### ТЕМА: РАДИОЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ ТКАНЕЙ, ОРГАНОВ, ОРГАНИЗМА. РАДИАЦИОННЫЕ СИНДРОМЫ

#### Цель:

1. Рассмотреть понятие «радиочувствительность» и механизмы, определяющие радиочувствительность биологических объектов.
2. Изучить в эксперименте зависимость лучевого поражения от вида животного.

#### I. Самостоятельная работа во внеучебное время

*Основные вопросы для самостоятельной подготовки и самоконтроля:*

1. Радиационные синдромы.
2. Костный мозг – типичный пример системы клеточного обновления.
3. Изменения в системе обновления желудочно-кишечного тракта.
4. Характер радиационных изменений центральной нервной системы.
5. Радиочувствительность и лучевые реакции отдельных органов и тканей.
6. Относительность понятия тканевой радиочувствительности.

*Вопросы для самоконтроля:*

1. Можно ли биологические ткани, органы и системы рассматривать как простую совокупность клеток, например, в условиях облучения?
2. Что называют «критическим органом»?
3. Что Вы знаете о ступенчатом характере отмирания объектов как следствие лучевого поражения жизненно важных систем организма?
4. Чем характеризуются основные радиационные синдромы: костно-мозговой (кровотворный), желудочно-кишечный, церебральный?
5. Как возникает и чем характеризуется костно-мозговой синдром: дозовые пределы, динамика изменения состояния костного мозга и периферической крови после облучения?
6. Каковы основные причины опустошения костного мозга при облучении?
7. Когда возникает и как проявляется кишечный синдром: дозовые пределы, динамика изменения состояния эпителия слизистой оболочки, основные клинические проявления?
8. Каковы основные причины гибели организма при кишечном синдроме и сроки ее наступления?
9. Чем характеризуется церебральный синдром: дозовые пределы, морфологические изменения в ЦНС, патогенез?
10. Что лежит в основе построения шкалы радиочувствительности органов и тканей?



11. Что такое видовая радиочувствительность? Сможете ли Вы привести примеры чувствительности различных биологических видов к облучению?
12. Как может проявляться различная радиочувствительность человека к облучению?
13. Каковы основные механизмы, формирующие индивидуальную радиочувствительность?
14. Почему понятие тканевой радиочувствительности является относительным?
15. Какие эффекты облучения относят к детерминированным? Ранние и поздние детерминированные эффекты облучения (привести примеры).
16. Что Вы знаете о радиочувствительности и лучевых реакциях отдельных органов и тканей (кожа и ее производные; семенники; яичники; органы зрения; органы пищеварения; сердечно-сосудистая система; органы дыхания; головной мозг, спинной мозг и периферические нервы; эндокринные железы; органы выделения; кости и сухожилия; мышцы)?
17. Как изменяется радиочувствительность органа при увеличении его функции?

## **II. Работа на занятии**

*План занятия:*

1. Вводное слово преподавателя о цели и порядке выполнения работы – 10 мин.
2. Разбор теоретического материала – 50 мин.
3. Знакомство с методикой выполнения практической работы – 5 мин.
4. Самостоятельная работа студентов – 55 мин.
5. Обсуждение полученных результатов – 15 мин.

## **ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА СТУДЕНТОВ**

### **Работа 1. Зависимость лучевого поражения от вида животного**

Работа проводится на интактных и подвергнутых тотальному облучению в дозе 5 Гр кроликах и крысах. Через 5 дней после облучения у здоровых и подопытных животных определяется общее количество лейкоцитов в периферической крови. Кровь для анализа берется из прокола краевой вены предварительно обработанного спиртом и эфиром уха кролика и из надреза кончика хвоста крысы (методику подсчета общего количества лейкоцитов смотрите в методической разработке занятие № 1, работа № 2). На основании полученных данных делается вывод о зависимости выраженности лучевого поражения от вида животного.

## РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

### ОСНОВНАЯ

1. Основы медицинской радиобиологии / Н.В. Бутомо, А.Н. Гребенюк, В.И. Лебеза и др.; под ред. И.Б. Ушакова. – СПб.: ООО Издательство Фолиант, 2004.
2. Радиация и патология: учебное пособие / под ред. А.Ф. Цыба. – М.: Высшая школа, 2005.
3. Ярмоненко С.П., Вайнсон А.А. Радиобиология человека и животных: учебное пособие / под ред. С.П. Ярмоненко. – М.: Высшая школа, 2004.

### ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ

4. Уразова О.И., Новицкий В.В. Лабораторная диагностика гематологических синдромов и болезней: учебное пособие. – Томск: Изд-во «Печатная мануфактура», 2008.
5. Пак В.В., Лысенко Н.П., Рогожина Л.В. и др. Практикум по радиобиологии. – М., «Колосс», 2007.

## Занятие 10

### ТЕМА: МОДИФИКАЦИЯ РАДИОЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ. КИСЛОРОДНЫЙ ЭФФЕКТ. ОТНОСИТЕЛЬНАЯ БИОЛОГИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ

#### Цель:

1. Изучить механизмы модификации лучевого поражения и методы управления тканевой радиочувствительностью при лучевой терапии.
2. Обсудить основные вопросы, касающиеся сущности кислородного эффекта.
3. Изучить методы оценки относительной биологической эффективности и влияние различных факторов на ее величину.

#### I. Самостоятельная работа во внеучебное время

*Основные вопросы для самостоятельной подготовки и самоконтроля:*

1. Модификация лучевого поражения. Критерии модифицирующего эффекта.
2. Факторы, влияющие на радиорезистентность опухолей.
3. Радиопротекция нормальных тканей при лучевой терапии.
4. Кислородный эффект (КЭ), механизмы усиления лучевого поражения, количественная характеристика КЭ.
5. Зависимость КЭ от концентрации кислорода при облучении и показателя линейной передачи энергии.
6. Влияние кислорода на пострадиационное восстановление клетки.
7. Относительная биологическая эффективность (ОБЭ). Методы оценки ОБЭ.
8. Зависимость ОБЭ от факторов облучения.

*Вопросы для самоконтроля:*

1. Что понимают под модификацией лучевого поражения? На какие процессы, возникающие в организме после облучения, могут влиять модифицирующие агенты?
2. Какие критерии используют для качественной и количественной оценки модифицирующего эффекта?
3. Чем объясняется распространенное в радиобиологии сравнение кислорода с двуликим Янусом?
4. Что понимают под кислородным эффектом? Какой показатель используют для его количественной характеристики?
5. При каких условиях облучения проявляется кислородный эффект? Приведите для аргументации имеющиеся экспериментальные данные.
6. Как зависит величина кислородного эффекта от полноценности функционирования систем внутриклеточной репарации?

7. Как зависит основной показатель кислородного эффекта – коэффициент кислородного усиления от концентрации кислорода в среде облучения?
8. Какое максимальное значение может иметь коэффициент кислородного усиления?
9. Как зависит величина кислородного эффекта от показателя линейной передачи энергии?
10. Чем можно объяснить отсутствие кислородного эффекта при действии плотноионизирующих излучений?
11. Как влияет кислород на процессы постлучевого восстановления клетки?
12. Какое значение может иметь кислородный эффект в радиотерапии опухолей?
13. Какие факторы влияют на радиорезистентность опухолей? Что Вы знаете о сенсбилизации гипоксических опухолевых клеток?
14. В чем сущность термордиотерапии?
15. Что Вы знаете о гипоксической защите нормальных тканей при лучевой терапии?
16. В чем суть радиомодифицирующего действия химических препаратов?
17. Что такое относительная биологическая эффективность, каковы методы ее оценки?
18. Как взаимосвязаны относительная биологическая эффективность и линейная передача энергии?
19. Как возникает эффект избыточного «перепоражения»?
20. Какова связь между относительной биологической эффективностью и кислородным эффектом?
21. Как зависит относительная биологическая эффективность от условий облучения и других факторов?
22. Почему ограничивают применение концепции ОБЭ?

## **II. Работа на занятии**

*План занятия:*

1. Вводное слово преподавателя о цели и задачах семинара – 10 мин.
2. Разбор основных теоретических вопросов – 100 мин.
3. Программированный контроль знаний по теме семинара – 25 мин.

## **РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА**

### **ОСНОВНАЯ**

1. Основы медицинской радиобиологии / Н.В. Бутомо, А.Н. Гребенюк, В.И. Легеза и др.; под ред. И.Б. Ушакова. – СПб.: ООО Издательство Фолиант, 2004.

2. Кудряшов Ю.Б. Радиационная биофизика (ионизирующие излучения) / под ред. В.К. Мазурина, М.Ф. Ломанова. – М.: Физматлит, 2004.
3. Кудряшов Ю.Б., Петров Ю.Ф., Рубин А.Б. Радиационная биофизика: радиочастотные и микроволновые электромагнитные излучения. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008.
4. Цыб А.Ф., Будагов Р.С., Замулаева И.А. и др. Радиация и патология: учебное пособие / под ред. А.Ф. Цыба. – М.: Высшая школа, 2005.
5. Ярмоненко С.П., Вайнсон А.А. Радиобиология человека и животных: учебное пособие / под ред. С.П. Ярмоненко. – М.: Высшая школа, 2004.

#### ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ

6. Эйдус Л.Х., Корыстов Ю.Н. Кислород в радиобиологии. – М.: Энергоатомиздат, 1984.

## **Занятие 11**

### **ТЕМА: ГЕМАТОЛОГИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА ОСТРОЙ ЛУЧЕВОЙ БОЛЕЗНИ**

#### **Цель:**

1. Рассмотреть механизмы поражения гемопоэза в условиях острой лучевой болезни.
2. Освоить методы гематологической диагностики острой лучевой болезни в эксперименте на животных.

#### **I. Самостоятельная работа во внеучебное время**

*Основные вопросы для самостоятельной подготовки и самоконтроля:*

1. Классификация, диагноз и прогноз лучевой болезни.
2. Острая лучевая болезнь (ОЛБ) при относительно равномерном облучении.
3. Картина крови в зависимости от фазы ОЛБ в периоде формирования и степени тяжести.
4. Картина костного мозга в зависимости от фазы ОЛБ в периоде формирования и степени тяжести.

*Вопросы для самоконтроля:*

1. Какие лучевые поражения организма Вам известны?
2. Что понимают под термином «острая лучевая болезнь»?
3. Как классифицируется острая лучевая болезнь по степеням тяжести?
4. Какие периоды и фазы острой лучевой болезни Вам известны?
5. Каковы прогностические критерии острой лучевой болезни и прогноз выживаемости (по В. Бонду)?
6. Чем характеризуется фаза первичной реакции на облучение?
7. В чем особенности фазы кажущегося клинического благополучия?
8. Чем характеризуется фаза выраженных клинических проявлений?
9. В чем заключаются особенности фазы раннего восстановления?
10. Каково диагностическое и прогностическое значение выраженности симптомов в фазе первичной общей реакции?
11. Что Вы знаете о механизме развития геморрагического синдрома при острой лучевой болезни?
12. Каков механизм развития инфекционных процессов при острой лучевой болезни?

## **II. Работа на занятии**

*План занятия:*

1. Контроль знаний студентов путем опроса – 25 мин.
2. Вводное слово преподавателя о цели и порядке выполнения работы – 10 мин.
3. Знакомство с методикой выполнения практической работы – 5 мин.
4. Самостоятельная работа студентов – 75 мин.
5. Заполнение протоколов и обсуждение полученных результатов – 10 мин.
6. Решение ситуационных задач – 10 мин.

### **ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА СТУДЕНТОВ**

#### **Работа 1. Изучение дозовой зависимости в содержании общего количества лейкоцитов в периферической крови у животных с острой лучевой болезнью**

Работа проводится на 3 крысах или мышах, 2 из которых за 5 дней до занятия были подвергнуты однократному тотальному облучению в дозах 2 и 7 Гр. У здорового и подопытных животных определяется общее количество лейкоцитов в периферической крови (методику подсчета общего количества лейкоцитов смотрите в учебном пособии занятие № 1, работа № 2). Полученные результаты заносят в рабочую тетрадь.

#### **Работа 2. Подсчет лейкоцитарной формулы периферической крови у животных в ранний период развития острой лучевой болезни**

Подсчет лейкоцитарной формулы проводится в мазках, окрашенных азур II-эозином, после трехминутной фиксации в метиловом спирте. Мазки готовят из периферической крови здоровых крыс и крыс, облученных в дозах 5 и 10 Гр. Подсчет осуществляется под микроскопом с объективом х 90, окуляром х 10, с предварительно нанесенной каплей иммерсионного масла на мазок. Продвижение по мазку производится таким образом, чтобы захватить все его части, так как клетки на мазке распределяются неравномерно, в зависимости от удельного веса. Крупные клетки (моноциты и гранулоциты) располагаются преимущественно вдоль верхнего и нижнего продольного края препарата, а более мелкие (лимфоциты) – ближе к его центру; подсчет лейкоцитарной формулы производится таким образом, чтобы захватить все его части (низ, середину, верх). Все встречающиеся лейкоциты дифференцируют и результаты подсчета (в %) заносят в таблицу учета экспериментальных данных.

### Работа 3. Подсчет индекса сегментации нейтрофильных лейкоцитов на мазках периферической крови у животных с острой лучевой болезнью

В период разгара острой лучевой болезни (ОЛБ) в периферической крови человека и животных обнаруживается значительное количество гиперсегментированных форм нейтрофильных лейкоцитов (клетки с большим, чем в норме, количеством ядерных сегментов). Наблюдается прямая зависимость между выраженностью феномена гиперсегментации и дозой облучения. Для количественной характеристики выраженности этого феномена производится подсчет индекса сегментации по следующей формуле:

$$И_c = \frac{A}{100}, \text{ где}$$

$И_c$  – индекс сегментации;  $A$  – общее количество сегментов в 100 сегментоядерных нейтрофильных лейкоцитах; 100 – количество подсчитанных клеток.

Определение индекса сегментации проводится на мазках периферической крови животных, приготовленных через 4–5 дней после тотального облучения их в дозах 5 и 10 Гр, и у здоровых животных.

Таблица 11-1

Таблица учета экспериментальных данных

Показатель	Нейтрофи- лы		Эозино- филы	Базо- филы	Лимфо- циты	Моно- циты	Прочие клетки
	п/я	с/я					
Мазок здо- рового жи- вотного							
Мазок жи- вотного, об- лученного в дозе 5 Гр							
Мазок жи- вотного, об- лученного в дозе 10 Гр							



### **Вопросы для обсуждения:**

1. Как изменяется содержание нейтрофильных лейкоцитов и лимфоцитов периферической крови в различные фазы острой лучевой болезни?
2. Каков механизм первоначального нейтрофильного лейкоцитоза, наблюдаемого в ранний период острой лучевой болезни?
3. В чем причина развития лейкопении в периферической крови в фазу разгара острой лучевой болезни?
4. О чем свидетельствует увеличение количества ядерных сегментов в нейтрофильных лейкоцитах при острой лучевой болезни?
5. Каков механизм фазы abortивного подъема числа клеток после облучения организма?

### **РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА**

#### **ОСНОВНАЯ**

1. Основы медицинской радиобиологии / Н.В. Бутомо, А.Н. Гребенюк, В.И. Лезега и др.; под ред. И.Б. Ушакова. – СПб.: ООО Издательство Фолиант, 2004.
2. Гуськова А.К., Байсоголов Г.Д. Лучевая болезнь человека. – М.: Медицина, 1971.
3. Цыб А.Ф., Будагов Р.С., Замулаева И.А. и др. Радиация и патология: учебное пособие / под ред. А.Ф. Цыба. – М.: Высшая школа, 2005.
4. Ярмоненко С.П., Вайнсон А.А. Радиобиология человека и животных: учебное пособие / под ред. С.П. Ярмоненко. – М.: Высшая школа, 2004.

#### **ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ**

5. Бурлакова Е.Б., Кузнецов В.М., Москаленко В.А. и др. Неизвестный Чернобыль: история, события, факты, уроки. – М.: Изд-во МНЭПУ, 2006.
6. Гольдберг Д.И., Гольдберг Е.Д. Атлас микрофотограмм костного мозга при острой лучевой болезни и действии цитостатических препаратов. – М.: Медицина, 1973.
7. Медицинские последствия Чернобыльской аварии (научный отчет). – Женева: ВОЗ, 1996.
8. Уразова О.И., Новицкий В.В. Лабораторная диагностика гематологических синдромов и болезней: учебное пособие. – Томск: Изд-во «Печатная мануфактура», 2008.

## Занятие 12

### ТЕМА: ГЕМАТОЛОГИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА ОСТРОЙ ФОРМЫ ЛУЧЕВОЙ БОЛЕЗНИ (продолжение)

#### Цель:

1. Оценить состояние кроветворения при экспериментальной острой лучевой болезни на основании анализа миелограмм.
2. Выявить особенности миелограмм, которые могут быть использованы для диагностики острой лучевой болезни.

#### I. Самостоятельная работа во внеучебное время

*Основные вопросы для самостоятельной подготовки и самоконтроля:*

1. Общие сведения о церебральной (острейшей) форме острой лучевой болезни.
2. Реакция периферической крови при молниеносной форме лучевой болезни.
3. Состояние костно-мозгового кроветворения при острейшей лучевой болезни.
4. Морфологические изменения в органах и тканях при массивных дозах ионизирующего излучения.
5. Неравномерное облучение при ОЛБ.

*Вопросы для самоконтроля:*

1. Что понимают под термином «острейшая лучевая болезнь» и «смерть под лучом»?
2. Когда и кем в Томском медицинском институте была изучена и описана острейшая форма лучевой болезни?
3. Что Вы знаете о патогенезе острейшей формы лучевой болезни, каковы ее основные синдромы?
4. Каковы клинические проявления острейшей лучевой болезни?
5. Чем характеризуются количественные и качественные изменения клеток белой крови при массивных дозах облучения?
6. В чем особенности количественных и качественных изменений клеток красной крови при больших дозах облучения?
7. Чем характеризуется костно-мозговое кроветворение при массивных дозах облучения?
8. Какие морфологические сдвиги в селезенке, лимфатических узлах, головном мозге и других органах обнаруживаются при острейшей лучевой болезни?
9. В чем состоят особенности неравномерного облучения при остром лучевом воздействии?

## **II. Работа на занятии**

*План занятия:*

1. Вводное слово преподавателя о цели и порядке выполнения работы – 10 мин.
2. Проверка знаний студентов путем программированного контроля – 25 мин.
3. Реферативные сообщения по теме занятия – 15 мин.
4. Самостоятельная работа студентов – 65 мин.
5. Заполнение протоколов и обсуждение полученных результатов – 10 мин.
6. Решение ситуационных задач – 10 мин.

### **ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА СТУДЕНТОВ**

#### **Работа 1. Подсчет миелограммы у животных с ОЛБ**

Работа проводится на крысах (однократное тотальное облучение в дозе 5 Гр). Взятие костного мозга и приготовление мазков выполняют в разные сроки после облучения (2-е, 5-е, 7-е, 10-е, 25-е сутки). Подсчет миелограмм проводится по методу Аринкина. Дифференциация клеток костного мозга осуществляется под иммерсией (объектив х 90, окуляр х 10, при поднятом конденсоре). При этом подсчитывают подряд не менее 400 клеточных элементов, а затем вычисляют процент каждого вида клеток. Результаты заносят в протокольную тетрадь.

При анализе миелограмм с ОЛБ необходимо обратить внимание на отсутствие молодых форм клеток эритроидного ростка, наличие патологических форм клеток миелоидного ряда, неправильные митозы, голые ядра, увеличение процента ретикулярных и плазматических клеток.

#### **Вопросы для обсуждения:**

1. Чем определяется разнообразие форм лучевой болезни?
2. Какая форма лучевой болезни формируется при общем относительно равномерном облучении при дозах:
  - а) до 10 Гр
  - б) от 10 до 20 Гр
  - в) от 20 до 80 Гр
  - г) свыше 80 Гр
3. Какова роль систем клеточного обновления в поддержании гомеостаза?
4. В чем суть костно-мозгового синдрома как следствие нарушений в системе клеточного обновления?

Миелограмма \_\_\_\_\_ № \_\_\_\_\_

Клетки	Количество подсчитанных клеток	Сумма	%
Недифференцированные бласты			
Миелобласты			
Промиелоциты			
Миелоциты нейтрофильные			
Метамиелоциты нейтрофильные			
Палочкоядерные нейтрофилы			
Сегментоядерные нейтрофилы			
Миелоциты эозинофильные			
Метамиелоциты эозинофильные			
Палочкоядерные эозинофилы			
Сегментоядерные эозинофилы			
Базофилы			
Митозы клеток миелоидного ряда			
Лимфоидные клетки			
Моноциты			
Плазматические клетки			
Макрофаги			
Мегакариоциты			
Эритробласты			
Пронормобласты			
Нормобласты базофильные			
Нормобласты полихроматофильные			
Нормобласты оксифильные			
Митозы клеток эритроидного ряда			
Ретикулярные клетки			

## РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

### ОСНОВНАЯ

1. Основы медицинской радиобиологии / Н.В. Бутомо, А.Н. Гребенюк, В.И. Лезега и др.; под ред. И.Б. Ушакова. – СПб.: ООО Издательство Фолиант, 2004.
2. Гуськова А.К., Байсоголов Г.Д. Лучевая болезнь человека. – М.: Медицина, 1971.
3. Радиация и патология: учебное пособие / под ред. А.Ф. Цыба. – М.: Высшая школа, 2005.
4. Ярмоненко С.П., Вайнсон А.А. Радиобиология человека и животных: учебное пособие / под ред. С.П. Ярмоненко. – М.: Высшая школа, 2004.

### ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ

5. Гольдберг Д.И., Гольдберг Е.Д. Атлас микрофотограмм костного мозга при острой лучевой болезни и действии цитостатических препаратов. – М.: Медицина, 1973.
6. Бурлакова Е.Б., Кузнецов В.М., Москаленко В.А. и др. Неизвестный Чернобыль: история, события, факты, уроки. М.: Изд-во МНЭПУ, 2006.
7. Медицинские последствия Чернобыльской аварии (научный отчет). – Женева ВОЗ, 1996.
8. Торопцев И.В., Гольдберг Е.Д. Острейшая лучевая болезнь. – Томск: Изд-во Том. ун-та, 1972.
9. Уразова О.И., Новицкий В.В. Лабораторная диагностика гематологических синдромов и болезней: учебное пособие. – Томск: Изд-во «Печатная мануфактура», 2008.

## Занятие 13

### ТЕМА: ПАТОЛОГО-АНАТОМИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА ОСТРОЙ ФОРМЫ ЛУЧЕВОЙ БОЛЕЗНИ

#### Цель:

1. Изучить морфологическую картину острой формы лучевой болезни.

#### I. Самостоятельная работа во внеучебное время

*Основные вопросы для самостоятельной подготовки и самоконтроля:*

1. Закон Бергонье и Трибондо.
2. Шкала радиочувствительности органов и тканей.
3. Лучевые реакции отдельных органов и тканей.
4. Относительность понятия тканевой радиочувствительности.
5. Методы выявления поражения в слабообновляющихся тканях.

*Вопросы для самоконтроля:*

1. Какими параметрами клеточных популяций определяется общая реакция млекопитающих на облучение?
2. Какие морфологические, биохимические и физиологические изменения в тонком кишечнике у облученных животных Вам известны?
3. Какие морфологические, биохимические и физиологические изменения могут быть обнаружены в ЦНС у облученных животных?
4. В чем суть морфологических изменений после облучения в следующих органах и тканях:
  - а) в лимфатических узлах, селезенке и тимусе;
  - б) в коже и ее производных;
  - в) в половых железах;
  - г) в органах зрения;
  - д) в печени;
  - е) в сердце и кровеносных сосудах;
  - ж) в органах дыхания;
  - з) в эндокринной системе;
  - и) в мочевыделительной системе;
  - к) в костной и хрящевой тканях;
  - л) в мышечной и соединительной тканях.

#### II. Работа на занятии

*План занятия:*

1. Проверка знаний студентов путем программированного контроля – 25 мин.
2. Вводное слово преподавателя о цели и порядке выполнения работы – 10 мин.

3. Самостоятельная работа студентов – 85 мин.

4. Заполнение протоколов и обсуждение полученных результатов – 15 мин.

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА СТУДЕНТОВ

### Работа 1. Изучение микроскопической картины острой лучевой болезни

Изучение микроскопической картины ОЛБ проводится на препаратах, приготовленных из органов крыс на 4-й день после их тотального облучения в дозе 10 Гр.

Микропрепараты:

1. Лимфатические узлы.
2. Селезенка.
3. Костный мозг.
4. Желудок.
5. Тонкий кишечник.
6. Почки.
7. Печень.
8. Головной мозг.

#### Описание микропрепаратов

1. Лимфатические узлы. Окраска эозин-гематоксилином. Наблюдается обеднение лимфатических узлов лимфоидной тканью, обнажается ретикулярная строма, представленная крупными клетками с зернистой розовой цитоплазмой. Сосудистая сеть узлов полнокровна.

2. Селезенка. Окраска эозин-гематоксилином. Ткань селезенки резко обеднена лимфоидными клетками. Фолликулярный рисунок селезенки отсутствует. Отчетливо видна ретикулярная строма, представленная крупными ретикулярными клетками со светлым ядром и розовой зернистой цитоплазмой. Некоторые ретикулярные клетки в состоянии гиалиновой дистрофии – гомогенные шары розового цвета.

3. Костный мозг. Окраска эозин-гематоксилином. Наблюдается резкое полнокровие синусов с диапедезными кровоизлияниями. Видно обеднение костного мозга клеточными элементами. Среди клеточных элементов преобладают зрелые формы, особенно обращает на себя внимание масса гиперсегментированных нейтрофилов, относительно часто встречаются плазматические клетки, имеются погибающие клетки с признаками рексиса ядер, а также цитолиза.

4. Желудок. В подслизистом слое видны окрашенные эозин-гематоксилином расширенные полнокровные сосуды. В слоях стенки желудка видимых изменений не наблюдается.

5. Тонкий кишечник. Окраска эозин-гематоксилином. Виден отек стромы всех слоев стенки тонкого кишечника, фрагментация миоцитов. В области вер-

хушек ворсинок имеются деформированные бокаловидные клетки с отчетливой микровакуолизацией цитоплазмы. Наблюдается отторжение таких клеток в просвет кишки. В подслизистом слое встречаются крупные клетки нервных сплетений в состоянии вакуольной дистрофии.

6. Почки. Окраска эозин-гематоксилином. Видно полнокровие сосудов почки. Со стороны эпителия извитых канальцев выражена очаговая зернистая дистрофия.

7. Печень. Окраска эозин-гематоксилином. Гепатоциты в состоянии зернистой дистрофии. Имеются микронекрозы, наряду с этим видны гепатоциты с признаками регенерации (двуядерные клетки, клетки с крупными ядрами). Видно полнокровие сосудов, встречаются мелкие кровоизлияния.

8. Головной мозг. Окраска эозин-гематоксилином. Обращает на себя внимание резкое полнокровие сосудов, местами с диапедезом эритроцитов. Видны периваскулярный и перицеллюлярный отеки.

Во время просмотра микропрепаратов и их зарисовки студенты пользуются консультацией преподавателя, цветными рисунками, стендами, таблицами.

### **Вопросы для обсуждения:**

1. Каковы общие признаки морфологических изменений в изученных органах при ОЛБ?
2. В каких органах у крыс после их тотального облучения в дозе 10 Гр (ОЛБ) обнаружены более глубокие изменения и почему?

### **РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА**

#### **ОСНОВНАЯ**

1. Гуськова А.К., Байсоголов Г.Д. Лучевая болезнь человека. – М.: Медицина, 1971.
2. Цыб А.Ф., Будагов Р.С., Замулаева И.А. и др. Радиация и патология: учебное пособие / под ред. А.Ф. Цыба. – М.: Высшая школа, 2005.
3. Ярмоненко С.П., Вайнсон А.А. Радиобиология человека и животных: учебное пособие / под ред. С.П. Ярмоненко. – М.: Высшая школа, 2004.

#### **ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ**

4. Гольдберг Д.И., Гольдберг Е.Д. Атлас микрофотограмм костного мозга при острой лучевой болезни и действии цитостатических препаратов. – М.: Медицина, 1973.
5. Иванов А.Е., Куршакова Н.Н., Шиходыров В.В. Патологическая анатомия лучевой болезни. – М.: Медицина, 1981.
6. Торопцев И.В., Гольдберг Е.Д. Острейшая лучевая болезнь. – Томск: Изд-во Том. ун-та, 1972.



## Занятие 14

### ТЕМА: ГЕМАТОЛОГИЧЕСКАЯ И ПАТОЛОГО-АНАТОМИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА ОСТРОЙ И ОСТРЕЙШЕЙ ФОРМ ЛУЧЕВОЙ БОЛЕЗНИ

#### Цель:

1. Контроль знаний студентов.

#### I. Самостоятельная работа во внеучебное время

*Основные вопросы для самостоятельной подготовки и самоконтроля  
(см. занятия 11, 12, 13).*

#### СИТУАЦИОННЫЕ ЗАДАЧИ

**Задача 1.** ОЛБ 2-й степени тяжести вызывают облучения в дозе:

- 1) 1-2 Гр
- 2) 4-6 Гр
- 3) 2-4 Гр
- 4) 6-10 Гр
- 5) 10-20 Гр

**Задача 2.** Какие проявления ОЛБ в 1-м периоде (общая первичная реакция) можно учесть как показатель степени тяжести ОЛБ (клиническая дозиметрия)?

- 1) уровень снижения числа лейкоцитов
- 2) время появления клинических симптомов, частота рвоты, гипотония
- 3) признаки энтерита
- 4) повышение артериального давления
- 5) уровень тромбоцитопении и анемии

**Задача 3.** У 20-летнего военнослужащего, доставленного в госпиталь из зоны ядерного взрыва, через 6 часов отмечаются неукротимая рвота, жидкий стул, гиперемия склер и кожных покровов. Диагностирована ОЛБ 4-й степени, общая первичная реакция.

Какие изменения крови соответствуют поставленному диагнозу:

- 1) агранулоцитоз
- 2) панцитоз
- 3) лейкопения
- 4) анемия
- 5) нормальные показатели крови

**Задача 4.** В госпиталь доставлен лейтенант 22 лет из ядерного очага чрез 10 часов после взрыва. Сопорозное состояние, лицо бледное, число дыханий – 30 в

мин, АД – 170/100 мм. рт. ст., пульс – 50 в мин, напряжен, была повторная рвота, иногда непроизвольные движения левых конечностей. В области затылка кровоизлияние. Индивидуальный дозиметр показал дозу 2 Гр. Диагноз:

- 1) черепно-мозговая травма
- 2) комбинированное поражение: закрытая травма мозга и ОЛБ 1-й степени в начальном периоде
- 3) острая пневмония
- 4) гипертонический криз
- 5) ОЛБ 1-й степени, фаза разгара

**Задача 5.** В госпиталь доставлен пораженный, находившийся в течение 3 часов в районе ядерного взрыва. Жалуется на общую слабость, головную боль, жажду, сухость и горечь во рту, тошноту, повторную частую рвоту. Больной вял, кожа лица и шеи гиперемирована. Пульс лабилен, 90–96 уд/мин, АД 80/40 мм. рт.ст. По данным индивидуального дозиметра получил 4,5 Гр.

Определите степень тяжести ОЛБ:

- 1) 1-я
- 2) 2-я
- 3) 3-я
- 4) 4-я
- 5) 3-я, период разгара

**Задача 6.** В госпиталь доставлен офицер. В момент ядерного взрыва находился на открытой местности. Вскоре, примерно через час, возникли общая слабость, головная боль, головокружение, жажда и сухость во рту, тошнота, повторная рвота, одышка. Больной заторможен, на вопросы отвечает с трудом, односложно. Кожа гиперемирована. Температура 37,2°С. Пульс лабилен, 100 уд/мин, АД 110/70 мм. рт.ст. Внутренние органы без особенностей.

Определите степень тяжести ОЛБ:

- 1) 1-я
- 2) 2-я
- 3) 3-я
- 4) 4-я
- 5) острое отравление

**Задача 7.** Офицер 30 лет поступил в госпиталь через 20 дней после ядерного взрыва. Состояние тяжелое, слабость, температура 38,5°С, тошнота, рвота, бессонница, боли в животе, выпадение волос, сухая шелушащаяся кожа, истощение, кровоизлияния, тахикардия, АД 90/50 мм. рт.ст., в легких справа под ло-

паткой участок влажных хрипов, болезненность при пальпации живота, лимфоциты – 0,8 Г/л, лейкоциты – 2 Г/л, тромбоциты – 80 Г/л, СОЭ – 30 мм/ч, гипербилирубинемия, азотемия.

Определите степень тяжести ОЛБ:

- 1) 2-я, общая первичная реакция
- 2) 1-я, период разгара
- 3) 2-я, период разгара
- 4) 4-я
- 5) 3-я, общая первичная реакция

**Задача 8.** Больной С. 26 лет, ликвидатор, во время ликвидации аварии на АЭС получил дозу облучения 20 Гр. В течение недели неуклонно прогрессировали тошнота, рвота, вздутие живота, кровавый понос, лихорадка. На 8-е сутки состояние значительно ухудшилось. При осмотре: состояние тяжелое, температура 39,8°С, питание пониженное, кожные покровы сухие, дряблые, множественные точечные геморрагии, дыхание жесткое. Тоны сердца глухие, неритмичные. АД 60/40 мм. рт.ст., живот резко вздут, кишечные шумы не выслушиваются. Стула не было последние 5 суток.

Общий анализ крови: Нв – 80 г/л, эритроциты – 2,5 Т/л, лейкоциты – 1,6 Г/л. Лейкоцитарная формула: базофилов – нет, эозинофилов – нет, лимфоцитов – 70%, сегментоядерных нейтрофилов – 20%, палочкоядерных нейтрофилов – 8%, моноцитов – 2%. Тромбоциты – 40Г/л.

Общий анализ мочи: цвет – красно-бурый, удельный вес – 1028, белок ++, сахар – отр. В осадке – эритроциты во всех полях зрения.

На 9-е сутки наступила смерть при явлениях паралитической непроходимости кишечника, шока, выраженной дегидратации. Поставьте диагноз, объясните механизмы развития основных патологических процессов.

## РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

### ОСНОВНАЯ

1. Основы медицинской радиобиологии / Н.В. Бутомо, А.Н. Гребенюк, В.И. Легеза и др. ; под ред. И.Б. Ушакова. – СПб.: ООО Издательство Фолиант, 2004.
2. Гуськова А.К., Байсоголов Г.Д. Лучевая болезнь человека. – М.: Медицина, 1971.
3. Радиация и патология: учебное пособие / А.Ф. Цыб, Р.С. Будагов, И.А. Замулаева и др.; под ред. А.Ф. Цыба. – М.: Высшая школа, 2005.
4. Ярмоненко С.П., Вайнсон А.А. Радиобиология человека и животных: учебное пособие / под ред. С.П. Ярмоненко. – М.: Высшая школа, 2004.

## ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ

5. Гольдберг Д.И., Гольдберг Е.Д. Атлас микрофотограмм костного мозга при острой лучевой болезни и действии цитостатических препаратов. – М.: Медицина, 1973.
6. Иванов А.Е., Куршакова Н.Н., Шиходыров В.В. Патологическая анатомия лучевой болезни. – М.: Медицина, 1981.
7. Москалев Ю.И. Отдаленные последствия ионизирующих излучений. – М.: Медицина, 1991.
8. Медицинские последствия Чернобыльской аварии (научный отчет). – Женева: ВОЗ, 1996.
9. Торопцев И.В., Гольдберг Е.Д. Острейшая лучевая болезнь. – Томск: Изд-во Том. ун-та, 1972.
10. Уразова О.И., Новицкий В.В. Лабораторная диагностика гематологических синдромов и болезней: учебное пособие. – Томск: Изд-во «Печатная мануфактура», 2008.

## **Занятие 15**

### **ТЕМА: ГЕМАТОЛОГИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА ХРОНИЧЕСКОЙ ЛУЧЕВОЙ БОЛЕЗНИ**

#### **Цель:**

1. Выяснить механизмы поражения системы гемопозеза в условиях хронической лучевой болезни.
2. Освоить некоторые методы гематологической диагностики хронической лучевой болезни.

#### **I. Самостоятельная работа во внеучебное время**

*Основные вопросы для самостоятельной подготовки и самоконтроля:*

1. Современные представления о хронической лучевой болезни (ХЛБ) – этиология, патогенез; внешнее и внутреннее облучение.
2. Классификация ХЛБ.
3. ХЛБ, обусловленная общим облучением (I вариант).
4. ХЛБ, обусловленная местным облучением (II вариант).
5. Изменения системы крови при ХЛБ.

*Вопросы для самоконтроля:*

1. Что понимают под хронической лучевой болезнью?
2. Как классифицируют ХЛБ по степеням тяжести и в зависимости от условий облучения?
3. Какие периоды ХЛБ Вам известны?
4. Чем характеризуется каждая степень тяжести ХЛБ при общем облучении организма?
5. Какие изменения периферической крови и клеток костного мозга можно выявить при I степени тяжести ХЛБ?
6. Какие изменения периферической крови и клеток костного мозга могут быть выявлены при II степени тяжести ХЛБ?
7. Какими изменениями периферической крови и клеток костного мозга характеризуется ХЛБ III степени тяжести?
8. Каковы особенности течения ХЛБ при неравномерном облучении (внешнем и внутреннем)?

#### **II. Работа на занятии**

*План занятия:*

1. Вводное слово преподавателя о цели и порядке выполнения работы – 10 мин.
2. Проверка знаний студентов путем программированного контроля – 25 мин.
3. Самостоятельная работа студентов – 80 мин.

4. Заполнение протоколов и обсуждение полученных результатов – 10 мин.
5. Решение ситуационных задач – 10 мин.

**Работа 1. Гематологическая диагностика хронической лучевой болезни (подсчет гемограмм у животных с хронической лучевой болезнью)**

Работа выполняется на морских свинках, облученных в разных суммарных дозах (0,12 Гр/сут). Подсчет лейкоцитарной формулы проводят в мазках крови, полученных от здоровых животных и от животных с ХЛБ. Технику подсчета гемограммы смотрите в теме «Гематологическая диагностика ОЛБ», занятие 11, работа 2.

При подсчете лейкоцитарной формулы периферической крови у животных с ХЛБ следует обратить внимание на развивающуюся лейкопению, относительный лимфоцитоз, наличие патологических форм лейкоцитов. Известно также, что при ХЛБ наблюдаются анемия, анизоцитоз, пойкилоцитоз, полихроматофилия, появляются нормобласты.

**Таблица 15-1**

**Таблица учета экспериментальных данных**

Показатель	Нейтрофилы		Эозинофилы	Базофилы	Лимфоциты	Моноциты	Прочие клетки
	п/я	с/я					
Мазок здорового животного							
Мазок животного с хронической лучевой болезнью							

**Работа 2. Подсчет индекса сегментации нейтрофильных лейкоцитов на мазках периферической крови у животных с хронической лучевой болезнью**

При развитии у животных ХЛБ обнаруживается значительное количество гиперсегментированных форм нейтрофильных лейкоцитов. Наблюдается прямая зависимость между выраженностью феномена гиперсегментации и дозой облучения. Определение индекса сегментации проводится на мазках периферической крови животных с ХЛБ и здоровых животных. Технику подсчета индекса

са сегментации в нейтрофильных лейкоцитах смотрите в теме «Гематологическая диагностика ОЛБ», занятие 11, работа 3.

**Вопросы для обсуждения:**

1. Каков патогенез ХЛБ?
2. Какие изменения наблюдаются в периферической крови экспериментальных животных с ХЛБ при различных степенях тяжести?
3. Можно ли выделить специфические гематологические проявления, характерные для ХЛБ?

**РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА**

**ОСНОВНАЯ**

1. Основы медицинской радиобиологии / Н.В. Бутомо, А.Н. Гребенюк, В.И. Лезега и др.; под ред. И.Б. Ушакова. – СПб.: ООО Издательство Фолиант, 2004.
2. Гуськова А.К., Байсоголов Г.Д. Лучевая болезнь человека. – М.: Медицина, 1971.
3. Радиация и патология: учебное пособие / А.Ф. Цыб, Р.С. Будагов, И.А. Замулаева и др.; под ред. А.Ф. Цыба. – М.: Высшая школа, 2005.
4. Ярмоненко С.П., Вайнсон А.А. Радиобиология человека и животных: учебное пособие / под ред. С.П. Ярмоненко. – М.: Высшая школа, 2004.

**ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ**

5. Гольдберг Е.Д. Изменения системы крови при хроническом действии малых доз ионизирующих излучений. – Томск: Изд-во Том. ун-та, 1964.
6. Гольдберг Е.Д. Справочник по гематологии. – Томск: Изд-во Том. ун-та, 1989.
7. Уразова О.И., Новицкий В.В. Лабораторная диагностика гематологических синдромов и болезней: учебное пособие. – Томск: Изд-во «Печатная мануфактура», 2008.

## Занятие 16

### ТЕМА: ГЕМАТОЛОГИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА ХРОНИЧЕСКОЙ ЛУЧЕВОЙ БОЛЕЗНИ (продолжение)

#### Цель:

1. Оценить состояние кроветворения при экспериментальной хронической лучевой болезни на основании анализа миелограмм (сравнить с нормой).
2. Выявить особенности миелограмм, которые могут быть использованы для диагностики хронической лучевой болезни.

#### I. Самостоятельная работа во внеучебное время

*Основные вопросы для самостоятельной подготовки и самоконтроля:*

1. Что понимают под динамическим «критическим органом» при неравномерном облучении?
2. Можете ли Вы назвать основные патогенетические особенности ХЛБ, вызванной действием радионуклидов с избирательным распределением или при местном внешнем облучении?
3. Каковы изменения в структуре и функции критического органа при местном облучении при ХЛБ I степени тяжести?
4. В чем особенности изменений в структуре и функции критического органа при местном облучении при ХЛБ II степени тяжести?
5. Чем характеризуются изменения в структуре и функции критического органа при местном облучении при ХЛБ III степени тяжести?
6. Какими факторами определяются глубина и сравнительная выраженность анатомических изменений различных органов и систем при длительном местном облучении?
7. В чем суть изменений кожи и подкожной клетчатки в отдаленные сроки при местном облучении?
8. Каковы особенности изменений семенников в отдаленные сроки при местном облучении?
9. Чем характеризуются изменения нервной системы в отдаленные сроки при местном облучении?
10. Как происходит компенсация дефекта, возникшего при местном облучении?

#### II. Работа на занятии

*План занятия:*

1. Вводное слово преподавателя о цели и порядке выполнения работы – 10 мин.
2. Разбор теоретического материала – 20 мин.
3. Самостоятельная работа студентов – 90 мин.
4. Заполнение протоколов и анализ полученных результатов – 15 мин.



## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА СТУДЕНТОВ

### Работа 1. Подсчет миелограммы у животных с ХЛБ

Работа проводится на морских свинках, облученных в разных суммарных дозах (0,12 Гр/сут). Технику подсчета миелограммы смотрите в теме «Гематологическая диагностика ОЛБ», занятие 12, работа 1. При подсчете миелограмм при ХЛБ необходимо обратить внимание на отсутствие молодых форм миелоидного ряда, опустошение, наличие патологических форм клеток и морфологию митозов, изучить состояние эритропоэза и лимфопоэза.

### Вопросы для обсуждения:

1. Какие изменения в структуре критических органов можно наблюдать при ХЛБ легкой степени тяжести?
2. Какие изменения в структуре критических органов можно наблюдать при ХЛБ средней степени тяжести?
3. Какие изменения в структуре критических органов можно наблюдать при ХЛБ тяжелой степени тяжести?

## РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

### ОСНОВНАЯ

1. Основы медицинской радиобиологии / Н.В. Бутомо, А.Н. Гребенюк, В.И. Легеза и др.; под ред. И.Б. Ушакова. – СПб.: ООО Издательство Фолиант, 2004.
2. Гуськова А.К., Байсоголов Г.Д. Лучевая болезнь человека. – М.: Медицина, 1971.
3. Радиация и патология: учебное пособие / А.Ф. Цыб, Р.С. Будагов, И.А. Замулаева и др.; под ред. А.Ф. Цыба. – М.: Высшая школа, 2005.
4. Ярмоненко С.П., Вайнсон А.А. Радиобиология человека и животных: учебное пособие / под ред. С.П. Ярмоненко. – М.: Высшая школа, 2004.

### ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ

5. Гольдберг Е.Д. Изменения системы крови при хроническом действии малых доз ионизирующих излучений. – Томск: Изд-во Том. ун-та, 1964.
6. Гольдберг Е.Д. Справочник по гематологии. – Томск: Изд-во Том. ун-та, 1989.
7. Уразова О.И., Новицкий В.В. Лабораторная диагностика гематологических синдромов и болезней: учебное пособие. – Томск: Изд-во «Печатная мануфактура», 2008.

## **Занятие 17**

### **ТЕМА: ПАТОЛОГО-АНАТОМИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА ХРОНИЧЕСКОЙ ЛУЧЕВОЙ БОЛЕЗНИ**

#### **Цель:**

1. Выявить диагностические признаки хронической лучевой болезни при просмотре микропрепаратов от облученных животных.

#### **I. Самостоятельная работа во внеучебное время**

*Основные вопросы для самостоятельной подготовки и самоконтроля:*

Особенности патоморфологических изменений в органах и тканях в зависимости от пролиферативной активности клеток их составляющих:

- 1) кожа;
- 2) органы пищеварения;
- 3) кроветворная ткань;
- 4) половые железы;
- 5) нервная система;
- 6) сердце и кровеносные сосуды;
- 7) органы дыхания;
- 8) органы выделения;
- 9) эндокринные железы;
- 10) костная ткань.

#### **II. Работа на занятии**

*План занятия:*

1. Вводное слово преподавателя о значении изучения патолого-анатомической картины ХЛБ – 10 мин.
2. Проверка знаний студентов путем программированного контроля – 30 мин.
3. Заслушивание реферативного доклада – 15 мин.
4. Самостоятельная работа студентов – 60 мин.
5. Заполнение протоколов и обсуждение полученных результатов – 20 мин.

### **ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА СТУДЕНТОВ**

**Работа 1. Изучение микроскопической картины органов при хронической лучевой болезни**

Микропрепараты:

1. Селезенка
2. Лимфатические узлы
3. Печень
4. Половые железы

## Описание микропрепаратов

1. Селезенка. Окраска гематоксилин-эозином. Обратить внимание на уменьшение лимфоидной ткани органа в виде редукции фолликулов и исчезновения мозговых тканей. Последнее обнажает ретикулярную строю селезенки: хорошо видны ретикулярные клетки и трабекулы селезенки. В некоторых препаратах наблюдаются резкое полнокровие красной пульпы и повышение содержания гемосидерина в виде бурых зерен.

2. Лимфатические узлы. Окраска гематоксилин-эозином. В большинстве лимфатических узлов обычная структура сохранена, но в отдельных полях зрения можно видеть атрофию лимфоидной ткани в виде уменьшения фолликулов и обеднения мякотных шнуров с замещением лимфоузлов жировой тканью. Во многих лимфоузлах видны кровоизлияния и скопления гемосидерина.

3. Печень. Окраска гематоксилин-эозином. Ядра печеночных клеток набухшие и оттеснены к периферии, в большинстве гепатоцитов цитоплазма заполнена жиром. Значительное полнокровие сосудов. Единичные гепатоциты с признаками некробиоза.

4. Половые железы. Уже при малом увеличении на препарате видны канальцы, в которых почти полностью отсутствует сперматогенный эпителий – атрофия. В других канальцах при большом увеличении видны клетки в состоянии зернистой и вакуольной дистрофии.

Во время просмотра микропрепаратов и их зарисовки студенты пользуются консультацией преподавателя, цветными рисунками, стендами, таблицами.

### Вопросы для обсуждения:

1. Каков характер патоморфологических изменений в органах и тканях животных при ОЛБ?
2. Каков характер патоморфологических изменений в органах и тканях животных при ХЛБ?

### РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

#### ОСНОВНАЯ

1. Основы медицинской радиобиологии / Н.В. Бутомо, А.Н. Гребенюк, В.И. Легеза и др.; под ред. И.Б. Ушакова. – СПб.: ООО Издательство Фолиант, 2004.
2. Гуськова А.К., Байсоголов Г.Д. Лучевая болезнь человека. – М.: Медицина, 1971.
3. Иванов А.Е., Куршакова Н.Н., Шиходыров В.В. Патологическая анатомия лучевой болезни. – М.: Медицина, 1981.
4. Ярмоненко С.П., Вайнсон А.А. Радиобиология человека и животных: учебное пособие / под ред. С.П. Ярмоненко. – М.: Высшая школа, 2004.

## Занятие 18

### ТЕМА: ЛУЧЕВАЯ БОЛЕЗНЬ ПРИ ДЕЙСТВИИ ИНКОРПОРИРОВАННЫХ РАДИОАКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ

#### Цель:

1. Выявить особенности развития хронической лучевой болезни при относительно равномерном и неравномерном поступлении радионуклидов в организм человека и животных.
2. Обсудить основные вопросы, касающиеся действия биологически значимых радионуклидов.

#### I. Самостоятельная работа во внеучебное время

*Основные вопросы для самостоятельной подготовки:*

1. Краткая характеристика основных групп радиоактивных веществ и клиническая картина вызываемых ими поражений.
2. Основные диагностические и лечебные мероприятия при поступлении радиоактивных веществ в организм.
3. Динамика показателей крови и костного мозга при ХЛБ от внутреннего облучения радионуклидами.

*Вопросы для самоконтроля:*

1. Какие пути поступления радионуклидов в организм человека Вы знаете?
2. В чем особенности токсического действия радионуклидов?
3. Какие существуют пути выведения радиоактивных веществ из организма?
4. Как рассчитать дозы облучения отдельных органов при попадании в них радионуклидов?
5. Какие радиофармпрепараты используют в медицине и их характеристика?
6. Каковы общие принципы клинической диагностики при поступлении радиоактивных веществ в организм?
7. В чем суть основных лечебных мероприятий при поступлении радиоактивных веществ в организм?
8. Какие изменения в картине периферической крови и костном мозге могут быть выявлены при длительном внутреннем и внешнем облучении организма?
9. В чем заключаются особенности биологического действия йода-131 ( $^{131}\text{I}$ ) и каковы меры помощи при его инкорпорации?
10. Каковы особенности биологического действия цезия-137 ( $^{137}\text{Cs}$ ) и меры помощи при его инкорпорации?
11. Что Вам известно об особенностях биологического действия стронция-90 ( $^{90}\text{Sr}$ ) и мерах помощи при его инкорпорации?

12. Что Вам известно об особенностях биологического действия плутония-239 ( $^{239}\text{Pu}$ ) и мерах помощи при его инкорпорации?

13. Каковы особенности биологического действия полония-210 ( $^{210}\text{Po}$ ) и меры помощи при его инкорпорации?

14. В чем заключаются особенности биологического действия радона-222 ( $^{222}\text{Rn}$ ) и меры помощи при его инкорпорации?

При рассмотрении вопросов особенностей действия биологически значимых радионуклидов обратите внимание на таблицу 18-1.

## II. Работа на занятии

*План занятия:*

1. Вводное слово преподавателя о цели и порядке выполнения работы – 10 мин.
2. Проверка знаний студентов путем программированного контроля – 25 мин.
3. Разбор теоретического материала – 90 мин.
4. Заключительное слово преподавателя – 10 мин.

## РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

### ОСНОВНАЯ

1. Основы медицинской радиобиологии / Н.В. Бутомо, А.Н. Гребенюк, В.И. Легеза и др.; под ред. И.Б. Ушакова. – СПб.: ООО Издательство Фолиант, 2004.
2. Гуськова А.К., Байсоголов Г.Д. Лучевая болезнь человека. – М.: Медицина, 1971.
3. Малаховский В.Н., Труфанов Г.Е., Рязанов В.В. Радиационная безопасность при радионуклидных исследованиях: учебно-методическое пособие для врачей. – СПб.: ЭЛБИ-СПБ, 2008.
4. Ярмоненко С.П., Вайнсон А.А. Радиобиология человека и животных: учебное пособие / под ред. С.П. Ярмоненко. – М.: Высшая школа, 2004.

### ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ

5. Журавлев В.Ф. Токсикология радиоактивных веществ. – М.: Энергоатомиздат, 1990.
6. Соматические эффекты хронического гамма-облучения / под ред. Ю.Г. Григорьева и соавт. – М.: Энергоиздат, 1986.
7. Ушаков И.Б., Давыдов Б.И., Солдатов С.К. Человек в небе Чернобыля. – Ростов-на-Дону: Изд-во Ростов. ун-та, 1994.

Таблица 18-1

## Особенности действия отдельных биологически значимых радионуклидов (Бутомо Н.В. и др., 2004)

Радионуклид	Вид излучения; Е	Период полураспада ( $T_{1/2}$ )	Период полувыведения	Тропность, особенности биологического действия
Йод-131 ( $^{131}\text{I}$ )	$\beta - 0,2-0,8$ мэВ $\gamma - 0,1-0,7$ мэВ	8,05 сут	7,5 сут	<u>Щитовидная железа</u> . Развиваются деструктивные процессы в щитовидной и паращитовидных железах, реактивные изменения в гипофизе, расстройство функций половых желез, снижается плодовитость, возникает аутоиммунный тиреоидит, рак щитовидной железы.
Цезий-137 ( $^{137}\text{Cs}$ )	$\beta - 0,5$ мэВ $\gamma - 0,7$ мэВ	30 лет	110 сут	<u>Распределение в организме сравнительно равномерное</u> . Обнаруживаются общие реакции со стороны системы крови, нервной системы, изменения ЭКГ, электромиограммы, нарушения некоторых ферментных систем мышц, печени. Злокачественные опухоли.
Стронций-90 ( $^{90}\text{Sr}$ )	$\beta - 0,5$ мэВ	28,6 года	17,5 года	Депонируется преимущественно в <u>костях и костном мозге</u> . Включается в минеральный обмен. Может достаточно прочно фиксироваться в легких. Нарушается функция почек, печени, кишечника. Угнетение спермато- и овогенеза, нарушение иммунитета, анемия, изменения нейроэндокринной системы. Злокачественные опухоли.
Плутоний-239 ( $^{239}\text{Pu}$ )	$\alpha - 5,5$ мэВ $\gamma - 0,01-0,4$ мэВ	24360 лет	$\approx 100$ лет	<u>Очень опасен при поступлении внутрь организма</u> . Оседает в легких, переходит в кровь. Облучает костные поверхности, печень. Страдает функция кроветворения и кровообращения. Анемия, кровоизлияния, кахексия. Злокачественные опухоли.
Полоний-210 ( $^{210}\text{Po}$ )	$\alpha - 5,3$ мэВ	138,3 сут	30-40 сут	<u>Распределение в организме сравнительно равномерное</u> . Преимущественно накапливается в органах, богатых ретикулоэндотелиальной тканью. Страдают почки, селезенка, печень, органы дыхания. Изменения в системе кровообращения. Часть потомства рождается мертвыми или мало жизнеспособными. Новообразования.
Радон-222 ( $^{222}\text{Rn}$ )	$\alpha - 5,5$ мэВ	3,8 сут	-	<u>Легкие</u> . Злокачественные новообразования. Радиационный пневмосклероз.

## Занятие 19

### ТЕМА: ГЕМАТОЛОГИЧЕСКАЯ И ПАТОЛОГОАНАТОМИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА ХРОНИЧЕСКОЙ ЛУЧЕВОЙ БОЛЕЗНИ И ПРИ ДЕЙСТВИИ ИНКОРПОРИРОВАННЫХ РАДИОАКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ

#### Цель:

1. Контроль знаний студентов.

#### I. Самостоятельная работа во внеучебное время

*Основные вопросы для самостоятельной подготовки и самоконтроля (см. занятия 15, 16, 17, 18).*

#### СИТУАЦИОННЫЕ ЗАДАЧИ

**Задача 1.** Больная М., 41 год, рентгенолаборант. В течение 7 лет работала в неблагоприятных условиях рентгенолаборантом на плохо защищенном дентальном аппарате. Ухудшение самочувствия возникло через 5 лет от начала работы. Беспокоили общая слабость, повышенная утомляемость, тупые головные боли. Пульс лабильный, 70–95 уд /мин, АД 100/70 мм. рт.ст.

Результаты анализа крови: гемоглобин – 80 г/л, эритроциты – 3,9 Т/л, лейкоциты – 3,6 Г/л, тромбоциты – 20 Г/л.

При подсчете лейкоцитарной формулы выявлена следующая картина:

п/я нейтрофилы – 12%

с/я нейтрофилы – 38%

эозинофилы – 5%

базофилы – 1%

лимфоциты – 42%

моноциты – 2%

В периферической крови встречались гиперсегментированные нейтрофилы, нейтрофилы с токсической зернистостью, двоядерные лимфоциты.

Назовите степень тяжести ХЛБ у больной М.

Что Вы знаете о патогенезе этого заболевания?

Какие мероприятия необходимо провести с целью лечения ХЛБ предполагаемой степени тяжести?

**Задача 2.** Больная К., 40 лет, 5 лет работала лаборантом-радиографом. Пользовалась источником гамма-лучей  $^{60}\text{Co}$ . Недостаточно использовала средства защиты. Доза за год достигала 1,8 Гр общего относительно равномерного гамма-облучения.

Жалобы на слабость, раздражительность, головные боли, боли в области сердца неопределенного характера, плохой аппетит, похудание. Кожные покровы несколько бледны.

Результаты анализа крови: гемоглобин – 80 г/л, эритроциты – 3,0 Т/л, лейкоциты – 2,8 Г/л, тромбоциты – 10 Г/л, лейкоэритробластическое соотношение – 2,6.

Установите клинический диагноз.

Назовите степень тяжести заболевания, период.

**Задача 3.** Больной А., 40 лет, поступил в клинику с жалобами на общую слабость, быструю утомляемость, нарушение сна, головные боли, снижение аппетита, поносы. Считает себя больным в течение последних 2 лет. Заболевание развивалось постепенно, без видимых причин. Последние 10 лет работал рентгенологом, нередко пренебрегал техникой безопасности.

Общий анализ крови: Hb – 85 г/л, эритроциты – 3,7 Т/л, лейкоциты – 3,8 Г/л. В мазке крови много гиперсегментированных нейтрофилов. Встречаются двуядерные лимфоциты. Поставьте диагноз, объясните механизм развития астенического синдрома, изменений со стороны системы крови и пищеварения.

## РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

### ОСНОВНАЯ

1. Основы медицинской радиобиологии / Н.В. Бутомо, А.Н. Гребенюк, В.И. Легеца и др.; под ред. И.Б. Ушакова. – СПб.: ООО Издательство Фолиант, 2004.
2. Гуськова А.К. Лучевая болезнь человека. – М.: Медицина, 1971.
3. Малаховский В.Н., Труфанов Г.Е., Рязанов В.В. Радиационная безопасность при радионуклидных исследованиях: учебно-методическое пособие для врачей. – СПб.: ЭЛБИ-СПБ, 2008.
4. Радиация и патология: учебное пособие / под ред. А.Ф. Цыба. – М.: Высшая школа, 2005.
5. Ярмоненко С.П., Вайнсон А.А. Радиобиология человека и животных: учебное пособие / под ред. С.П. Ярмоненко. – М.: Высшая школа, 2004.

### ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ

6. Гольдберг Е.Д. Изменения системы крови при хроническом действии малых доз ионизирующих излучений. – Томск: Изд-во Том. ун-та, 1964.
7. Иванов А.Е., Куршакова Н.Н., Шиходыров В.В. Патологическая анатомия лучевой болезни. – М.: Медицина, 1981.
8. Москалев Ю.И. Отдаленные последствия ионизирующих излучений. – М.: Медицина, 1991.
9. Медицинские последствия Чернобыльской аварии (научный отчет). – Женева: ВОЗ, 1996.



## Занятие 20

### ТЕМА: ТЕРАПИЯ ЛУЧЕВОЙ БОЛЕЗНИ. МЕРЫ ПОМОЩИ ПРИ ИНКОРПОРАЦИИ РАДИОНУКЛИДОВ

#### Цель:

1. Проверить знания студентов.
2. Рассмотреть общую тактику лечебных мероприятий при внешнем и внутреннем облучении.

#### I. Самостоятельная работа во внеучебное время

*Основные вопросы для самостоятельной подготовки:*

1. Медицинская сортировка пострадавших и купирование проявлений первичной реакции на облучение.
2. Лечение инфекционных осложнений при ОЛБ.
3. Профилактика и борьба с интоксикацией.
4. Терапия геморрагического синдрома и анемии.
5. Борьба с костно-мозговым синдромом.
6. Неотложная помощь при инкорпорации радионуклидов.

*Вопросы для самоконтроля:*

1. В чем заключаются мероприятия первой медицинской помощи при облучении?
2. Что Вы понимаете под «критической» группой населения?
3. Что является основными критериями для эвакуации?
4. Какие лечебные мероприятия необходимо оказать больным ОЛБ легкой степени тяжести?
5. Какие лечебные мероприятия необходимо оказать больным ОЛБ средней степени тяжести?
6. Какие лечебные мероприятия необходимо оказать больным ОЛБ тяжелой степени тяжести?
7. Какие лечебные препараты используют для профилактики и лечения первичной реакции ОЛБ?
8. В чем заключается метод «изоляции» пострадавшего?
9. Какие средства профилактики и лечения инфекционных осложнений экзо- и эндогенной этиологии Вы знаете?
10. В какие сроки после облучения необходимо проводить антибиотикотерапию?
11. Что Вы знаете о средствах и методах дезинтоксикационной терапии?
12. Чем обусловлен «лучевой эндотоксикоз»?
13. Чем обусловлен геморрагический синдром при ОЛБ?

14. Какой метод лечения геморрагического синдрома является наиболее эффективным, каковы показания для начала его применения?
15. Можете ли Вы назвать препараты, способные вызвать гемостатический эффект?
16. Как можно купировать анемию при острой недостаточности костно-мозгового кровотока?
17. Что Вам известно о средствах и методах лечения костномозгового синдрома?
18. Какие виды трансфузий костного мозга Вы знаете, каковы пути преодоления иммунологического барьера?
19. Какие средства оказания неотложной помощи при инкорпорации радионуклидов Вам известны?
20. Как проводят санитарную обработку радиоактивнозагрязненных кожных покровов и слизистых оболочек?
21. Какие лечебные мероприятия и средства используют при поступлении радионуклидов в ЖКТ?
22. Что является показанием к оперативным вмешательствам при облучении человека радионуклидами?
23. В чем заключается принцип лечения сочетанных радиационных поражений?

## **ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ**

Выберите один или несколько правильных ответов.

### **1. ПРИ РАДИАЦИОННОМ ОТРАВЛЕНИИ ТРАНСУРАНОВЫМИ ЭЛЕМЕНТАМИ ПРИМЕНЯЮТ**

- 1) пентацин
- 2) йодид калия
- 3) тримефацин
- 4) ферроцин
- 5) унитиол

### **2. СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ТЕРАПИЯ ОЛБ ОСНОВАНА НА ПРИНЦИПАХ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ И ЛЕЧЕНИЯ**

- 1) симптомов ПРО
- 2) геморрагического синдрома
- 3) инфекционных осложнений
- 4) опухолевых процессов
- 5) эндокринных заболеваний
- 6) интоксикации
- 7) костно-мозгового синдрома

### 3. В ТЕРАПИИ ПАНЦИТОПЕНИЧЕСКОГО СИНДРОМА СУЩЕСТВУЮТ СЛЕДУЮЩИЕ ПОДХОДЫ

- 1) гемосорбция
- 2) применение ГРФ (гемопоэтических ростовых факторов)
- 3) трансплантация костного мозга
- 4) трансплантация стволовых клеток
- 5) гемотрансфузия

### 4. К СРЕДСТВАМ ОКАЗАНИЯ ПОМОЩИ ПРИ ИНКОРПОРАЦИИ РАДИО-АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ ОТНОСЯТ

- 1) антибиотики
- 2) витамины и витаминно-минеральные комплексы
- 3) седативные средства
- 4) сорбенты
- 5) нестероидные противовоспалительные препараты
- 6) хелаты
- 7) стабильные нуклиды

### 5. ПРИ ПОПАДАНИИ В ОРГАНИЗМ Sr-90, Sr-89 В КАЧЕСТВЕ МЕТАБОЛИЧЕСКОГО КОНКУРЕНТА ПРИМЕНЯЮТ СТАБИЛЬНЫЕ НУКЛИДЫ

- 1) Ca
- 2) Co
- 3) Fe
- 4) J
- 5) Na
- 6) K

### 6. В КОМПЛЕКСНОЕ ЛЕЧЕНИЕ ОЛБ ВХОДИТ

- 1) купирование расстройств, возникающих в ПРО
- 2) повышение радиорезистентности организма
- 3) проведение дезинтоксикационной терапии
- 4) профилактика и лечение инфекционных осложнений
- 5) профилактика и лечение кровоточивости
- 6) профилактика и лечение анемии
- 7) профилактика и лечение опухолевого роста

## II. Работа на занятии

### *План занятия:*

1. Вводное слово преподавателя о цели и порядке выполнения работы – 10 мин.
2. Проверка знаний студентов путем программированного контроля – 25 мин.
3. Разбор теоретического материала – 90 мин.
4. Заключительное слово преподавателя – 10 мин.

## РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

### ОСНОВНАЯ

1. Основы медицинской радиобиологии / Н.В. Бутомо, А.Н. Гребенюк, В.И. Лебезева и др.; под ред. И.Б. Ушакова. – СПб.: ООО Издательство Фолиант, 2004..
2. Гуськова А.К., Байсоголов Г.Д. Лучевая болезнь человека. – М.: Медицина, 1971.
3. Малаховский В.Н., Труфанов Г.Е., Рязанов В.В. Радиационная безопасность при радионуклидных исследованиях. – СПб. : ЭЛБИ-СПб, 2008.
4. Ярмоненко С.П., Вайнсон А.А. Радиобиология человека и животных: учебное пособие / под ред. С.П. Ярмоненко. – М.: Высшая школа, 2004.

### ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ

5. Васин М.В. Средства профилактики и лечения лучевых поражений: учебное пособие. – М.: Медицина, 2001.
6. Терновой С.К., Сеницын В.Е. Лучевая диагностика и терапия: учебное пособие. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2009.

## Занятие 21

### ТЕМА: ОПОСРЕДОВАННЫЕ ЭФФЕКТЫ ОБЛУЧЕНИЯ. НАРУШЕНИЕ ОБМЕНА ВЕЩЕСТВ

#### Цель:

1. Проверить знания студентов.
2. Обсудить основные вопросы, касающиеся сущности и механизмов опосредованных эффектов облучения и нарушений обмена веществ в облученном организме.

#### I. Самостоятельная работа во внеучебное время

*Основные вопросы для самостоятельной подготовки:*

1. Опосредованные эффекты облучения и их роль в исходе радиационного поражения организма.
2. Опосредованное действие ионизирующего излучения на кроветворение.
3. Опосредованные нарушения в некритических системах облученного организма.
4. Нарушение обмена веществ в облученном организме – биохимическая основа лучевого поражения.

*Вопросы для самоконтроля:*

1. Что понимают под непосредственным и опосредованным эффектами ионизирующих излучений?
2. Почему необходимо разделение непосредственного и опосредованного компонента в реакциях организма на облучение?
3. Как Вы поясните утверждение «дистанционное действие ионизирующих излучений всегда опосредованное, но опосредованное – не всегда дистанционное»? Приведите примеры.
4. Каким образом можно вызвать опосредованные дистанционные эффекты ионизирующих излучений на кроветворение?
5. Какова динамика клеточного опустошения костного мозга при непосредственном его облучении, в экранированном участке и в контроле (мнимое облучение)?
6. Какому эффекту лучевого поражения – непосредственному или опосредованному принадлежит ведущая роль в радиационном поражении кроветворения?
7. В чем состоит возможная роль токсинов (не смешивать с первичными радиотоксинами) в дистанционных и опосредованных эффектах облучения?
8. Какие физиологические системы организма могут принимать участие в формировании опосредованных эффектов ионизирующего излучения?

9. Какие биохимические процессы протекают в клетке на этапе первичного действия ионизирующего излучения?
10. Что понимают под биохимическими изменениями, происходящими в организме при развитии лучевой болезни и на этапе ее отдаленных последствий?
11. Чем характеризуются нарушения регуляции обменных процессов на молекулярном и структурном уровнях организации клетки?
12. Что можно сказать о выраженности обменных нарушений в радиочувствительных и радиорезистентных тканях организма?
13. Что Вам известно об основных нарушениях обмена нуклеиновых кислот и нуклеопротеинов?
14. Какие нарушения белкового обмена развиваются в организме после облучения?
15. Чем определяется и от чего может зависеть активность ферментов в облученном организме?
16. Какие показатели белково-нуклеинового обмена используют в качестве ранней диагностической реакции?
17. Что можно сказать о радиационных нарушениях обмена липидов в организме млекопитающих?
18. Каково значение перекисного окисления липидов в лучевом поражении клеток, тканей, организма?
19. Какие вещества относят к первичным радиотоксинам?
20. Какие изменения наблюдаются в углеводном обмене после облучения в организме? Как их можно объяснить?
21. Каковы особенности энергетического обмена после облучения?
22. Какие изменения обмена витаминов и микроэлементов могут наблюдаться в облученном организме?
23. Чем характеризуются изменения обмена веществ после облучения с точки зрения их взаимосвязи, субстратной и гуморальной регуляции основных метаболических путей?

## **ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ**

Выберите один или несколько правильных ответов.

### **1. К ОПОСРЕДОВАННЫМ ПОСТРАДИАЦИОННЫМ ЭФФЕКТАМ МОГУТ БЫТЬ ОТНЕСЕНЫ**

- 1) повреждения здоровых тканей гидролитическими ферментами гибнущих после облучения клеток
- 2) генетические нарушения в облученных клетках
- 3) радиационный блок митозов в экранированной части тела животного или человека
- 4) «рентгеновское похмелье», возникающее у облученного человека

5) развитие стресс-реакции после облучения

6) развитие интоксикации продуктами распада тканей в облученном организме

## **2. ВЕДУЩИМИ ПРИЧИНАМИ ОПУСТОШЕНИЯ ЭКРАНИРОВАННОГО ОТ ОБЛУЧЕНИЯ УЧАСТКА КОСТНОГО МОЗГА ЯВЛЯЮТСЯ**

1) летальные формы клеточных реакций (гибель клеток)

2) радиационный блок митозов при продолжающемся выходе зрелых клеток на периферию

3) перераспределение отдельных форменных элементов костного мозга после облучения

4) ускоренный выход клеток на периферию

## **3. НА ХИМИЧЕСКОМ ЭТАПЕ ПЕРВИЧНОГО ДЕЙСТВИЯ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ ПРОИСХОДИТ**

1) миграция энергии по биомолекуле

2) образование ионизированных молекул

3) образование свободных радикалов

4) химические изменения биологических молекул с образованием стабильных поврежденных продуктов (перекисей, хинонов и др. веществ)

## **4. НАИБОЛЕЕ ЧУВСТВИТЕЛЬНЫМИ В МЕХАНИЗМЕ ПЕРВИЧНОГО ДЕЙСТВИЯ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ ЯВЛЯЮТСЯ БИОХИМИЧЕСКИЕ РЕАКЦИИ**

1) синтез белков

2) синтез нуклеиновых кислот

3) синтез витаминов

4) окислительное фосфорилирование

5) обмен углеводов

## **5. ПОСТРАДИАЦИОННАЯ АКТИВНОСТЬ ФЕРМЕНТОВ ОПРЕДЕЛЯЕТСЯ**

1) сохранностью рабочей структуры фермента

2) значением pH среды, в которой работает фермент

3) наличием субстратов для биохимических реакций

4) целостностью компартментов клетки

## **6. К ТОКСИНАМ, ОБРАЗУЮЩИМСЯ В ОБЛУЧЕННОМ ОРГАНИЗМЕ, МОЖНО ОТНЕСТИ**

1) аномальные метаболиты

2) вещества, свойственные нормальному организму, но образующиеся в избыточном количестве (приведите примеры)

3) продукты окисления фенолов

4) продукты перекисного окисления ненасыщенных жирных кислот

## **7. ПОСТЛУЧЕВЫЕ НАРУШЕНИЯ СТРУКТУРЫ БЕЛКА ОБУСЛОВЛЕННЫ:**

1) разрывом дисульфидных мостиков, водородных связей полипептидной цепи

2) образованием сшивок между полипептидными цепями

3) отщеплением аммиака, сероводорода

4) окислением сульфгидрильных групп и ароматических аминокислот

5) конформационным изменением вторичной и третичной структур белка

**8. В КРОВИ МЛЕКОПИТАЮЩИХ ПОСЛЕ ОБЛУЧЕНИЯ МОГУТ НАБЛЮДАТЬСЯ**

- 1) гипергликемия
- 2) гиперлипидемия
- 3) гиперазотемия
- 4) ацидоз
- 5) алкалоз

**9. У ОБЛУЧЕННЫХ МЛЕКОПИТАЮЩИХ ОТМЕЧАЕТСЯ**

- 1) аминоцидурия
- 2) гемоглобинурия
- 3) креатинурия
- 4) кетонурия

**10. ПРОВОДИМЫМИ ЛЕЧЕБНЫМИ МЕРОПРИЯТИЯМИ С УЧЕТОМ ОПОСРЕДОВАННЫХ ЭФФЕКТОВ ОБЛУЧЕНИЯ И НАРУШЕНИЯ ОБМЕНОВ ВЕЩЕСТВ ЯВЛЯЮТСЯ**

- 1) гемодиализ
- 2) применение детоксикантов
- 3) применение антигистаминных препаратов
- 4) введение плазмозаменителей
- 5) введение стволовых клеток

**II. Работа на занятии**

*План занятия:*

1. Вводное слово преподавателя о цели и задачах семинара – 15 мин.
2. Заслушивание реферативных сообщений – 60 мин.
3. Контроль знаний по теме семинара – 60 мин.

**РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА**

**ОСНОВНАЯ**

1. Основы медицинской радиобиологии / Н.В. Бутомо, А.Н. Гребенюк, В.И. Легеза и др.; под ред. И.Б. Ушакова. – СПб.: ООО Издательство Фолиант, 2004.
2. Кудряшов Ю.Б. Радиационная биофизика (ионизирующее излучение) / под ред. В.К. Мазурика, М.Ф. Ломанова. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2004.
3. Ярмоненко С.П., Вайнсон А.А. Радиобиология человека и животных: учебное пособие / под ред. С.П. Ярмоненко. – М.: Высшая школа, 2004.

**ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ**

4. Березов Т.Т., Коровкин Б.Ф. Биологическая химия. – М.: Медицина, 2007.
5. Биохимия / под ред. Е.С. Северина, А.Я. Николаева. – М.: ГЭОТАР-медиа, 2007.



6. Иванов В.К., Цыб А.Ф., Иванов С.И. и др. Ликвидаторы Чернобыльской катастрофы: радиационно-эпидемиологический анализ медицинских последствий. – М.: Галанис, 1999.
7. Эйдус Л.Х. Мембранные механизмы биологического действия малых доз. – М.: Из-во ИТЭБ РАН, 2001.

## Занятие 22

### ТЕМА: ВЛИЯНИЕ ОБЛУЧЕНИЯ НА ИММУННУЮ СИСТЕМУ

#### Цель:

1. Рассмотреть основные вопросы по состоянию иммунитета в облученном организме.
2. Изучить фагоцитарную активность нейтрофильных лейкоцитов периферической крови и перитонеальных макрофагов животных при лучевом поражении.

#### I. Самостоятельная работа во внеучебное время

##### *Основные вопросы для самостоятельной подготовки:*

1. Состояние лимфоидных органов и кроветворной системы после облучения.
2. Изменение специфической и неспецифической резистентности организма при лучевом поражении.
3. Постлучевые нарушения иммунитета.
4. Особенности терапии лучевой болезни, связанные со снижением иммунитета у пораженных людей.

##### *Вопросы для самоконтроля:*

1. Что Вам известно о радиочувствительности иммунокомпетентных клеток (ИКК)?
2. Как изменяется количество клеток в периферической крови и в костном мозге после однократного острого облучения?
3. Как изменяется количество клеток в периферической крови и в костном мозге на фоне хронического облучения?
4. Какие морфологические изменения наблюдаются в тимусе, лимфатических узлах, селезенке после однократного острого облучения?
5. Какие морфологические изменения наблюдаются в лимфоидных органах на фоне хронического облучения?
6. Как изменяется функциональная активность иммунокомпетентных клеток при облучении организма?
7. В какой форме могут проявляться постлучевые нарушения иммунитета? Каковы механизмы, приводящие к этим нарушениям?
8. Чем характеризуется состояние барьерных функций кожи, слизистых оболочек и слизистой кишечника при иммунодефиците?
9. Как изменяются свойства нормальной микрофлоры организма при лучевой болезни?
10. Как изменяются бактерицидные свойства крови и тканей облученного организма?

11. Как облучение сказывается на фагоцитарном звене иммунитета и естественной цитотоксичности?
12. Чем характеризуются нарушения в клеточном звене иммунитета после облучения?
13. Какова связь пострadiационных изменений иммунитета с аутоиммунными реакциями в постлучевом периоде?
14. Какие заболевания, развивающиеся в постлучевом периоде могут обуславливаться изменениями со стороны системы иммунитета?
15. Как изменяется иммунитет при хроническом облучении, при действии малых доз радиации?

## **II. Работа на занятии**

*План занятия:*

1. Вводное слово преподавателя о порядке проведения занятия – 5 мин.
2. Разбор основных вопросов о состоянии иммунитета при лучевом поражении – 60 мин.
3. Знакомство с методикой и выполнение практической работы – 60 мин.
4. Обсуждение полученных результатов – 10 мин.

### **ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА СТУДЕНТОВ**

Анализируя влияние ионизирующей радиации на фагоцитоз, целесообразно рассмотреть в отдельности действие ее на микрофаги и макрофаги. При больших дозах облучения наблюдается следующая динамика изменения фагоцитоза:

- а) начальное повышение фагоцитарной активности лейкоцитов (ФАЛ), совпадающей по времени со смещением лейкоцитарной формулы вправо;
- б) фаза нормальной активности (2–3-и сутки);
- в) фаза понижения активности – результат функциональной недостаточности лейкоцитов. Изменение (угнетение фагоцитоза) зависит от дозы облучения – чем больше доза, тем больше угнетение. Страдает не только способность нейтрофилов поглощать микроорганизмы, но и переваривать их. Акт фагоцитоза, как известно, зависит от наличия в крови комплемента, опсонинов, ряда веществ неиммунной природы, которые могут стимулировать или угнетать фагоцитарную активность лейкоцитов или их миграционную способность. Последняя также играет немаловажную роль в фагоцитарном процессе. При лучевой болезни уровень комплемента в крови длительное время после облучения остается нормальным, то же можно сказать и об опсонизирующем действии сыворотки крови. Это позволяет утверждать, что основная причина угнетения фагоцитарной активности лейкоцитов при лучевом поражении заключается не в на-

рушении обязательных гуморальных компонентов фагоцитоза (комлемент, опсоины), а в функциональной неполноценности самих фагоцитов – угнетения переваривающей способности и подвижности.

Облучение организма оказывает существенное влияние на фагоцитарную способность клеток макрофагальной системы. Известно, что количество макрофагов в тканях после облучения уменьшается. Страдает функция захвата и переваривания чужеродных агентов макрофагальными элементами перитонеального экссудата, купферовских клеток, альвеолярных макрофагов.

Детально изучено это явление, осуществляемое макрофагами ретикулярной стромы кишечника в норме и при лучевой болезни. У здоровых животных микробы, проникшие из просвета кишечника в ткань лимфоидных фолликулов, подвергаются фагоцитозу макрофагами с завершением этого процесса. У облученных животных отмечается дегенерация макрофагов, а процесс фагоцитирования отличается незавершенностью.

Таким образом, при лучевом поражении организма типичным для всей фагоцитарной системы является быстро развивающееся уменьшение количества микро- и макрофагов, угнетение фагоцитарной их активности и незавершенность фагоцитарного процесса вследствие функциональной неполноценности фагоцитирующих клеток.

## **Работа 1. Метод постановки реакции незавершенного и завершенного фагоцитоза нейтрофилами периферической крови**

### Методика постановки незавершенного фагоцитоза

Фагоцитарная активность нейтрофилов периферической крови определяется на 3–7-е сутки после воздействия по следующей методике. Взятая из хвостовой вены или из тела кровь в количестве 3–4 капель смешивается с половинным количеством 3 % раствора лимонно-кислого натрия и с таким же количеством взвеси золотистого стафилококка № 209. Взвесь стафилококка содержит 1 млрд микробных тел. Ее готовят посредством смыва физиологическим раствором суточной агаровой культуры.

Полученную в пробирке смесь: кровь (4 капли) + цитрат (2 капли) + № 209 (2 капли) ставят в термостат (37 °С) на 30 минут. Затем пробирки центрифугируют 5 минут при 1000 об/мин, из осадка готовят мазки, окрашивают азур II-эозином (как периферическую кровь). В готовых мазках определяют процент фагоцитирующих нейтрофилов (на 100 встретившихся в мазке нейтрофилов) и поглотительную способность нейтрофилов (среднее количество микробных клеток, поглощенное одним фагоцитирующим лейкоцитом).

Таким образом, постановка этого метода дает возможность оценить:

- 1) фагоцитарную активность лейкоцитов – % фагоцитирующих клеток;

2) поглотительную способность лейкоцитов – среднее число бактерий в одной фагоцитирующей клетке.

Для удобства подсчета этих двух показателей удобнее всего заполнить сетку:

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	5	-	8	10	1	3	4	6	7	-
2	-	3	2	5	10	-	-	-	8	1
3	-	-	-	10	-	-	-	-	6	7
4	5	1	-	-	-	5	7	-	-	-
5	5	3	-	-	2	4	-	-	-	-
6	8	10	-	1	-	3	5	7	-	-
7	-	-	-	-	5	4	6	10	-	-
8	20	-	1	-	-	-	5	-	1	1
9	3	8	-	-	8	-	-	5	-	-
10	6	-	-	10	-	-	-	-	-	-

В каждый квадрат сетки вписывают цифру, соответствующую количеству микробов, поглощенных одним лейкоцитом. Затем проводят расчет. В нашем примере:

1) процент фагоцитирующих лейкоцитов = 45 %;

2) поглотительная способность =  $265 / 46 = 5,7$ .

Эти показатели сравнивают у облученных и необлученных животных.

#### Методика постановки завершенного фагоцитоза

Первая половина реакции проводится так же, как для определения незавершенного фагоцитоза. После 30-минутной инкубации смеси в термостате в пробирку добавляют мясопептонный бульон в количестве 0,5 мл и инкубируют смесь еще 70 минут при 37°C. Затем пробирки центрифугируют 5 минут при 1000 об/мин. Из осадка готовят мазок и окрашивают азур II-эозином.

В мазке сосчитывается 100 или 50 нейтрофилов, в которых определяется количество переваренных и непереваренных микробных клеток. Выводится %

завершенности фагоцитоза. Для удобства подсчета рекомендуется заполнять таблицу (сетку).

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1/10	-	-	-	-	8/30	-	-	3/5	-
2	-	2/5	7/8	1/10	-	-	0/5	-	-	-
3	0/10	-	-	1/5	2/4	1/5	0/10	-	-	-
4	10/10	0/1	-	-	5/10	2/4	-	-	1/5	1/5
5	1/5	2/10	0/3	0/5	0/4	4	-	-	-	-

$3/5$  – число переваренных/число поглощенных  
 % завершенного фагоцитоза =  $\frac{\text{число переваренных микробов}}{\text{общее количество поглощенных микробов}}$

В нашем примере  $48/169 \% \cdot 100 \% = 28 \%$

Этот показатель сравнивают у облученных и необлученных животных.

**П р и м е ч а н и е .** Жизнеспособные микробы отличаются физиологическим гигантизмом. Они крупные, с четкими контурами и базофильной окраской. Нежизнеспособные микробы оксифильны, с размытыми очертаниями, меньших размеров.

## **Работа 2. Изучение фагоцитарной способности клеток макрофагальной системы (макрофаги перитонеальной жидкости)**

Опыт ставится на белых мышах, облученных и здоровых. За 3 суток до постановки опыта облученным и здоровым мышам внутрибрюшинно вводят коллоидную массу в виде 10 % крахмальной взвеси (10% кисель из растворенного крахмала), приготовленной на среде 199 (1–1,5 мл). Это делают для того, чтобы среди клеток перитонеального экссудата больший процент составили макрофаги (стимуляция мышей).

Клетки перитонеального экссудата извлекают из брюшной полости следующим образом: мышь забивают методом цервикальной фрактуры или декапитацией, прикалывают к парафиновой дощечке. Физиологическим раствором промывают шерстку брюшка. В брюшную полость вводят 4–5 мл среды 199. Для того, чтобы в перитонеальном экссудате было больше макрофагов, брюшко массируют в нижних отделах (не задевать печень!). Затем кожа над брюшком полностью вскрывается, отсепаровывается от брюшины. Прозрачная стенка

брюшины позволяет видеть внутренние органы, плавающие в экссудате и среде 199.

Осторожно с помощью шприца из брюшной полости извлекают экссудат с взвешенными в нем клеточными элементами (3–5 мл). Взвесь помещают в центрифужную пробирку, центрифугируют 10 мин при 1000 об/мин. Надосадочную жидкость убирают, осадок разводят 1,0 мл среды 199. К клеточной взвеси добавляют 0,5 мл взвеси (густота взвеси микробов 1 млрд/1 мл). Смесь инкубируют в термостате 30 минут при 37 °С (каждые 10 минут встряхивают).

После инкубации пробирку центрифугируют 5 минут при 1000 об./мин из осадка готовят мазок, фиксируют, красят азур II-эозином. В мазке изучают поглотельную способность макрофагов и процент фагоцитирующих макрофагов из расчета на 100 клеток, как в предыдущей работе. В протоколах отмечается фагоцитарная способность макрофагов облученных и необлученных животных.

### **Вопросы для обсуждения:**

1. Каков механизм угнетения фагоцитарной активности при лучевом поражении?
2. Какие показатели, полученные в работе, можно использовать для оценки полноценности фагоцитов?
3. Какова радиочувствительность моноцитов и макрофагов?
4. Как функциональная неполноценность макрофагов может отражаться на других звеньях иммунитета после облучения?

### **РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА**

#### **ОСНОВНАЯ**

1. Бутомо Н.В., Гребенюк А.Н., Легеза В.И., Малаховский В.Н., Ушаков И.Б. Основы медицинской радиобиологии / под ред. И.Б. Ушакова. – СПб.: ООО Издательство Фолиант, 2004.
2. Ярмоненко С.П., Вайнсон А.А. Радиобиология человека и животных: учебное пособие / под ред. С.П. Ярмоненко. – М.: Высшая школа, 2004.

#### **ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ**

3. Аклеев А.В., Киселев М.Ф. Экологические и медицинские последствия радиационной аварии 1957 г. на ПО «Маяк». – М., 2001.
4. Долгих В.Т. Основы иммунопатологии: учебное пособие. – Ростов н/Д.: Феникс, 2007.
5. Пак В.В., Лысенко Н.П., Рогожина Л.В. и др. Практикум по радиобиологии. – М.: «Колосс», 2007.

## Занятие 23

### ТЕМА: ПОСТЛУЧЕВОЕ ВОССТАНОВЛЕНИЕ ОРГАНИЗМА

#### Цель:

1. Проверить знания студентов.
2. Обсудить основные вопросы, касающиеся процессов восстановления в облученном организме.

#### I. Самостоятельная работа во внеучебное время

*Основные вопросы для самостоятельной подготовки:*

1. Основные процессы пострадиационного восстановления организма.
2. Методы оценки восстановления организма в постлучевом периоде.
3. Основные показатели пострадиационного восстановления организма.
4. Постлучевое восстановление критических органов.
5. Постлучевое восстановление малообновляющихся тканей.

*Вопросы для самоконтроля:*

1. Какие клеточные процессы лежат в основе постлучевого восстановления организма?
2. В чем суть метода определения устойчивости организма к повторному облучению?
3. Что Вы знаете о методе сравнения полулетальных доз при разных условиях облучения организма?
4. Какие показатели отражают неотрепарированные повреждения в клетках? Как рассчитать дозу «чистого поражения»?
5. Что понимают под термином «период полувосстановления»? Как меняется этот показатель у различных видов млекопитающих?
6. От чего зависит темп восстановления радиорезистентности организма?
7. Какие органы и системы в первую очередь отвечают за пострадиационное восстановление всего организма?
8. Как меняется радиочувствительность критических органов к повторному облучению во времени?
9. Каковы факторы, определяющие пострадиационное восстановление системы крови?
10. Какова последовательность восстановления различных ростков гемопоэза?
11. В чем состоят особенности пострадиационного восстановления в слабообновляющихся тканях? Какие методы позволяют оценить скрытые лучевые повреждения и пострадиационное восстановление в радиорезистентных органах?



## **II. Работа на занятии**

*План занятия:*

1. Вводное слово преподавателя о порядке проведения занятия – 15 мин.
2. Контроль знаний студентов по теме семинара – 120 мин.

### **РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА**

#### **ОСНОВНАЯ**

1. Основы медицинской радиобиологии / Н.В. Бутомо, А.Н. Гребенюк, В.И. Легеза и др.; под ред. И.Б. Ушакова. – СПб.: ООО Издательство Фолиант, 2004.
2. Кудряшов Ю.Б. Радиационная биофизика (ионизирующее излучение) / под ред. В.К. Мазурика, М.Ф. Ломанова. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2004.
3. Цыб А.Ф., Будагов Р.С., Замулаева И.А. и др. Радиация и патология: учебное пособие / под ред. А.Ф. Цыба. – М.: Высшая школа, 2005.

#### **ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ**

4. Жербин Е.А., Чухловин А.Б. Радиационная гематология. – М.: Медицина, 1989.
5. Ремизов А.Н., Максина А.Г., Потапенко А.Я. Медицинская и биологическая физика: учебник для ВУЗов. – 4-е изд., перераб. и дополн. – М.: Дрофа, 2003.

## Занятие 24

### ТЕМА: ДЕЙСТВИЕ МАЛЫХ ДОЗ РАДИАЦИИ НА ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА И ЖИВОТНЫХ

#### Цель:

1. Обсудить современные представления о механизме действия малых доз облучения на организм и последствия этого воздействия.
2. Изучить состояние периферической крови у ликвидаторов последствий аварии на ядерном реакторе Чернобыльской АЭС.

#### I. Самостоятельная работа во внеучебное время

*Основные вопросы для самостоятельной подготовки:*

1. Какие дозы и мощности доз излучения считают малыми (МД)?
2. Радиационный гормезис.
3. Адаптивный ответ.
4. Синергизм в действии радиации и других факторов.
5. Эффект «свидетеля».
6. Методологические подходы при рассмотрении эффектов облучения МД.

*Вопросы для самоконтроля:*

1. Каково значение малых доз, выраженных в единицах эквивалентной и поглощенной дозы?
2. Что такое разовая поглощенная доза при действии малых доз облучения?
3. Каково соотношение между малыми дозами облучения и естественным радиационным фоном?
4. Что такое «радиационный гормезис»?
5. Каков механизм влияния на организм ультрамалых доз с точки зрения сторонников идеи радиационного гормезиса?
6. В чем заключается феномен «адаптивного ответа»?
7. Как регистрируют адаптивный ответ?
8. Каков механизм возникновения адаптивного ответа?
9. Может ли эффект радиации в малых дозах усиливаться при взаимодействии их с химическими и физическими факторами среды?
10. Каков механизм влияния на организм малых доз радиации с точки зрения противников идей радиационного гормезиса?
11. Как проявляется эффект «свидетеля» в необлученных клетках?
12. Каков механизм возникновения и поддержания нестабильности генома у потомков лиц, которые подвергались облучению в малых дозах?
13. Можно ли проводить экстраполяцию эффекта с больших доз на малые уровни облучения?

14. Можно ли все изменения в биологическом объекте (хромосомные и хроматидные aberrации, разрывы ДНК и т.д.) связать только с влиянием МД?

## **II. Работа на занятии**

*План занятия:*

1. Вводное слово преподавателя о целях и задачах самостоятельной практической работы – 5 мин.
2. Заслушивание реферативных докладов по теме занятия – 30 мин.
3. Разбор теоретического материала – 60 мин.
4. Выполнение практической работы (подсчет гемограммы на мазках крови ликвидаторов последствий аварии на ЧАЭС) – 30 мин.
5. Обсуждение полученных результатов – 10 мин.

## **РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА**

### **ОСНОВНАЯ**

1. Основы медицинской радиобиологии / Н.В. Бутомо, А.Н. Гребенюк, В.И. Лезега и др.; под ред. И.Б. Ушакова. – СПб.: ООО Издательство Фолиант, 2004.
2. Цыб А.Ф., Будагов Р.С., Замулаева И.А. и др. Радиация и патология: учебное пособие / под ред. А.Ф. Цыба. – М.: Высшая школа, 2005.
3. Ярмоненко С.П., Вайнсон А.А. Радиобиология человека и животных: учебное пособие / под ред. С.П. Ярмоненко. – М.: Высшая школа, 2004.

### **ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ**

4. Гольдберг Е.Д. Изменения системы крови при хроническом действии малых доз ионизирующих излучений. – Томск: Изд-во Том. ун-та, 1964.
5. Матюхин В.А., Разумов А.Н. Экологическая физиология и радиационный фактор. – М.: Медицина, 2003.
6. Эйбус Л.Х. Мембранные механизмы биологического действия малых доз. – М.: Из-во ИТЭБ РАН, 2001.
7. Яблоков А.В. Миф о безопасности малых доз радиации. – М.: Центр экологической политики России, 2002.

## Занятие 25

### ТЕМА: ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ РАДИАЦИИ

#### Цель:

1. Рассмотреть молекулярно-генетические и цитогенетические механизмы, лежащие в основе постлучевых нарушений организма.
2. Освоить микроядерный тест, используемый для оценки мутагенного эффекта ионизирующих излучений.
3. Познакомиться с методом анализа метафазных пластинок и оценить с помощью этого метода генетические нарушения у облученных животных.
4. Выявить дозозависимый характер генетических нарушений при облучении животных.

#### I. Самостоятельная работа во внеучебное время

##### *Основные вопросы для самостоятельной подготовки:*

1. Радиационная генетика, ее задачи и методы исследования.
2. Дозы генетического риска.
3. Виды мутаций, индуцируемые ионизирующим излучением.
4. Методы исследования радиационного мутагенеза.
5. Генетические последствия облучения млекопитающих.
6. Радиационно-индуцированные мутации в соматических клетках организма.
7. Методы исследования пострadiационных цитогенетических нарушений.

##### *Вопросы для самоконтроля:*

1. Что Вам известно об истории развития науки «радиационная генетика»?
2. Что понимают под генетическим риском облучения?
3. Как оценить риск проявления наследственных дефектов?
4. Каковы дозы, удваивающие спонтанный мутагенез?
5. Какие виды мутаций могут возникать под действием ионизирующих излучений?
6. В чем суть методов изучения геномных мутаций?
7. Какие методы изучения хромосомных мутаций Вы знаете?
8. Что Вам известно о методах изучения генных мутаций?
9. Какие виды генетических повреждений претендуют на роль «маркеров» лучевого повреждения в ближайшие и отдаленные сроки после облучения?
10. Чем характеризуется чувствительность мужских гонад к мутагенному действию ионизирующего излучения?
11. В чем особенности чувствительности женских гонад к мутагенному действию ионизирующего излучения?

12. Каким образом в организме может происходить отбор генетически неполноценных половых клеток?
13. Какое влияние на потомство могут оказать мутации в гаметях родителей?
14. Можете ли Вы назвать правило «одного года», снижающее риск генетических последствий в потомстве облученных отцов?
15. Что Вы знаете о правиле «десяти дней» для женщин репродуктивного возраста?
16. Что известно о соотношении полов у детей, рождающихся у облученных родителей?
17. Чем характеризуется чувствительность к мутагенному действию ионизирующих излучений соматических клеток? Какие виды клеток могут «консервировать» лучевые поражения?
18. Каковы последствия радиационно-индуцированных мутаций, возникающих в соматических клетках?
19. Как связать явление радиационного старения с нарушениями генетического аппарата клетки?
20. Какие методы могут использоваться для обнаружения генетических нарушений в клетке?
21. Как проводится оценка генетических нарушений с помощью микроядерного теста?
22. Как выявляются генетические нарушения с помощью анализа метафазных пластинок?
23. Какие факторы могут влиять на количество аберраций, наблюдаемых после воздействия ионизирующих излучений?
24. Какие клеточные механизмы участвуют в утрате хромосомных аберраций со временем?

## **II. Работа на занятии**

### *План занятия:*

1. Вводное слово преподавателя о порядке проведения занятия – 5 мин.
2. Разбор теоретического материала –30 мин.
3. Знакомство с микроядерным тестом – 10 мин.
4. Знакомство с методом и выполнение работы по оценке метафазных пластинок – 80 мин.
5. Обсуждение полученных результатов – 10 мин.

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА СТУДЕНТОВ

### Работа 1. Оценка генетического эффекта облучения животных с помощью микроядерного теста

В 1975 г. O. Schmidt предложил использовать для первичной прижизненной оценки мутагенеза метод подсчета микроядер в полихроматофильных эритроцитах костного мозга, который в последнее время получил широкое распространение в научных исследованиях. Появление микроядерных эритроцитов индуцирует облучение, алкилирующие агенты, сильные антиметаболиты и т.д.

С целью проведения быстрой и эффективной оценки повреждения хромосом Schlege, Mac Iugor (1983) предложили изучать частоту микроядер в эритроцитах периферической крови. К достоинствам микроядерного теста относится сравнительная быстрота анализа. Если традиционными методами (в том числе анализ метафазных пластинок) для оценки цитогенетических аберраций 1 индивида требуется 1–2 рабочих дня, то при исследовании теста на микроядра приблизительно 1 час. Путем подсчета микроядер можно преодолеть также сложность анализа картины метафазных хромосом. Этот тезис подтверждает приведенная в литературе корреляция между частотой обнаружения микроядерных эритроцитов и цитогенетических аберраций.

Действие мутагенов на организм индуцирует в клетках нарушения генома и структуры хромосом, которые, по-видимому, являются источником образования микроядер в эритроцитах костного мозга и периферической крови. В механизме образования микроядер ведущая роль отводится ацентрическим фрагментам хромосом. Фрагменты хромосом (хроматид), возникшие в результате разрывов хромосом и дисфункции веретена деления, окружаются мембраной и образуют микроядра. Существует мнение, что образование «крупных» микроядер тесно связано с геномными нарушениями хромосомного аппарата, в то время как уровень клеток с «мелкими» микроядрами коррелирует с частотой нарушений в структуре хромосом.

Работа проводится на 3 мышах, 2 из которых за 3–5 дней до занятия были подвергнуты облучению в дозах 3 и 6 Гр. У здорового и облученных животных берут кровь из надреза кончика хвоста и готовят мазки. Затем мазки крови фиксируют в течение 5–10 минут в метаноле, после чего окрашивают азурII-эозином по общепринятой методике. Подсчет микроядер проводят в расчёте на 1000 эритроцитов. При подсчёте микроядра делят на 2 группы: 1-я – не превышающими  $1/10$  диаметра эритроцита; 2-я – соответствующими  $1/10$ - $1/16$  диаметра эритроцита. Строят графики, отражающие дозовую зависимость индуцированных цитогенетических нарушений в гемопоэтических клетках.

## **Работа 2. Приготовление и анализ метафазных пластинок хромосом клеток костного мозга облученных крыс**

В опыте используют группы облученных и необлученных животных (см. работу 1). Крысам вводят колхицин внутривентриально в количестве 0,2 мл 0,1 % раствора на 100 г массы тела. Через 1,5 часа животных умерщвляют с помощью эфира или методом дислокации цервикального отдела позвоночника согласно методическим рекомендациям МЗ СССР «Эвтаназия экспериментальных животных» (1985). Бедренную кость выделяют и очищают от мягких тканей. Костный мозг из бедренной кости вымывают 0,56 % раствором хлористого калия подогретого до 37 °С. В этом растворе костный мозг помещают в термостат (37 °С) на 20 минут. Затем клеточную суспензию центрифугируют при 1000 об/мин в течение 5 минут, надосадочную жидкость сливают и к полученному осадку по стенке пробирки (очень осторожно!) наливают охлажденную в холодильнике фиксирующую смесь (3 части абсолютного метилового или этилового спирта и 1 часть ледяной уксусной кислоты).

Фиксацию клеток производят в течение 15–20 мин при 4 °С (в холодильнике). Затем пастеровской пипеткой смесь слегка ресуспендируют и оставляют в холодильнике еще на 10–15 минут. После этого клеточную взвесь ресуспендируют более тщательно и центрифугируют 5 минут.

Надосадочную жидкость сливают, полученный осадок снова заливают фиксатором, тщательно разбивают клетки костного мозга пастеровской пипеткой и ставят в холодильник. Через 15–20 минут вновь ресуспендируют, затем центрифугируют 5 минут, заливают свежим фиксатором и помещают в холодильник (10–15 минут).

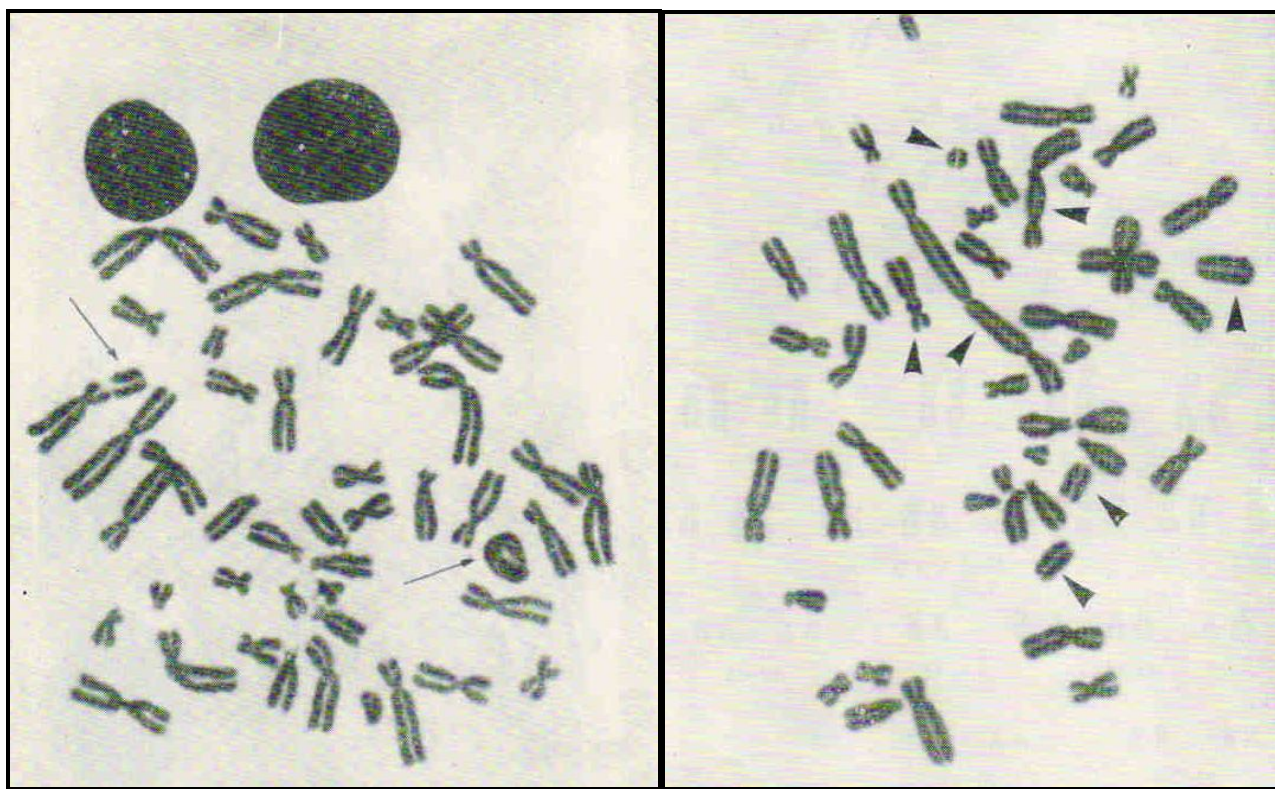
Таким образом, после трехкратного центрифугирования и фиксации готовят препараты костного мозга. Для этого одну каплю взвеси разбрызгивают на охлажденном предметном стекле и высушивают над пламенем спиртовки. Красят препараты азурII-эозином в течение 30 минут.

Под воздействием ионизирующей радиации в клетках костного мозга возникают хромосомные aberrации. Хромосомные aberrации подразделяют на два типа: структурные хромосомные и хроматидные. Перестройки хроматидного типа – единичные перестройки, т.е. когда поражена одна хроматида; перестройки хромосомного типа – двойные перестройки, т.е. когда в aberrации вовлечены обе хроматиды.

Считают, что aberrации хромосомного типа отражают поражение хромосом на стадии G<sub>1</sub>, когда хромосома реагирует как однонитчатая структура. Aberrации хроматидного типа происходят при действии на стадии S и G<sub>2</sub>, когда хромосома реагирует как двунитчатая структура.

Аберрации хромосомного типа:

1. Ацентрические фрагменты (терминальные делеции) представляют собой спаренные хроматиды, которые располагаются параллельно друг другу, но не имеют центромеры.
2. Точковые фрагменты представляют собой спаренные хроматиды и имеют вид спаренных хроматиновых шариков.
3. Кольцевые хромосомы (центрические кольца) представляют собой спаренные хроматиды в виде кольца, имеющие центромеру.
4. Хромосомы, имеющие более одной центромеры (дицентрические, трицентрические) являются межхромосомными асимметрическими транслокациями.
5. Симметричные межхромосомные обмены (транслокации) представляют собой аберрации, возникающие в результате обмена между двумя хромосомами, причем дистальные участки двух хромосом переносятся от одной к другой.



1. Клетка с центрическим кольцом и фрагментом.
2. Трицентрик + 2 дицентрические хромосомы + 4 ацентрических фрагмента.

**Рис. 25-1. Метафазные пластинки с хромосомными аберрациями в лимфоцитах человека**

Аберрации хроматидного типа:

1. Фрагменты. Представляют собой отделившиеся участки хроматид. Могут располагаться рядом с поврежденной хромосомой или вдали от нее.



2. Сложные перестройки (транслокации). Это аберрации, возникшие в результате обмена материалом между хроматидами одной хромосомы, двух или более хромосом. Наиболее частыми формами обменов являются обмены между хроматидами двух хромосом, относящиеся к группе квадрирадиалов.

Для анализа берутся хорошие в техническом отношении метафазные пластинки облученных и необлученных крыс, в которых изучается количество хромосом, а также определяются характер и количество имеющихся аберраций. Анализу подвергаются 50 метафаз от каждого животного. Если в данной метафазной пластинке нет хромосомных аберраций, ставится условное обозначение – норма. При обнаружении хромосомного нарушения определяется тип аберрации. После анализа 50 пластинок составляется таблица (см. пример 25–1)

Таблица представляет собой сетку квадратов, каждый из которых соответствует одной метафазной пластинке. Изучая препарат, в каждый квадрат вносится:

- общее число хромосом (верхний левый угол квадрата);
- аберрация в схематическом изображении.

Если в данной метафазной пластинке нет хромосомных аберраций, в центре квадрата ставится условное обозначение N (норма).

Заполненная таким образом карта отражает:

- 1) число абберантных клеток;
- 2) число хромосомных аберраций;
- 3) тип хромосомных аберраций;
- 4) распределение числа аберраций в клетках;
- 5) число хромосом, участвующих в обменах, и их группы.

При обработке данных, полученных после заполнения таблицы, рассчитывают два показателя:

1. Число абберантных клеток (%).
2. Число хромосомных аберраций на клетку.

### **Вопросы для обсуждения:**

1. Охарактеризуйте механизм образования микроядер в эритроцитах под влиянием мутагенных факторов.
2. Назовите достоинства микроядерного теста по сравнению с другими методами исследования.
3. Какие результаты исследования подтверждают дозозависимый характер индукции облучением микроядер в эритроцитах?
4. В какой фазе клеточного цикла колхицин блокирует деление клетки?
5. Какие результаты анализа метафазных пластинок подтверждают мутагенный эффект ионизирующей радиации?

**Метод анализа хромосомных aberrаций у человека**  
**Пример: Метод регистрации aberrантных клеток и хромосом**

46 N	46 N	46 N	46 N	46 
45 	46 N	46 	46 	46 N
45 N	46 N	46 N	46 	46 N
45 N	45 N	46 	46 N	46 N
45 N	46 	46 	46 	46 N
46 	46 N	46 N	46 N	46 
46 N	46 	46 N	46 	46 N
46 	46 N	46 N	46 N	45 N
46 N	46 N	46 	46 N	46 N
45 N	46 	46 N	46 N	46 N

Число клеток – 50; Число aberrантных клеток – 16 (32%); число хромосомных aberrаций – 24 (0,48 на клетку).

### РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

#### ОСНОВНАЯ

1. Основы медицинской радиобиологии / Н.В. Бутомо, А.Н. Гребенюк, В.И. Легеза и др.; под ред. И.Б. Ушакова. – СПб.: ООО Издательство Фолиант, 2004.
2. Гуськова А.К., Байсоголов Г.Д. Лучевая болезнь человека. – М.: Медицина, 1971.

3. Ярмоненко С.П., Вайнсон А.А. Радиобиология человека и животных: учебное пособие / под ред. С.П. Ярмоненко. – М.: Высшая школа, 2004.

#### ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ

4. Бактон К., Эванс Т. Методы анализа хромосомных aberrаций у человека. – Женева: ВОЗ, 1975.

5. Бочков Н.П. Хромосомы человека и облучение. – М.: Атомиздат, 1971.

6. Здоровье детей и радиация. Актуальные проблемы и решения (монографический сборник, вып. 2) / под ред. А.С. Балевой, А.Д. Царегородцева. – М., 2006.

7. Гофман Дж. Чернобыльская авария: радиационные последствия для настоящего и будущего. – Минск, 1994

8. Ильинских Н.Н., Адам А.Н., Новицкий В.В. и др. Мутагенные последствия радиационного загрязнения Сибири. – Томск, 1995.

9. Москалев Ю.И. Отдаленные последствия ионизирующих излучений. – М.: Медицина, 1991.

10. Пак В.В., Лысенко Н.П., Рогожина Л.В. и др. Практикум по радиобиологии. – М.: «Колосс», 2007.

## Занятие 26

### ТЕМА: ОТДАЛЕННЫЕ ПОСЛЕДСТВИЯ ДЕЙСТВИЯ ИОНИЗИРУЮЩЕЙ РАДИАЦИИ НА ОРГАНИЗМ

#### Цель:

1. Изучить механизмы отдаленных последствий облучения организма.
2. Разобрать причины отдаленных нестохастических последствий облучения организма.
3. Выяснить механизмы стохастических эффектов облучения организма.

#### I. Самостоятельная работа во внеучебное время

*Основные вопросы для самостоятельной подготовки:*

1. Классификация отдаленных последствий действия ионизирующего излучения на организм.
2. Соматические отдаленные радиационные эффекты.
3. Детерминированные (нестохастические) последствия облучения организма.
4. Стохастические эффекты: радиационно-индуцированный канцерогенез.
5. Стохастические эффекты: радиационно-индуцированные наследственные заболевания.
6. Оценка риска возникновения стохастических радиационно-индуцированных эффектов.

*Вопросы для самоконтроля:*

1. Что Вам известно об основных отдалённых последствиях облучения организма?
2. Чем характеризуются отдалённые соматические радиационные последствия?
3. Что относят к детерминированным (нестохастическим) эффектам облучения?
4. Какие клеточные механизмы лучевого поражения могут лежать в основе отдаленных неопухолевых эффектов облучения?
5. В чем особенности гипо- и апластических состояний, возникающих после облучения в быстрообновляющихся тканях?
6. Чем характеризуются процессы склероза и фиброза, развивающиеся в органах и тканях в отдаленные сроки после облучения?
7. Каковы особенности дисгормональных состояний, возникающих в организме в отдаленные сроки после облучения?
8. Чем характеризуется дозовый диапазон и механизмы развития радиационной катаракты?
9. Что Вам известно о сокращении продолжительности жизни после облучения. Какие механизмы лежат в основе сокращения продолжительности жизни после облучения?

10. Что такое «гормезис»? При каких значениях доз облучения возникает данный эффект?
11. Каковы гипотезы, характеризующие феномен «гормезиса»?
12. Правомерно ли понятие «радиационное старение»?
13. Что объединяет процессы «радиационного старения» и естественного старения организма?
14. Что относят к стохастическим эффектам облучения?
15. Какие клеточные механизмы лучевого поражения могут лежать в основе отдаленных опухолевых эффектов облучения?
16. Какие эпидемиологические данные характеризуют риск развития опухолей и лейкозов у облученных людей?
17. Существуют ли общие закономерности в индукции радиационного канцерогенеза?
18. Что Вам известно о роли общего и местного, острого и хронического облучения организма в развитии лейкозов и опухолей?
19. Существует ли пороговая доза для возникновения лейкоза и других форм опухолей при различных видах облучения организма?
20. Могут ли медицинские диагностические и терапевтические лучевые воздействия вызвать развитие новообразований в отдаленные сроки?
21. Какова роль инкорпорированного облучения в индукции канцерогенеза? Какое значение имеют вид и локализация радионуклида в организме?
22. От чего зависит бластомогенный эффект ионизирующего излучения?
23. Каков механизм радиационно-индуцированного канцерогенеза?
24. Какие органы и ткани наиболее чувствительны к индукции злокачественных опухолей ионизирующей радиацией?
25. Что Вам известно о радиационных лейкозах?
26. Что Вы знаете о возникновении радиогенного рака щитовидной железы?
27. Чему равен латентный период развития радиационных лейкозов, солидных опухолей?
28. Какова зависимость между дозой облучения и частотой развития рака? Какие математические модели характеризуют эту зависимость?
29. Что понимают под индукцией генетической нестабильности? Механизмы индукции и поддержания генетической нестабильности.
30. Почему при изучении отдаленных наследственных эффектов облучения человека говорят лишь о предрасположенности? В чем трудности оценки данных последствий?
31. Каков риск проявления радиационно-индуцированного канцерогенеза?
32. Что Вам известно о генетических отдаленных последствиях? Как классифицируют наследственные заболевания?

33. Как оценить риск возникновения радиационно-индуцированных наследственных заболеваний?

## **II. Работа на занятии**

*План занятия:*

1. Вводное слово преподавателя о порядке проведения занятия – 5 мин.
2. Заслушивание реферативных сообщений – 30 мин.
3. Разбор теоретического материала с контролем знаний студентов и решением ситуационных задач – 100 мин.

### **СИТУАЦИОННЫЕ ЗАДАЧИ**

**Задача 1.** Больной П., 24 г., техник по профессии, нарушив технику безопасности, регулировал диафрагму рентгеновской установки на близком расстоянии под непрерывным облучением 20 минут (экспозиционная доза у поверхности лица 10 Гр). После облучения:

- через 30 минут – жжение в правом глазу, гиперемия кожи лица;
- через 30 часов – сильная головная боль, боль в правом глазу, головокружение, рвота;
- через 15 дней – отек и инфекционное поражение кожи лица, век, слизистых, пузыри на коже, эпиляция;
- через 6 месяцев – сильные боли в правом глазу, язва роговицы, глаукома;
- через 7 месяцев – правый глаз удален;
- через 2 года – нарастание патологических изменений со стороны центральной нервной системы (снижение интеллекта, депрессия), катаракта левого глаза, стойкая эпиляция бровей и ресниц.

Какие признаки, описанные в истории болезни, относятся к отдаленным последствиям облучения?

**Задача 2.** Больная К., 33 г., техник лаборатории. Во время несчастного случая в течение 1 сек облучалась от смешанного  $\gamma$ -нейтронного источника. Дозы на левую половину тела – 10 Зв, на правую – 2,8 Зв.

После облучения:

- через 2 часа – общая слабость, тошнота, рвота;
- через 24 часа и в течение 25 дней – повышение температуры, поражение кожи, лейкопения, тромбоцитопения, снижение веса;
- через 27 дней – быстрое восстановление количества лейкоцитов и тромбоцитов в крови;
- через 114 дней – пигментация кожи, глубокая атрофия подкожно-жировой клетчатки и мышц на стороне облучения;
- через 180 дней – изменение в левом хрусталике;
- через 2,5 года – глаукома, катаракта левого глаза;

- через 5,5 года – в костном мозге обнаруживаются очаги гиперплазии кроветворения, большое количество клеток с хромосомными нарушениями;
- через 10 лет – катаракта правого глаза, остеопороз левой руки и таза слева, отсутствие роста волос со стороны облученной части головы.

Какие изменения, описанные в истории болезни, относятся к отдаленным последствиям облучения? Как сказывается неравномерный характер облучения на выраженности отдаленных последствий и времени их появления? С какой целью проведен генетический анализ клеток костного мозга? Какие изменения в кроветворной ткани могут наблюдаться у больной К. в отдаленные сроки?

**Задача 3.** Больная П. на протяжении 7 лет получала повторные курсы рентгенотерапии по поводу рака с метастазами. Последние 2 года со стороны крови отмечалась лейкопения (2–3 Г/л). В дальнейшем проводилось лечение по поводу гипопластического состояния кроветворения. Больная поправилась. Через 6 недель поступила вновь в клинику с картиной геморрагического диатеза. При обследовании в крови обнаружили бластные клетки, исследования костного мозга подтвердили диагноз острого лейкоза.

Можно ли отнести возникшее заболевание к отдаленным последствиям облучения? Что можно сказать о причинах и механизме предлейкозного состояния?

## РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

### ОСНОВНАЯ

1. Основы медицинской радиобиологии / Н.В. Бутомо, А.Н. Гребенюк, В.И. Лезега и др.; под ред. И.Б. Ушакова. – СПб.: ООО Издательство Фолиант, 2004.
2. Радиация и патология: учебное пособие / под ред. А.Ф. Цыба. – М.: Высшая школа, 2005.
3. Ярмоненко С.П., Вайнсон А.А. Радиобиология человека и животных: учебное пособие / под ред. С.П. Ярмоненко. – М.: Высшая школа, 2004.

### ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ

4. Гольдберг Е.Д. Радиационные лейкозы. - Томск: Изд-во Том. ун-та, 1969.
5. Матюхин В.А., Разумов А.Н. Экологическая физиология и радиационный фактор. – М.: Медицина, 2003.
6. Эйбус Л.Х. Мембранные механизмы биологического действия малых доз. – М.: Из-во ИТЭБ РАН, 2001.
7. Яблоков А.В. Миф о безопасности малых доз радиации. – М.: Центр экологической политики России, 2002.

## Занятие 27

### ТЕМА: ДЕЙСТВИЕ РАДИАЦИИ НА ЭМБРИОН И ПЛОД

#### Цель:

1. Проверить знания студентов.
2. Обсудить современные представления о медицинских последствиях действия радиации на эмбрион и плод.

#### I. Самостоятельная работа во внеучебное время

*Основные вопросы для самостоятельной подготовки:*

1. Последствия облучения зародышей и плодов – детерминированные эффекты действия ионизирующего излучения.
2. Возможные уродства, формирующиеся у облученного зародыша и плода.
3. Радиочувствительность различных периодов внутриутробной жизни человека.
4. Роль облученного материнского организма в формировании патологии у эмбриона.
5. Механизмы радиоэмбриологического эффекта и оценка его последствий.

*Вопросы для самоконтроля:*

1. Что называют тератогенными эффектами?
2. Почему эмбрион является самой радиочувствительной стадией онтогенеза?
3. Существует ли пороговая доза излучения, вызывающая аномалию плода человека или животного?
4. Какие последствия облучения могут возникать в предимплантационный период у зародыша человека?
5. Какие последствия облучения могут возникнуть в период основного органогенеза у эмбриона человека?
6. Какие последствия облучения могут возникнуть в плодный период развития человека?
7. Какие дефекты могут сформироваться в скелете облученных эмбрионов?
8. Какие дефекты могут сформироваться в головном мозге облученных эмбрионов?
9. Можно ли вызвать мозговую грыжу, микроцефалию, обратное расположение органов при облучении человека после рождения?
10. Какая система организма является наиболее радиочувствительной у эмбриона во время его развития?
11. Какие существуют доказательства преимущественно прямого эмбриогенного действия радиации?
12. Как будет формироваться плод при дефиците клеточной массы?



13. Какие изменения будут наблюдаться у топографически правильно сформированных организмов после утраты «строительных материалов» (животные-карлики)?
14. С помощью каких методов можно обнаружить у животных-карликов отклонения от нормы после внутриутробного облучения?
15. Что представляет собой экстраполяционная кривая, созданная Л. и У. Расселами (1954 г.)?
16. Какое облучение (однократное или фракционированное) в одной и той же суммарной дозе наиболее опасно для эмбриона?
17. Каковы последствия для плода при облучении матери во второй половине беременности?
18. Какой эффект можно ожидать после трансплантации органов от облученных эмбрионов интактным реципиентам?
19. Какие последствия можно ожидать при воздействии облучения на первичные зародышевые клетки половых органов у эмбрионов?
20. Установлена ли пороговая доза излучения, вызывающая аномалии у человеческого плода?
21. Какие последствия может вызвать радиографическое, рентгенологическое, радионуклидное обследование матерей на их потомство?
22. Какова задача каждого специалиста в области радиоэмбриологии, радиологии и радиобиологии в вопросах просвещения населения?

## **II. Работа на занятии**

*План занятия:*

1. Вводное слово преподавателя – 15 мин.
2. Разбор теоретического материала с просмотром слайдов – 90 мин.
3. Заслушивание и обсуждение реферативных сообщений – 30 мин.

**Н.В.** Необходимо помнить, что радиочувствительность плода по индукции отдаленных последствий облучения в 10–300 раз больше по сравнению со взрослым организмом!

## РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

### ОСНОВНАЯ

1. Основы медицинской радиобиологии / Н.В. Бутомо, А.Н. Гребенюк, В.И. Легеза и др.; под ред. И.Б. Ушакова. – СПб.: ООО Издательство Фолиант, 2004.
2. Гуськова А.К., Байсоголов Г.Д. Лучевая болезнь человека. – М.: Медицина, 1971.

3. Ярмоненко С.П., Вайнсон А.А. Радиобиология человека и животных: учебное пособие / под ред. С.П. Ярмоненко. – М.: Высшая школа, 2004.

#### ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ

4. Гофман Дж. Чернобыльская авария: радиационные последствия для настоящего и будущего. – Минск, 1994.
5. Здоровье детей и радиация. Актуальные проблемы и решения (монографический сборник, вып. 2) / под ред. А.С. Балевой, А.Д. Царегородцева. – М., 2006.
6. Москалев Ю.И. Отдаленные последствия ионизирующих излучений. – М.: Медицина, 1991.
7. Холл Э.Дж. Радиация и жизнь /пер. с англ. – М.: Медицина, 1989.

## Занятие 28

### ТЕМА: ПРОТИВОЛУЧЕВАЯ ЗАЩИТА ОРГАНИЗМА

#### Цель:

1. Изучить механизмы химической противолучевой защиты.
2. Познакомиться с оценкой эффективности противолучевых препаратов и методами их применения.
3. Познакомиться с классификацией фармакохимических противолучевых средств.

#### I. Самостоятельная работа во внеучебное время

*Основные вопросы для самостоятельной подготовки:*

1. Понятие о радиопротекторах, механизмы противолучевой защиты.
2. Основные классы радиопротекторов, характеристика механизмов защитного действия от ионизирующей радиации. Защита и кислородный эффект.
3. Оценка радиопротекторного действия.
4. Лекарственные средства, обладающие противолучевой активностью.

*Вопросы для самоконтроля:*

1. Что понимают под фармакохимической защитой организма?
2. Какие вещества называют радиопротекторами? Что Вам известно об истории открытия веществ с радиопротекторными свойствами?
3. На какие основные классы делятся химические радиопротекторы?
4. Чем характеризуются исходное вещество и его производные соединения, относящиеся к классу меркаптоалкиламинов?
5. Охарактеризуйте исходное вещество и его производные соединения, относящиеся к классу индолилалкиламинов.
6. Какой механизм радиозащитного действия характерен для тиолов и индолилалкиламинов?
7. Каковы особенности диапазонов эффективных доз тиолов и индолилалкиламинов?
8. Какие свойства протекторов свидетельствуют о наличии у них общего механизма действия?
9. Охарактеризуйте гипотезу общего механизма радиозащитного действия, связанную с перехватом и инактивацией радикалов.
10. Что Вам известно о «сульфгидрильной» гипотезе?
11. В чем суть представлений о гипотезе «повышения биологического фона радиорезистентности» и «биохимического шока»?

12. Как связан радиопротекторный эффект с функционированием систем пострадиационной репарации?
13. Как связан механизм защитного действия большинства протекторов с кислородным эффектом?
14. Связано ли защитное действие тиоловых протекторов с изменением напряжения кислорода в тканях?
15. Как представить в виде схемы общий механизм лучевой защиты, связанный с кислородным эффектом (модель Л.Х. Эйдуса, Ю.Н. Корыстова)?
16. Как взаимосвязаны основные радиобиологические феномены: кислородный эффект, процессы восстановления, модификация радиочувствительности?
17. Как изменяется радиочувствительность критических систем в организме под влиянием радиозащитных агентов?
18. Какие показатели используют при оценке радиозащитного действия?
19. С каким механизмом связано усиление защитного эффекта при комбинированном применении радиопротекторов?
20. Какие радиопротекторы применяют с целью снижения тяжести костно-мозгового синдрома?
21. В чем проявляется влияние защитных агентов на кроветворную систему?
22. Какой показатель характеризует степень защиты гемопоэза каким-либо радиопротектором?
23. Каков механизм действия энтеропротекторов?
24. Что Вам известно о церебропротекторах?
25. Какие фармакохимические средства применяют при инкорпорированном облучении организма?
26. Каковы особенности защиты организма от отдаленных последствий облучения, в чем трудности ее оценки?
27. Как повысить радиорезистентность организма?
28. Каковы области применения радиопротекторов?

## **ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ**

Выберите один или несколько правильных ответов.

### **1. К КЛАССИЧЕСКИМ РАДИОПРОТЕКТОРАМ ОТНОСЯТ**

- 1) антиоксиданты
- 2) антигипоксанты
- 3) корректоры тканевого метаболизма
- 4) адаптогены
- 5) индолилалкиламины

### **2. ФАРМАКОЛОГИЧЕСКОЕ ДЕЙСТВИЕ РАДИОПРОТЕКТОРОВ НАИБОЛЕЕ ВЫРАЖЕНО ПРИ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИИ**

- 1) до и во время облучения

- 2) во время облучения
- 3) до, во время и после облучения
- 4) после облучения
- 5) во время и после облучения

### **3. ДЛЯ ПРЕОДОЛЕНИЯ ПРЕДЕЛА (ПОРОГА) ПРОТИВОЛУЧЕВОЙ АКТИВНОСТИ РАДИОПРОЕКТОРОВ**

- 1) составляют рецептуры из комбинации нескольких радиопротекторов
- 2) снижают дозировку вводимого радиопротектора
- 3) вводят препарат дробно

### **4. ДЛЯ ОЦЕНКИ РАДИОЗАЩИТНОГО ЭФФЕКТА ИСПОЛЬЗУЮТ ПОКАЗАТЕЛЬ**

- 1) ФИД
- 2) КЭ
- 3) продолжительность РЗЭ
- 4) терапевтическая широта
- 5) индекс эффекта

### **5. КЛАССИФИКАЦИЯ ПРОТИВОЛУЧЕВЫХ ПРЕПАРАТОВ БАЗИРУЕТСЯ НА ИХ ПРОТЕКТИВНОЙ СПОСОБНОСТИ ПРИ**

- 1) остром внешнем облучении
- 2) хроническом внешнем облучении
- 3) внутреннем облучении
- 4) отдаленных последствиях облучения

### **6. К СРЕДСТВАМ С ПРОТИВОЛУЧЕВОЙ АКТИВНОСТЬЮ ОТНОСЯТ**

- 1) радиопротекторы
- 2) анальгетики
- 3) стимуляторы радиорезистентности
- 4) средства реабилитации
- 5) сорбенты

### **7. ДЛЯ ОКАЗАНИЯ ПОМОЩИ ПРИ ИНКОРПОРАЦИИ РАДИОАКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ ПРИМЕНЯЮТ СРЕДСТВА**

- 1) антибиотики
- 2) витамины
- 3) седативные средства
- 4) сорбенты
- 5) нестероидные противовоспалительные средства
- 6) хелаты
- 7) стабильные нуклиды

### **8. К ПРОТИВОЛУЧЕВЫМ СРЕДСТВАМ, ПОВЫШАЮЩИМ РАДИОРЕЗИСТЕНТНОСТЬ ОРГАНИЗМА ОТНОСЯТ**

- 1) адаптогены
- 2) иммуномодуляторы
- 3) антиоксиданты
- 4) средства заместительной терапии
- 5) корректоры тканевого метаболизма

б) хелаты

## 9. ПРИМЕНЕНИЕ ЛЕЧЕБНЫХ СРЕДСТВ КОМПЛЕКСНОЙ ТЕРАПИИ ОЛБ НАПРАВЛЕНО НА

- 1) купирование расстройств, возникающих в ПРО
- 2) повышение радиорезистентности организма
- 3) профилактику и лечение интоксикации
- 4) лечение инфекционных осложнений
- 5) терапию геморрагического синдрома и анемии
- 6) профилактику и лечение опухолевого роста
- 7) борьбу с костно-мозговым синдромом

## II. Работа на занятии

*План занятия:*

1. Вводное слово преподавателя о порядке проведения занятия – 5 мин.
2. Изучение механизмов химической противолучевой защиты организма от лучевого поражения – 110 мин.
3. Проверка знаний студентов с помощью тестов – 20 мин.

## РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

### ОСНОВНАЯ

1. Основы медицинской радиобиологии / Н.В. Бутомо, А.Н. Гребенюк, В.И. Легеза и др.; под ред. И.Б. Ушакова. – СПб.: ООО Издательство Фолиант, 2004.
2. Гончаренко Е.Н., Кудряшов Ю.Б. Химическая защита от лучевого поражения. – М.: Изд-во МГУ, 1985.
3. Ярмоненко С.П., Вайнсон А.А. Радиобиология человека и животных: учебное пособие / под ред. С.П. Ярмоненко. – М.: Высшая школа, 2004.

### ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ

4. Пак В.В., Лысенко Н.П., Рогожина Л.В. и др. Практикум по радиобиологии. – М.: «Колосс», 2007.
5. Владимиров В.Г., Красильников И.И., Арапов О.В. Радиопротекторы. Структура и функции. – Киев: Наукова думка, 1989.
6. Ильин Л.А. Реалии и мифы Чернобыля. – М.: ALARA Limited, 1996.
7. Эйдус Л.Х. Мембранные механизмы биологического действия малых доз. – М.: Изд-во ИТЭБ РАН, 2001.

## Занятие 29

### ТЕМА: ПРИМЕНЕНИЕ РАДИОНУКЛИДОВ В БИОЛОГИИ И МЕДИЦИНЕ

#### Цель:

1. Рассмотреть основные задачи и методы радиоизотопной диагностики.
2. Познакомиться с принципами организации и работы радиоизотопной лаборатории.
3. Освоить метод автордиографии.

#### I. Самостоятельная работа во внеучебное время

*Основные вопросы для самостоятельной подготовки:*

1. Общие сведения о радионуклидах, их получение и применение.
2. Радионуклиды, используемые в медицинской практике. Требования к радиофармпрепаратам.
3. Виды радионуклидной диагностики.
4. Устройство радиоизотопной лаборатории и организация работы в ней.
5. Радионуклиды и меченые соединения в экспериментальных медико-биологических исследованиях (технеций-99m, тритий, натрий-22, натрий-24, фосфор-32, хром-51, железо-55, железо-59, кобальт-60 и др.)
6. Метод автордиографии.

*Вопросы для самоконтроля:*

1. Когда и кем были открыты явления естественной и искусственной радиоактивности?
2. Чем характеризуются радионуклиды, наиболее часто применяемые в экспериментальных медико-биологических исследованиях?
3. Каковы отличия радионуклидов, используемых в клинической практике?
4. Как устроена радиоизотопная диагностическая лаборатория?
5. Как и кем осуществляется контроль за радиационной обстановкой в радиоизотопной лаборатории и за уровнем облучения медицинского персонала?
6. Какие средства радиационной защиты медперсонала и пациентов существуют?
7. Где хранятся радионуклиды, поступившие в лабораторию, и как утилизируются остатки радиоактивных веществ?
8. В чем суть поэтапного получения радиофармпрепаратов?
9. Какие требования предъявляются к радиофармпрепаратам?
10. Какая радиодиагностическая аппаратура применяется в радионуклидных исследованиях?
11. Какие виды радионуклидной диагностики *in vivo* выделяют?

12. В чем состоит особенность радионуклидных исследований *in vitro*? В чем заключается принцип радиоиммунного анализа?
13. Что Вы знаете о позитронно-эмиссионной томографии?
14. На чем основан метод автордиографии?
15. Какие радионуклиды используют для приготовления автографов костного мозга? Дайте характеристику тритию.
16. Как приготовить радиоавтограф клеток костного мозга?
17. Какие факторы могут влиять на качество автографов?
18. Как можно интерпретировать радиоавтографы клеток костного мозга?

## **II. Работа на занятии**

*План занятия:*

1. Вводное слово преподавателя о порядке проведения занятия – 5 мин.
2. Компьютерная презентация «Радионуклидная диагностика» – 40 мин.
3. Знакомство с методом автордиографии – 45 мин.
4. Изучение студентами препаратов-автографов клеток костного мозга и их интерпретация – 45 мин.

## **ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА СТУДЕНТОВ**

### **Работа 1. Освоение метода автордиографии**

Метод автордиографии представляет собой способ фотографической регистрации излучения радиоактивных веществ, оказавшихся в тканях и клетках живых организмов. Он сочетает в себе принципы морфологического и биохимического анализов с принципами научной фотографии.

В автордиографии используется процесс радиоактивного распада, состоящий в перегруппировке нейтронов и протонов и сопровождающийся испусканием  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -лучей. Наибольшее распространение в цитологических исследованиях получили искусственные изотопы с мягким  $\beta$ -излучением. Относительно небольшая энергия  $\beta$ -частиц и их слабая проникающая способность создают благоприятные условия для регистрации следов пробега этих частиц в фотографических эмульсиях. К числу искусственных изотопов с  $\beta$ -излучением относятся такие изотопы, как  $^3\text{H}$ ,  $^{14}\text{C}$ ,  $^{35}\text{S}$ ,  $^{32}\text{P}$ ,  $^{59}\text{Fe}$ ,  $^{131}\text{I}$  и др., т.е. изотопы элементов, входящих в состав либо всех органических соединений (водород, углерод), либо в состав отдельных структурных или биологически активных соединений (серосодержащие белки, сульфомукополисахариды, гормоны, гемоглобин и др.)

Возможность регистрации траекторий  $\beta$ -частиц в эмульсии основана на способности электронов при прохождении через эмульсию вызывать ионизацию и освобождение электронов в ионной решетке кристаллов  $\text{AgBr}$ . Такая ионизация создает условия для образования скрытого изображения. Сущность этого про-



цесса состоит в том, что свободные электроны, возникшие в результате воздействия частицы на кристалл AgBr, перемещаются к центрам чувствительности. Взаимодействие ионов серебра с электронами в центрах чувствительности приводит к образованию здесь зародышей кристаллов металлического серебра. Проявитель (восстановитель, снабжающий кристаллы электронами) вызывает восстановление зерен, содержащих скрытое изображение, в металлическое серебро, что и обуславливает почернение эмульсии. В современной автордиографии применяются в основном ядерные эмульсии, специально предназначенные для регистрации  $\alpha$ - и  $\beta$ -излучения.

Необходимо помнить, что большое значение при анализе субстрата включения имеет правильный выбор меченого предшественника, который должен обладать избирательностью включения в естественные процессы внутриклеточного метаболизма исследуемого соединения. В настоящее время синтезированы меченые предшественники, обладающие высокой избирательностью включения в нуклеиновые кислоты, белки и другие соединения. Наиболее широко применяется тимидин, меченный по тритию.

Тритий ( $^3\text{H}$ ) – единственный радиоактивный изотоп водорода. Период его полураспада ( $T_{1/2}$ ) 12,5 лет. Возникающие при распаде  $\beta$ -частицы обладают малой энергией –18 кэВ, длина пробега в фотоэмульсии составляет 1-2 мкм (длина пробега электрона в веществе прямо пропорциональна квадрату его энергии и обратно пропорциональна плотности вещества). Тимидин, меченный по тритию, – соединение, используемое ядром для синтеза ДНК в период его редупликации. Включение меченого тимидина в естественные процессы синтеза ДНК происходит на его последних этапах. Экзогенный тимидин в организме сохраняется лишь в течение 1 часа. Благодаря этому обеспечивается импульсный характер включения.

Недостатком  $^3\text{H}$ -тимидина является возможный радиационный эффект в связи с локализацией его в хромосомах и большой чувствительностью последних к облучению.

### *Приготовление автографа*

Тимидин, меченный по тритию, вводится животному (подкожно) из расчета 18,5 мБк на 1 г массы животного (мышь). Через 60 минут после введения препарата мышь забивают методом декапитации. Затем трубчатые кости, грудину освобождают от мышц и ножницами отсекают. Из них шприцем набирают костный мозг и готовят мазки, разбавив его сывороткой крови, оставшейся в кювете после декапитации животного. Приготовленные мазки подсушивают и фиксируют в метиловом спирте в течение 3 минут, затем обезжиривают, погружая мазки трижды по 3 минуты в стаканчики с этиловым спиртом (96°). По-

сле этого в фотокомнате при зеленом светофилтре наносится фотоэмульсия (источник света должен быть расположен на расстоянии 90 см от манипуляционного стола).

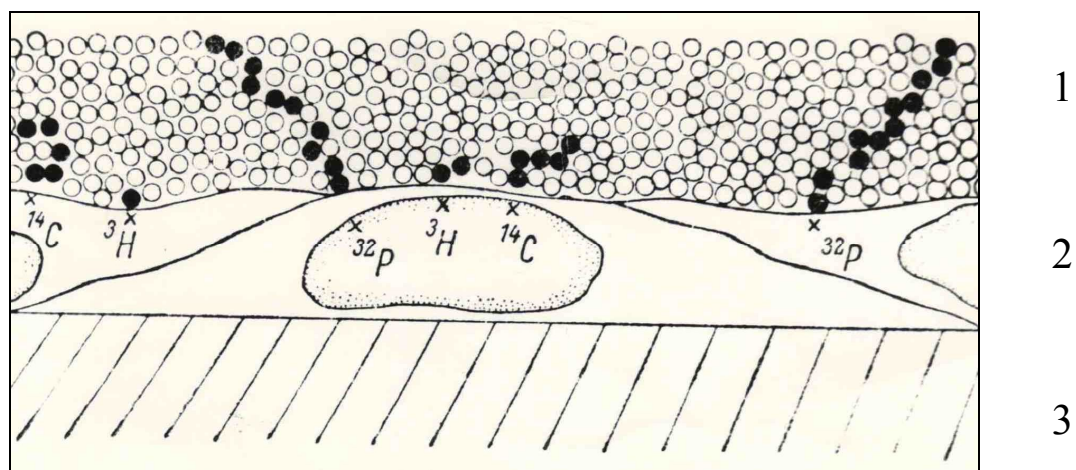
После экспозиции (1–3 недели) мазки помещают в подставки и проявляют в течение 6 минут в мягкодействующем проявителе, затем быстро промывают в воде и переносят в кислый фиксатор на 10-минутную фиксацию. Следующий этап: препараты помещают в ванночку и в течение 10–15 мин промывают в проточной воде. Температура проявляющего раствора должна быть 19°C, что предотвращает отделение эмульсии от мазков. После отмывания препараты сушат на воздухе, затем окрашивают азурII-эозином (на 6 частей воды 1 часть азура и 0,5 части эозина) в течение 7 минут и вновь осторожно промывают и сушат на воздухе. Эмульсия подсыхает, и мазки можно исследовать под микроскопом. Положительные автографы определяют по наличию небольших черных зерен (величина 0,5–1 М) над клетками.

*Приготовление проявителя и закрепителя в автордиографических исследованиях*

На 1000 мл дистиллированной воды:

Проявитель: 1. Амидол – 3 г  
2. Сульфит натрия – 10 г  
3. Лимонная кислота – 0,4-0,5 г

Закрепитель: 1. Гипосульфит – 400 г



**Рис. 29-1. Схема радиоавтографа**

1 – эмульсия; 2 – срез; 3 – предметное стекло.

*Светлые кружки* – интактные зерна AgBr, *темные кружки* – зерна AgBr, образующие скрытое изображение в результате их ионизации электронами различной энергии ( $^3\text{H}$ ,  $^{14}\text{C}$ ,  $^{32}\text{P}$ ); *крестики* – места локализации изотопов.

*Интерпретация радиоавтографов*

Интерпретация радиоавтографов дает информацию по следующим вопросам:

- а) какой тип клеток метится;
- б) какое соотношение между помечившимися и непомечившимися клетками среди одного и того же типа клеток;
- в) где локализуется метка;
- г) какова интенсивность включившегося в клетку метчика (степень включения в единицу времени);
- д) какие химические формы метятся в клетке.

*Например.* Костно-мозговые клетки человека были инкубированы с  $^3\text{H}$ -тимидином при температуре  $+37^\circ\text{C}$  3 часа, экспозиция 2 дня:

- а) метка видна в ранних формах, т.е. в промиелоцитах, миелоцитах, базофильных нормобластах и ранних полихроматофильных нормобластах. Метамиелоциты, палочкоядерные нейтрофилы, поздние полихроматофильные нормобласты, плазмоциты и небольшие лимфоциты не метились;
- б) пометилось около 50 % промиелоцитов, 35 % миелоцитов; 60 % базофильных нормобластов и 35 % ранних полихроматофильных нормобластов;
- в) метка всегда локализовалась в ядрах;
- г) подсчет среднего количества зерен на меченую клетку: 60 зерен в промиелоцитах и базофильных нормобластах, 40 зерен в миелоцитах и ранних полихроматофильных нормобластах.

## **Работа 2. Подсчет процента меченых клеток костного мозга и интенсивность метки**

Для подсчета процента меченых клеток необходимо взять препарат костного мозга и под микроскопом сосчитать 100 помечившихся и непомечившихся ядродержащих клеток. Во время просмотра мазка необходимо учитывать, что меченой считается клетка, содержащая не менее 3 гранул (зерен) серебра в ядре.

Интенсивность метки оценивают по количеству гранул серебра в ядре. При этом суммируют подсчитанные зерна во всех меченых клетках и вычисляют среднее их количество на клетку:

$$J = S / n, \quad \text{где}$$

$J$  – интенсивность метки;  $S$  – сумма гранул;  $n$  – количество случаев.

*Например.* Из 100 клеток 10 клеток были мечеными и содержали гранулы в следующих количествах:  $15+20+24+16+20+32+16+19+22+16=200$  гранул

$$200 \text{ гранул} / 10 = 20 \text{ гранул}$$

В конце работы анализируют полученные результаты и заносят их в таблицу.

**Вопросы для обсуждения:**

1. Каковы особенности радиоактивных изотопов, применяемых в автордиографии?
2. Почему для приготовления радиоавтографов чаще всего используют  $\beta$ -излучатели?
3. Что может повлиять на качество радиоавтографов?
4. Какие физические процессы происходят в приготовленном автографе при экспозиции?
5. В чем достоинства и недостатки метода автордиографии?

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

ОСНОВНАЯ

1. Акиев Р.М., Атаев А.Г., Багненко С.С. Лучевая диагностика. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2007. – Т. 1.
2. Малаховский В.Н., Труфанов Г.Е., Рязанов В.В. Радиационная безопасность при радионуклидных исследованиях: учебно-методическое пособие для врачей. – СПб.: ЭЛБИ-СПБ, 2008.
3. Козлов Ю.А., Новицкий В.В., Байков А.Н. Радионуклиды в медико-биологических исследованиях. – Томск: Изд-во Том. ун-та, 1994.
4. Лиденбратен Л.Д., Королюк И.П. Медицинская радиология и рентгенология М., «Медицина», 1993.
5. Радионуклидная диагностика для практических врачей: учебное пособие / под ред. Ю.Б. Лишманова, В.Н. Чернова. – Томск: STT, 2004.
6. Терновой С.К., Сеницын В.Е. Лучевая диагностика и терапия: учебное пособие. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2009.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ

7. Кинетические аспекты гемопоэза / под ред. Г.И. Козинца, Е.Д. Гольдберга. – Томск: Изд-во Том. ун-та, 1982.
8. Уразова О.И., Новицкий В.В. Лабораторная диагностика гематологических синдромов и болезней: учебное пособие. – Томск: Изд-во «Печатная мануфактура», 2008.

## Занятие 30

### ТЕМА: ПРИМЕНЕНИЕ РАДИОНУКЛИДОВ В ЦИТОЛОГИИ

#### Цель:

1. Познакомиться с радионуклидными исследованиями в медицине.
2. Определить длительность митотического цикла клеток костного мозга с использованием метода автордиографии.

#### I. Самостоятельная работа во внеучебное время

*Основные вопросы для самостоятельной подготовки и самоконтроля:*

1. В чем особенности клеточного цикла в активно обновляющихся и мало обновляющихся тканях?
2. Какие радионуклидные методы исследования кинетики гемопоэтических клеток Вы знаете?
3. Что такое «тимидиновый индекс метки»?
4. Что характерно для основных приемов автордиографического анализа клеточных циклов: «метода меченых митозов», «метода двойной метки»?
5. Как произвести построение кривой меченых митозов и расчет параметров клеточного цикла?

#### II. Работа на занятии

*План занятия:*

1. Вводное слово преподавателя о цели и порядке выполнения практической работы – 15 мин.
2. Знакомство с методикой выполнения работы по изучению и расчету параметров клеточного цикла – 60 мин.
3. Решение задач по теме занятия – 15 мин.
4. Практическая работа – 45 мин.

### ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА СТУДЕНТОВ

#### Работа 1. Построение кривой меченых митозов и расчет параметров клеточного цикла.

##### Теория вопроса

В жизни клетки имеется строго закономерная последовательность процессов, обеспечивающих ее деление. Период от возникновения клетки до ее деления митозом называют митотическим циклом. Периоды жизни клетки, в течение которых они выполняют специфические функции в отсутствие пролиферативных процессов, не относят к митотическому циклу, а включают в жизненный или клеточный цикл. Однако понятия «митотический цикл» и «клеточный цикл» часто отождествляют для тех популяций клеток, где эти циклы совпадают.

В митотическом цикле различают несколько периодов: собственно митоз (M), пресинтетический период ( $G_1$ ), период синтеза ДНК (S), премитотический период ( $G_2$ ). Расчленение интерфазы на указанные периоды удалось произвести главным образом благодаря автордиографическим исследованиям с применением меченых предшественников ДНК, в частности  $^3\text{H}$ -тимидина. Меченый тимидин используется клеткой почти исключительно для синтеза ДНК. К числу больших достоинств  $^3\text{H}$ -тимидина как меченого индикатора относятся его доступность для тканей, быстрота включения в структуры, синтезирующие ДНК, и относительно недолгое пребывание в свободном состоянии в организме.

На примере различных тканей млекопитающих было показано, что уже через несколько минут после внутривенного или внутрибрюшинного введения  $^3\text{H}$ -тимидин исчезает из плазмы крови и включается в ДНК. Трешер (1966) расценивает однократное введение меченого тимидина в организм млекопитающих как импульсную, кратковременную «метку» продолжительностью около 30 минут.

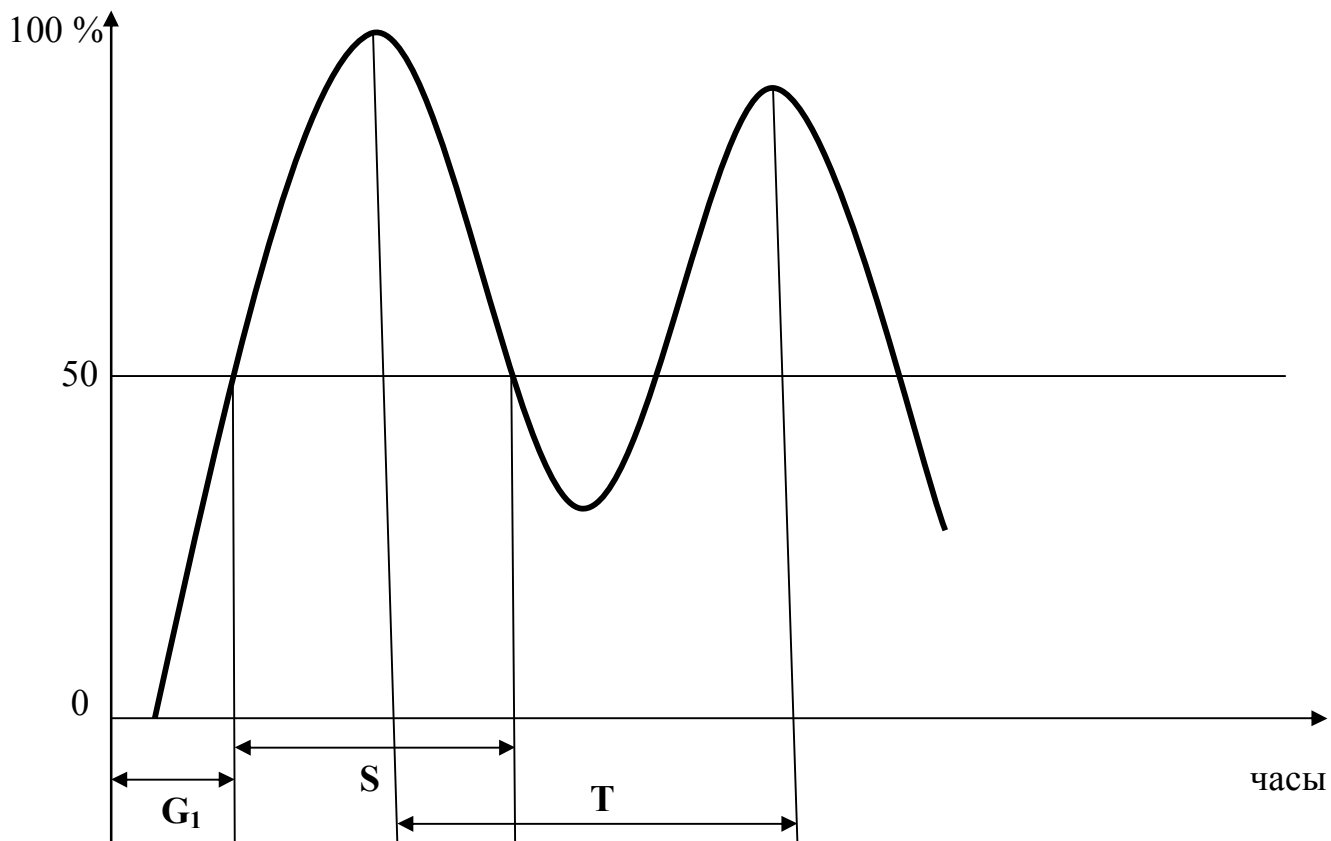
Показано, что в различных тканях, а также в одной и той же ткани, находящейся в различных физиологических состояниях, соотношения между отдельными фазами клеточного цикла так же, как и продолжительность всего цикла, могут изменяться. При введении в организм  $^3\text{H}$ -тимидина в любой популяции мечеными оказываются лишь те клетки, которые в данный момент синтезируют ДНК, т.е. находятся в S-периоде митотического цикла. Учитывая быстроту включения  $^3\text{H}$ -тимидина в ДНК и его недолгое пребывание в организме, можно принять, что число новых клеток, переходящих в это время в S-период из пресинтетического периода  $G_1$ , незначительно и им можно пренебречь. Таким образом, клетки, находящиеся в момент введения меченого предшественника в периодах  $G_1$  и  $G_2$ , а также в митозе, не будут содержать метки.

Продолжительность периодов митотического цикла можно определить графически, регистрируя изменение процента меченых митозов в различные промежутки времени после однократной инъекции  $^3\text{H}$ -тимидина.

В течение некоторого времени после введения меченого предшественника в митоз продолжают вступать немеченые клетки, которые в момент введения метки находились в периоде  $G_2$ . Затем в митоз будут вступать меченые клетки, причем первыми в митоз войдут те клетки, которые будут помечены в конце периода S, а последними те, которые были помечены в начале периода S. Позже в митоз начинают вступать немеченые клетки из периода  $G_1$ .

В этом случае интервал времени от момента введения меченого предшественника до появления первых меченых митозов равен длительности периода  $G_2$ . Длительность периода S равна отрезку прямой между перпендикулярами, опу-

щенными на ось абсцисс из точек пересечения восходящей и нисходящей частей кривой меченых митозов, с их 50 % уровнем (см. рис.8-1).



**Рис. 30-1. Изменения процента меченых митозов в различные сроки после однократного введения в организм  $^3\text{H}$ -тимидина**

По оси абсцисс – время после введения  $^3\text{H}$ -тимидина; по оси ординат – процент меченых митозов.  $T$  – продолжительность митотического цикла;  $t_{G_2}$ ,  $t_S$ ,  $t_M$  – продолжительность  $G_2$ ,  $S$  и митоза.

Интервал времени между первым и вторым максимумами на кривой меченых митозов соответствует продолжительности митотического цикла ( $T$ ). Длительность пресинтетического периода  $G_1$  определяют путём следующего расчёта:

$$t_{G_1} = T - (t_{G_2} + t_S + t_M)$$

Таким образом, с помощью метода авторадиографии, особенно применяя тимидин, меченный тритием, можно более точно изучить продолжительность митотического цикла клеток костного мозга и его периодов. Данные о митотическом цикле отдельных клеточных форм каждого из рядов костного мозга являются необходимым условием, как для изучения различного рода регуляцион-

ных воздействий, так и для правильного понимания патологических процессов, затрагивающих костный мозг.

### **Вопросы для обсуждения:**

1. В чем преимущества и недостатки основных приемов автордиографического анализа клеточных циклов?
2. Как влияет ионизирующая радиация на фазы клеточного цикла?

## РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

### ОСНОВНАЯ

1. Акиев Р.М, Атаев А.Г., Багненко С.С. Лучевая диагностика. – ГЭОТАР-Медиа, 2007. – Т 1.
2. Малаховский В.Н., Труфанов Г.Е., Рязанов В.В. Радиационная безопасность при радионуклидных исследованиях: учебно-методическое пособие для врачей. – СПб.: ЭЛБИ-СПБ, 2008.
3. Козлов Ю.А., Новицкий В.В., Байков А.Н. Радионуклиды в медико-биологических исследованиях. – Томск: Изд-во Том. ун-та, 1994.
4. Лиденбратен Л.Д., Королюк И.П. Медицинская радиология и рентгенология. – М.: «Медицина», 1993.
5. Радионуклидная диагностика для практических врачей: учебное пособие / под ред. Ю.Б. Лишманова, В.Н. Чернова. – Томск: STT, 2004.
6. Терновой С.К., Сеницын В.Е. Лучевая диагностика и терапия: учебное пособие ГЭОТАР-Медиа, 2009

### ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ

7. Кинетические аспекты гемопоэза / под ред. Г.И. Козинца, Е.Д. Гольдберга. – Томск: Изд-во Том. ун-та, 1982
8. Уразова О.И., Новицкий В.В. Лабораторная диагностика гематологических синдромов и болезней: учебное пособие. – Томск: Изд-во «Печатная мануфактура», 2008.



## Занятие 31

### ТЕМА: ПРИМЕНЕНИЕ РАДИОНУКЛИДОВ В ГЕМАТОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

#### Цель:

1. Познакомиться с радионуклидными исследованиями в гематологии.
2. Освоить метод определения длительности жизни эритроцитов.

#### I. Самостоятельная работа во внеучебное время

*Основные вопросы для самостоятельной подготовки и самоконтроля:*

1. В чем заключается принцип и каковы методические основы радионуклидных исследований?
  - а) радионуклидная диагностическая лаборатория;
  - б) радиофармацевтические диагностические препараты;
  - в) радиодиагностическая аппаратура.
2. Каковы особенности радионуклидных исследований в гематологии?
3. Чем характеризуется метод определения длительности жизни эритроцитов?
  - а) радиоактивные метчики;
  - б) требования к радиоактивным метчикам;
  - в) характеристика хрома-51 ( $^{51}\text{Cr}$ );
  - г) изменение радиоактивности пробы со временем.

#### II. Работа на занятии

*План занятия:*

1. Вводное слово преподавателя о порядке проведения занятия – 15 мин.
2. Реферативные доклады студентов – 30 мин.
3. Знакомство с методом изучения длительности жизни эритроцитов с помощью метки  $^{51}\text{Cr}$  – 15 мин.
4. Самостоятельная работа студентов – 60 мин.
5. Заполнение протоколов и обсуждение результатов – 15 мин.

### ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА СТУДЕНТОВ

#### Работа 1. Определение продолжительности жизни эритроцитов

##### Теория вопроса

В большой популяции клеток с известной продолжительностью жизни в каждую единицу времени гибнет определенное количество стареющих клеток. Кроме того, клетки могут подвергнуться неожиданному разрушению, особенно при определенных патологических состояниях.

Измерения выживаемости эритроцитов проводятся в основном для установления продолжительности жизни собственных клеток человека в его кровяном русле, менее часто – продолжительности жизни нормальных донорских клеток

в кровотоке больного или клеток больного у здорового реципиента. Изучение выживаемости важно также и при исследовании условий хранения крови, предназначенной для трансфузии, при потере крови, при гемолитических анемиях и т.д.

При установлении продолжительности жизни эритроцитов у экспериментальных животных обычно применяется метчик  $^{59}\text{Fe}$  (период полураспада 45 дней). В клинической же практике рекомендуется метод мечения эритроцитов  $^{51}\text{Cr}$  – источник  $\gamma$ -лучей (период полураспада – 27,8 дня).  $^{51}\text{Cr}$  имеет медленную скорость элюции ( $T_{1/2}$  около 64 дней), он не реутилизируется из распавшихся эритроцитов. Определение продолжительности жизни эритроцитов устанавливается по скорости исчезновения радиоактивного  $^{51}\text{Cr}$  или другого метчика из кровотока. При решении этого вопроса к метчикам предъявляются следующие требования:

а) метчик должен прочно связываться с первоначально помеченными клетками или, если обнаруживается элюция (выведение) метчика, она должна быть незначительной, а её скорость известной, так как неизвестная скорость элюции метчика делает невозможными измерения;

б) метчик не должен повреждать клетки;

в) метчик не должен реутилизироваться после разрушения меченых клеток.

Выбор метчика зависит от задачи исследования. Так, эритроциты мечают  $^{32}\text{P}$ ,  $^{59}\text{Fe}$ ,  $^{55}\text{Fe}$ ,  $^{42}\text{K}$ ,  $^{86}\text{Rb}$ , однако наиболее эффективен в качестве метчика  $^{51}\text{Cr}$ .

#### Метод метки эритроцитов $^{51}\text{Cr}$

В шприц, содержащий 3 мл кислого цитратно-глюкозного раствора (двузамещённый цитрат натрия – 2 г, глюкоза – 3 г, вода – 120 мл), набирают около 10 мл крови. Содержимое шприца переливают в центрифужный стакан и центрифугируют на малых оборотах. Плазму, стабилизированную АСД, удаляют и используют для приготовления промывного раствора (2-3 % плазма на стерильном физиологическом растворе). Около 100 мкКи высокой удельной активности  $\text{Na}_2^{51}\text{CrO}_4$  (стерильный изотонический раствор) добавляют к уплотнённым клеткам, смесь инкубируют около 30 минут при комнатной температуре. Наибольший процент включения  $^{51}\text{Cr}$  отмечается чаще в присутствии цитрата, чем гепарина, и больше в уплотнённых клетках, чем в цельной крови.

После инкубации эритроциты дважды промывают 2 % плазмой на стерильном изотоническом растворе и ресуспендируют в растворе плазмы. Известное количество этой суспензии (10 мл) вводят внутривенно. Затем через 15 минут или более (при полном смешивании меченых клеток с эритроцитами кровотока) забирают кровь без стаза из вены противоположной стороны, а не из той, куда была введена суспензия. Последующие образцы крови берут через интервалы в 5-6 дней и так до 25-го дня. Счет радиоактивных импульсов производят сцин-

тилляционным счетчиком. По полученным данным величины активности образцов строится кривая в полулогарифмических координатах и по кривой определяется время снижения активности на  $\frac{1}{2}$  – время полужизни эритроцитов ( $T_{\frac{1}{2}}$ ).

**Пример.** Активность пробы с мечеными эритроцитами через 24 часа после введения  $^{51}\text{Cr}$  составила 2000 имп/мин. По таблице 31-1 определяем процент активности  $^{51}\text{Cr}$  в момент его введения, зная при этом срок жизни к данному времени. Допустим, что срок жизни  $^{51}\text{Cr}$  к началу введения равнялся 22 дням, следовательно, процент активности на 23-й день жизни  $^{51}\text{Cr}$  будет равен 56,2 % от исходной величины (100 %). Затем определяют активность пробы через несколько дней (например, через 5 дней), нами получено 1300 имп/мин.

**Таблица 31-1**

**Распад  $^{51}\text{Cr}$**

День	%	День	%	День	%
1	97,5	21	59,1	42	34,0
2	95,7	22	57,6	44	33,2
3	92,7	23	56,2	46	31,6
4	90,4	24	54,8	48	30,1
5	88,2	25	53,5	50	28,0
6	86,0	26	52,2	52	27,2
7	83,0	27	50,9	54	25,9
8	81,8	28	49,6	56	24,6
9	79,8	29	48,4	58	23,4
10	77,8	30	47,2	60	22,3
11	75,9	31	46,1		
12	74,0	32	44,9		
13	72,2	33	43,7		
14	70,4	34	42,7		
15	68,7	35	41,6		
16	67,0	36	40,6		
17	65,3	37	39,0		
18	63,7	38	38,6		
19	62,1	39	37,0		
20	60,6	40	36,7		

Процент активности  $^{51}\text{Cr}$  на 28-й день, определяемый по таблице, уже составил 49,6 % от первоначальной величины. Следовательно, за 5 дней про-

изошло снижение активности  $^{51}\text{Cr}$ , поэтому необходимо внести поправку на этот распад, т.е. подсчитать количество импульсов, приходящихся на процент снижения активности  $^{51}\text{Cr}$ .

В нашем случае процент активности пробы равняется 6,6 %.

$$56,2 \% - 49,6 \% = 6,6 \%$$

составляем пропорцию и определяем количество импульсов:

$$2000 \text{ имп/мин.} - 56,2 \%$$

$$X - 6,6 \%$$

$$X = \frac{2000 \cdot 6,6}{56,2} = 235 \text{ имп/мин.}$$

следовательно, активность пробы с поправкой на распад  $^{51}\text{Cr}$  будет равна:  
 $1300 + 235 = 1535 \text{ имп/мин.}$

активность пробы в % от исходного:

$$2000 \text{ имп/мин.} - 100 \%$$

$$1535 \text{ имп/мин.} - X$$

$$X = 76,7 \%$$

Поправка на элюцию на 5-й день составляет 1,057 (табл. 31-2). Следовательно, выживаемость эритроцитов ко дню опыта (на 5-й день) будет равна  $76,7 \% \cdot 1,057 = 81 \%$

**Таблица 31-2**

**Поправка на элюцию  $^{51}\text{Cr}$**

День	Поправка	День	Поправка	День	Поправка
0	1,0	13	1,151	26	1,325
1	1,01	14	1,164	27	1,339
2	1,02	15	1,176	28	1,354
3	1,03	16	1,189	29	1,369
4	1,04	17	1,202	30	1,384
5	1,057	18	1,216	31	1,399
6	1,068	19	1,228	32	1,414
7	1,079	20	1,242	33	1,429
8	1,091	21	1,256	34	1,445
9	1,102	22	1,269	35	1,461
10	1,114	23	1,283	36	1,476
11	1,127	24	1,297	37	1,493
12	1,139	25	1,312		

Для определения срока жизни эритроцитов результаты всех измерений наносят на график в полулогарифмическом масштабе. По оси абсцисс отмечают время в днях, а по оси ординат – процент выживших эритроцитов ко дню опыта. По графику устанавливают время в днях, за которое концентрация  $^{51}\text{Cr}$  снижается вдвое (до 50 % от исходной радиоактивности). Эту величину называют временем полужизни меченых эритроцитов. Полученные величины являются относительными.

Срок полужизни эритроцитов в норме у человека составляет  $30 \pm 5$  дней, в то время как при гемолитических анемиях он уменьшается до 5–15 дней.

### **Задача к практическому занятию:**

Дано: в день введения  $^{51}\text{Cr}$  срок его жизни – 22 дня.

Активность пробы после введения составила:

через 24 часа – 1900 имп/мин

через 5 дней – 1300 имп/мин

через 8 дней – 1000 имп/мин

через 11 дней – 600 имп/мин

через 15 дней – 300 имп/мин

Определите процент выживаемости эритроцитов в каждый из указанных сроков и на основании полученных данных постройте кривую выживаемости эритроцитов и определите время полужизни эритроцитов.

### **Вопросы для обсуждения:**

1. В каких случаях необходимо знать о продолжительности жизни эритроцитов?
2. В чем преимущества и недостатки радиоактивного хрома, применяемого в гематологических исследованиях?

## РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

### ОСНОВНАЯ

1. Акиев Р.М., Атаев А.Г., Багненко С.С. Лучевая диагностика. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2007. – Т. 1.
2. Малаховский В.Н., Труфанов Г.Е., Рязанов В.В. Радиационная безопасность при радионуклидных исследованиях: учебно-методическое пособие для врачей. – СПб.: ЭЛБИ-СПБ, 2008.
3. Козлов Ю.А., Новицкий В.В., Байков А.Н. Радионуклиды в медико-биологических исследованиях. – Томск: Изд-во Том. ун-та, 1994.
4. Лиденбратен Л.Д., Королюк И.П. Медицинская радиология и рентгенология М., «Медицина», 1993.

5. Радионуклидная диагностика для практических врачей: учебное пособие / под ред. Ю.Б. Лишманова, В.Н. Чернова. – Томск: STT, 2004.

6. Терновой С.К., Сеницын В.Е. Лучевая диагностика и терапия: учебное пособие М.: ГЭОТАР-Медиа, 2009.

#### ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ

7. Кинетические аспекты гемопоэза / под ред. Г.И. Козинца, Е.Д. Гольдберга. – Томск: Изд-во Том. ун-та, 1982.

8. Уразова О.И., Новицкий В.В. Лабораторная диагностика гематологических синдромов и болезней: учебное пособие. – Томск: Изд-во Печатная мануфактура, 2008.

## Занятие 32

### ТЕМА: РАДИОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ В БИОЛОГИИ И МЕДИЦИНЕ

#### Цель:

1. Контроль знаний студентов.

#### I. Самостоятельная работа во внеучебное время

Основные вопросы для самостоятельной подготовки и самоконтроля (см. занятия 7, 8, 9).

#### II. Работа на занятии

План занятия:

1. Решение ситуационных задач – 25 мин.
2. Контроль знаний студентов – 110 мин.

### СИТУАЦИОННЫЕ ЗАДАЧИ

**Задача 1.** Для чего требуется больным при проведении некоторых радиодиагностических исследований вводить датчик в полость тела (например, в полость рта, в полость матки)? Почему нельзя регистрировать излучение с поверхности тела? Выберите правильный ответ из двух вариантов:

- а) датчик вводят в полость тела в тех случаях, когда необходимо зарегистрировать  $\beta$ -излучение препарата; ввиду малой проникающей способности  $\beta$ -частиц датчик приходится подводить непосредственно к исследуемому участку;
- б) чем ближе подводят датчик к исследуемому участку, тем точнее результат измерения.

**Задача 2.** Необходимо изучить распределение в щитовидной железе введённого в организм радиофармацевтического препарата. Какой из радионуклидов йода Вы выберите для этой цели?

Символ элемента	Период полураспада	Тип излучения	Энергия, Мэв	
			$\beta$ -частиц	$\gamma$ -лучей
$^{125}\text{I}$	56 суток	$\gamma$	-	0,03
$^{131}\text{I}$	8 суток	$\beta, \gamma$	0,250	0,08
$^{132}\text{I}$	2,26 часа	$\beta, \gamma$	0,73	0,77

**Задача 3.** Для  $\gamma$ -топографии щитовидной железы, помимо  $^{131}\text{I}$ , можно применять соединения радиоактивного технеция ( $^{99\text{m}}\text{Tc}$ ). Какому радионуклиду следует отдать предпочтение для данной цели и почему?

$^{99m}\text{Tc}$ :  $T_{1/2} - 6,04$  час,  $\gamma$ -излучатель

$^{131}\text{I}$ :  $T_{1/2} - 8$  сут,  $\beta$ -излучатель.

**Задача 4.** Представлена  $\gamma$ -топограмма печени. Густота штриховки в разных ее местах неодинакова. От чего это зависит: от степени накопления в разных частях печени радионуклида или также от объема органа в разных отделах? Выберите правильный вариант ответа:

- а) объем подлежащей части органа не имеет значения для густоты штриховки, так как  $\gamma$ -кванты из глубоких слоев органа поглощаются в его тканях и рассеиваются, не доходя до детектора;
- б) густота штриховки определяется массой (объемом) поглощающих радионуклид тканей и степенью накопления в них препарата.

**Задача 5.** Злокачественные опухоли накапливают радионуклид  $^{32}\text{P}$  ( $\beta$ -излучатель) больше, чем нормальные ткани. Можно ли применять его для исследования больного, у которого предполагаются метастазы в поясничные позвонки удаленного в прошлом рака легкого?

**Задача 6.** Какой счетчик – газоразрядный или сцинтилляционный следует использовать для изучения функции внешнего дыхания и кровотока в легких с помощью ксенона-133 ( $^{133}\text{Xe}$ ;  $\beta$ -,  $\gamma$ -излучатель)? Какой вид излучения  $^{133}\text{Xe}$  при этом регистрируется? Выберите правильный ответ из трех вариантов:

- 1) применяют газоразрядный счетчик, регистрирующий как  $\gamma$ - так и  $\beta$ -излучение;
- 2) применяют сцинтилляционный счетчик, регистрирующий только  $\gamma$ -излучение;
- 3) применяют сцинтилляционный счетчик, регистрирующий только  $\beta$ -излучение.

**Задача 7.** Удельная активность  $^{131}\text{I}$  на 1 сентября составляла 300 МБк/мл. Сколько миллилитров раствора  $^{131}\text{I}$  надо дать больному 9 сентября, чтобы в них содержался препарат, активностью 400 кБк?

**Задача 8.** Больному ввели меченые эритроциты в количестве 5 мл. Радиоактивность 0,01 мл исходного раствора – 80 имп/мин. Радиоактивность 1 мл эритроцитов в крови, полученной через 10 минут после инъекции радионуклида, равна 20 имп/мин, показатель венозного гематокрита у больного – 45%.

Определите объём циркулирующих эритроцитов (ОЦЭ) и объём циркулирующей крови (ОЦК).

**Задача 9.** Больному ввели внутривенно 1 мл меченого альбумина человеческой сыворотки. Радиоактивность стандарта, составляющего 0,01 от введённого количества, равна 1200 имп/мин. Через 10 минут после инъекции исследовали радиоактивность 1 мл плазмы крови, которая оказалась равна 40 имп/мин.



Определите объём циркулирующей плазмы (ОЦП), а также ОЦК, если показатель венозного гематокрита равен 40%.

## РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

### ОСНОВНАЯ

1. Акиев Р.М., Атаев А.Г., Багненко С.С. Лучевая диагностика. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2007. – Т.1.
2. Малаховский В.Н., Труфанов Г.Е., Рязанов В.В. Радиационная безопасность при радионуклидных исследованиях: учебно-методическое пособие для врачей. – СПб.: ЭЛБИ-СПБ, 2008.
3. Козлов Ю.А., Новицкий В.В., Байков А.Н. Радионуклиды в медико-биологических исследованиях. – Томск: Изд-во Том. ун-та, 1994.
4. Лиденбрaten Л.Д., Королюк И.П. Медицинская радиология и рентгенология. – М.: «Медицина», 1993.
5. Радионуклидная диагностика для практических врачей: учебное пособие / под ред. Ю.Б. Лишманова, В.Н. Чернова. – Томск: STT, 2004.
6. Терновой С.К., Сеницын В.Е. Лучевая диагностика и терапия: учебное пособие ГЭОТАР-Медиа, 2009.

### ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ

7. Кинетические аспекты гемопоэза / под ред. Г.И. Козинца, Е.Д. Гольдберга. – Томск: Изд-во Том. ун-та, 1982.
8. Уразова О.И., Новицкий В.В. Лабораторная диагностика гематологических синдромов и болезней: учебное пособие. – Томск: Изд-во «Печатная мануфактура», 2008.

## ПРИЛОЖЕНИЕ

### *Ответы на тестовые задания:*

#### **Занятие 2.**

1-3; 2-4; 3-3; 4-2; 5-2; 6-3; 7-4; 8-4; 9-3 .

#### **Занятие 5.**

1-4; 2-3; 3-2; 4-3; 5-4; 6-3; 7- 2,5; 8-2; 9-1,2,5; 10-4; 11-5; 12-1; 13-4.

#### **Занятие 6.**

1-3; 2-1; 3-3; 4-1; 5-5; 6- 3; 7-3; 8 -1; 9-1,3.

#### **Занятие 8.**

1-1,2; 2-2; 3-4; 4-3; 5-4; 6-5; 7-3; 8-1,3; 9-2; 10-1.

#### **Занятие 20.**

1-1; 2-1,2,3,6,7; 3-2,3,4,5; 4-2,4,6,7; 5-1; 6-1,2,3,4,5,6.

#### **Занятие 21.**

1-1,3,4,6; 2 -1,2,3,4; 3 -3,4; 4-2; 5-1,2,3,4; 6-1,2,3,4; 7-1,2,3,4,5; 8-1,2,3,4;  
9-1,3,4; 10-1,2,4,5.

#### **Занятие 28.**

1-5; 2-1; 3-1; 4-1,3,4,5; 5-1,2,3; 6-1,3,4,5; 7-2,4,6,7; 8-1,2,3,5; 9-  
1,2,3,4,5,6 .

### *Ответы на ситуационные задачи:*

#### **Занятие 3.**

Задача 1. Доза поглощенная – 0,13 Гр. Доза эквивалентная – 0,41 Зв.

Задача 2. У первого пациента – 0,05 Зв; у второго – 0.50 Зв; у третьего – 1,00 Зв.

Гамма- и нейтронное облучение может быть использовано при лечении опухолей различных локализаций, альфа- лучи – для опухолей поверхностных локализаций.

Задача 3. Доза экспозиционная – 0,011 Р.

Задача 4. Доза экспозиционная – 0,1 Р.

#### **Занятие 14.**

Задача 1-3.

Задача 2-2.

Задача 3-2.

Задача 4-2.

Задача 5-3.

Задача 6-2.

Задача 7-3.

Задача 8. ОЛБ. Желудочно-кишечный синдром.

### **Занятие 19.**

Задача 1. ХЛБ.1-й степени тяжести.

Задача 2. ХЛБ. 2-я степень тяжести, период формирования.

Задача 3. ХЛБ.1-й степени тяжести.

### **Занятие 26.**

Задача 1. Катаракта левого глаза, стойкая эпиляция бровей и ресниц.

Задача 2. Глаукома, катаракта обоих глаз, хромосомные aberrации в клетках костного мозга, остеопороз, очаговая эпиляция.

Задача 3. Гипоплазия кроветворения – результат действия ионизирующей радиации. Лейкозы относят к стохастическим отдаленным эффектам.

### **Занятие 32.**

Задача 1-1.

Задача 2.  $^{131}\text{I}$ .

Задача 3.  $^{99\text{m}}\text{Tc}$ .

Задача 4-2.

Задача 5. Нет, ввиду малой проникающей способности  $\beta$ -частиц, испускаемых радионуклидом.

Задача 6-2.

Задача 7. 0,0027 мл.

Задача 8. ОЦЭ – 2,0 л; ОЦК – 4,4 л.

Задача 9. ОЦК – 5,0 л; ОЦП – 3,0 л.

Учебное издание

**Р.С. Домникова, М.Г. Скороходова, И.О. Наследникова**

**РУКОВОДСТВО  
К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ ПО ОБЩЕЙ  
И МЕДИЦИНСКОЙ РАДИОБИОЛОГИИ**

Учебное пособие

под редакцией академика РАМН, профессора В.В. Новицкого

Корректор Зеленская И.А.  
Технический редактор, оригинал-макет Забоенкова И.Г.

Редакционно-издательский отдел СибГМУ  
634050, г. Томск, пр. Ленина, 107  
тел. 8(382-2) 51-41-53  
факс. 8(382-2) 51-53-15  
E-mail: [bulletin@bulletin.tomsk.ru](mailto:bulletin@bulletin.tomsk.ru)

---

Подписано в печать 08.12.10  
Формат 60x84  $\frac{1}{16}$ . Бумага офсетная.  
Печать ризограф. Гарнитура «Times». Печ. лист. 8,75  
Тираж 100 экз. Заказ №

---

Отпечатано в лаборатории оперативной полиграфии СибГМУ  
634050, Томск, ул. Московский тракт, 2